

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет комп'ютерних систем і автоматики  
(повне найменування інституту)  
Кафедра метрології та промислової автоматики  
(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступень)

на тему: «Автоматизована система контролю рівня рідини»

Виконала: студента 2 курсу,  
групи КІВТ-18м  
спеціальності 152 – Метрологія та  
інформаційно-вимірювальна техніка  
(освітня програма: комп'ютеризовані  
інформаційно-вимірювальні технології)  
(шифр і назва спеціальності)

Клезь А.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник Кучерук В.Ю.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Рецензент Лисенко Г.Л.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет

( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма: комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології)

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МПА

д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“ ” 2019 року

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

Клезь Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка методів та засобів виявлення вмісту води у сирому молоці»  
керівник роботи Кучерук Володимир Юрійович д.т.н.проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від №254 від 02.10.2019 р

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи діапазон вимірювання фізичної 0-100%; тип об'єкта:  
мікропроцесорний; зведена похибка вимірювання 1,5 %

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити  
Провести огляд існуючих методів вимірювання рівня рідини. Реалізувати електричну  
структурну схеми засобу. Обґрунтувати та розробити електричну принципову схему  
засобу. Розробити алгоритм програми. Провести розрахунок економічної частини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Додаток А(обовязковий ) Технічне завдання. Додаток Б(обовязковий )Структурна  
схема. Додаток В(обовязковий )Схема електрична принципова. Додаток  
Г(обовязковий) Перелік елементів. Додаток Д(обовязковий )Схема вимірювального  
каналу. Додаток Е(обовязковий )Перелік елементів.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Кучерук В.Ю. д.т.н. проф	02.09.19	06.12.19
4	Ратушняк О.Г. доц.каф ЕПВМ	05.11.19	06.12.19

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд існуючих методів вимірювання рівня	02.09.2019 18.09.2019	
2	Реалізація електричної структурної схеми	18.09.2019 30.09.2019	
3	Розробка та розрахування вузлів принципової схеми	30.09.2019 15.10.2019	
4	Розробка алгоритму програми	15.10.2019 19.11.2019	
5	Економічна частина	19.11.2019 03.12.2019	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

Клезь А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Кучерук В.Ю.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

У магістерській кваліфікаційній роботі розробляється автоматизована система контролю рівня рідини. Розглянуто особливості вимірювання рівня. Детально описано методи вимірювання рівня.

В процесі виконання роботи розроблено електричну принципову та структурну схеми автоматизованої системи. Оцінено економічний потенціал нової розробки, який виявився на вище середньому рівні. Розроблено алгоритм роботи програми.

## REFERAT

In the master's qualification work the automated system of control of level of liquid is developed. Features of level measurement are considered. Level measurement methods are described in detail.

In the course of the work, an electrical schematic and structural diagram of the automated system was developed. The economic potential of the new development, which was above average, was estimated. The algorithm of work of the program is developed.

*ЗМІСТ*

Вступ.....	8
1. Огляд методів вимірювання рівня.....	11
1.1 Ємнісні рівнеміри.....	11
1.2 Поплавкові і буйкові рівнеміри.....	16
1.3 Рівнеміри з візуальним відліком.....	19
1.4 Акустичні рівнеміри.....	20
1.5 Гідростатичні рівнеміри.....	22
1.6 Індуктивні рівнеміри.....	26
2. Вибір структурної схеми.....	30
3. Розробка та розрахунок вузлів принципової схеми.....	34
3.1 Модуль мікроконтролера.....	34
3.2 Вимірювальний модуль.....	38
3.3 Схема блоку живлення.....	39
3.4 Схема індикації.....	40
3.5 Розрахунок тактового генератора мікроконтролера.....	41
3.6 Розрахунок кола скидання мікроконтролера.....	41
3.7 Схема управління насосом.....	43
4. Розробка програмного забезпечення.....	47
5. Економічна частина.....	49
5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	49
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	58
5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	67
5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	69
5.5 Висновки до економічної частини.....	71
Висновок.....	72
Список використаної літератури.....	73
додатки.....	76

Додаток А(обов'язковий) Технічне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу .....	77
Додаток Б (обов'язковий) Автоматизована система контролю рівня рідини. Схеми електрична структурна .....	78
Додаток В (обов'язковий) Автоматизована система контролю рівня рідини. Схеми електрична принципова .....	79
Додаток Г (обов'язковий) Автоматизована система контролю рівня рідини. Перелік елементів .....	80
Додаток Д (обов'язковий) Вимірювальний модуль. Схеми електрична принципова. ....	81
Додаток Е (обов'язковий) Вимірювальний модуль. Перелік елементів.....	82

## Вступ

Вимірювання рівня - досить поширений вимірювальний процес в нафтопереробній, нафтохімічній та інших галузях промисловості. Іноді за результатами вимірювання рівня судять про об'ємному кількості речовини, що міститься в резервуарах (баках, цистернах, танках і т.п.). Для цього використовують або мірні ємності постійного (по висоті) поперечного перерізу (наприклад, мірні баки об'ємних витратомірних установок), або спеціальні таблиці, що ставлять у відповідність кожному поточного значення рівня значення обсягу резервуара. У ряді галузей промисловості, наприклад, в хімічній і харчовій, в промисловості будівельних матеріалів або в області підйомно-транспортної техніки, до приладів для вимірювання рівня заповнення ємностей або рівнемірів пред'являють різні вимоги. У ряді випадків потрібне тільки сигналізація певного граничного рівня; в інших випадках необхідно безперервне вимірювання рівня заповнення.

Вимірювання рівня рідини відіграє важливу роль при автоматизації технологічних процесів, особливо якщо підтримка рівня пов'язано з умовами безпечної роботи обладнання. Найбільшого поширення для виміру рівня рідин отримали гідростатичний і поплавковий методи вимірювання. Дещо менше поширені буйкові і ємнісні методи. Акустичний, індуктивний, високочастотний і інші методи отримали обмежене поширення. Дуже широко поширені сигналізатори і реле рівня, які можуть спрацьовувати з похибкою в долі міліметра при досягненні рівнем рідини чутливого елемента.

**Актуальність теми.** Сучасна вимірювальна техніка, все більш широко впроваджується в оперативні процеси контролю і технологічного регулювання. При цьому постійно удосконалюються методи вимірювання, підвищується точність вимірювальних приладів, на основі яких створюються різні системи контролю, обліку і управління технологічними процесами. У



багатьох галузях промисловості це пов'язано з вимірюванням рівня рідини. Дана область вимірювань постійно розвивається, розробляються нові методи вимірювання. Створення автоматизованих систем особливо на основі високоточних рівнемірів з безперервним процесом вимірювання дозволяє більш точно оцінити витрати виробництва, оптимізувати управління виробничим процесом, запобігти збиткам, якісно підвищити інформаційне забезпечення технологічного процесу. Таким чином, в промисловості постійно збільшується попит на високоточні та недорогі вимірювачі рівня рідини, об'єднані в систему технологічного контролю. Саме тому розробка автоматизованої системи контролю рівня рідини, є досить актуальною.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** є розробка автоматизованої системи контролю рівня рідини. Для досягнення мети сформульовано наступні **задачі**:

- провести аналіз існуючих методів та засобів вимірювання рівня;
- розробити структуру автоматизованої системи на основі ємнісного методу вимірювання;
- запропонувати структуру та алгоритм роботи автоматизованої системи контролю рівня рідини.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач використовувались методи критеріального аналізу, чисельні методи та методи математичного моделювання. Для розроблення програмно-технічної частини засобу використовувалися методи алгоритмізації, програмування та системотехніки.

**Об'єктом дослідження** є процес вимірювання рівня рідини в резервуарах.

**Предметом дослідження** є методи та засоби для вимірювання рівня.

**Наукова новизна одержаних результатів** є розроблений алгоритм роботи і контролю рівня рідини для автоматизованої системи, що забезпечує підвищення точності до  $\pm 1\%$  та стабільність роботи системи, що дало змогу розробити автоматизовану систему контролю рівня рідини вищої точності, та сбільною стабільною роботою.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Результати досліджень в роботі обговорювались та були схвалені на такій науково-технічній конференції: 5-а міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (Вінниця 2019р.)

**Публікації.** Базовий зміст роботи було викладено в тезах доповіді конференції.

**Джерела розробки:**

1. Положення про магістерську кваліфікаційну роботу / Романюк О.Н., Лисенко Г.Л., Обертюх Р.Р., Видмиш А.А., Громова Л.П. – ВНТУ, Вінниця, - 2010. – 16с.
2. ДСТУ 3497:2015 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання рівня рідини
3. ДСТУ 2709-94 Метрологія. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення

## ***1. ОГЛЯД І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ***

Рівнеміри можуть використовуватися або для контролю за відхиленням рівня від номінального і в цьому випадку вони мають двосторонню шкалу, або для визначення кількості рідини (в поєднанні з відомими розмірами ємності) і в цьому випадку вони мають односторонню шкалу. Залежно від умов вимірювання, властивостей контрольованого середовища використовуються різні методи вимірювання рівня. Якщо немає необхідності в дистанційній передачі показань, рівень рідини можна вимірювати рівнемірами з візуальним відліком (вказівних стекол). При необхідності дистанційного вимірювання рівня використовуються більш складні рівнеміри: гідростатичні (діфманометрические і барботажні), буйкові й поплавкові, ємнісні, індуктивні, радіоізотопні, хвильові, акустичні, термокондуктометрические. Розглянемо деякі різновиди цих рівнемірів.

### ***1.1 ЄМНІСНІ РІВНЕМІРИ***

Ємнісними називаються рівнеміри, засновані на залежності електричної ємності конденсаторного перетворювача, утвореного одним або декількома стержнями, циліндрами або пластинами, частково введеними в рідину, від рівня рідини.

Звичайні механічні рівнеміри не дозволяють виробляти безперервні вимірювання, коли об'єктом вимірювання є зернисті або порошкоподібні матеріали. Ємнісний метод дає таку можливість. Тиск або розрідження грає тут підпорядковану роль.

Ємнісні рівнеміри можна використовувати як для сигналізації граничних значень, так і для безперервного вимірювання. Точність індикації становить при наявності однорідних матеріалів 0,5.2%. Даний метод вимірювання

непридатний, проте, для вимірювання суміші рідини з твердими частинками, що мають іншу діелектричну проникність, так як ця величина повинна залишатися незмінною. Його не можна застосовувати також в умовах коливання вмісту вологи та зміни співвідношення компонентів суміші.

Конструкція конденсаторних перетворювачів різна для електропровідних і неелектропровідних рідин.

Електропровідними вважаються рідини, що мають питомий опір  $\rho < 10^6$  Ом і діелектричну проникність  $\epsilon_r > 7$ . Різниця перетворювачів полягає в тому, що один з електродів рівнемірив для електропровідних рідин покритий ізоляційним шаром, електроди перетворювачів для неелектропровідних рідин не ізольовані. Електроди можуть бути у вигляді плоских пластин, стрижнів; в якості електрода може використовуватися металева стінка судини. Часто застосовуються циліндричні електроди, що володіють у порівнянні з іншими формами електродів хорошою технологічністю, кращою помехоустойчивістю і забезпечують більшу жорсткість конструкції. Взаємне розташування електродів зафіксовано прохідним ізолятором. Електроди утворюють циліндричний конденсатор,

У загальному вигляді, ємність циліндричного конденсатора визначається виразом:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot H}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}, \quad (1.1)$$

де  $\epsilon_0 = 8,8510 \cdot 10^{-12}$  Ф/м - діелектрична проникність вакууму;  $\epsilon$  - відносна діелектрична проникність речовини, що заповнює міжелектродний простір;  $H$  - висота електродів;  $d_1, d_2$  - діаметри відповідно внутрішнього і зовнішнього електродів.

На підставі (1.1) легко записати вирази для ємності  $C_1$  частини перетворювача, що знаходиться в рідині, і для ємності  $C_2$  частини, що знаходиться в газовому просторі:

$$C_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}, C_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot (H - h)}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}, \quad (1.2)$$

де  $\varepsilon_p$ ,  $\varepsilon_r$  - відносні діелектричні проникності рідини і газу над нею.

Сумарне вихідний опір перетворювача  $Z_{пр}$  крім ємностей  $C_1$  і  $C_2$  визначається також ємністю  $C_i$  прохідного ізолятора і його активним опором  $R_i$ , а також ємністю і провідністю з'єднувального кабелю.

Сумарна ємність перетворювача:

$$C_{пр} = C_1 + C_2 + C_i, \quad (1.3)$$

Ємність  $C_i$  від значення  $h$  не залежить, крім того, для газів  $\varepsilon_r = 1$ , тому

$$C_{пр} = C_{и} + \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\frac{d_1}{d_2}\right)} H [1 + (\varepsilon_r - 1)] \frac{h}{H}, \quad (1.4)$$

Таким чином, при  $\varepsilon_r = \text{const}$  ємність  $C_{пр}$  однозначно залежить від вимірюваного рівня  $h$ . В реальних умовах  $\varepsilon_p$  може змінюватися (наприклад, при зміні температури рідини, її складу і т.д.).

Для зменшення впливу зміни  $\varepsilon_r$  на показання рівнеміра зазвичай використовується компенсаційний конденсатор. Ємність компенсаційного конденсатора використовується в електронній схемі в якості коригуючого сигналу.

Недоліком такої схеми введення поправки є збільшення не вимірюваного рівня, обумовленого висотою  $h_k$  електродів компенсаційного конденсатора.

Слід зазначити, що негативний вплив на роботу ємнісних рівнемірів чинить активний опір перетворювача. Воно складається з активного опору прохідного ізолятора і активного опору контрольованої рідини в міжелектродному просторі (зазвичай значення останнього дуже малий). Для зменшення впливу активного опору перетворювача в схему рівнеміра включається фазовий детектор. У конденсаторних перетворювачах для електропровідних рідин один електрод виконується ізолюваним. Якщо резервуар металевий, то його стінки можуть бути використані в якості другого електрода. Якщо резервуар неметаллический,

У ємнісних рівнемірах для вимірювання електричної ємності перетворювача використовуються 4 види схем: резонансні, генераторні, "зарядно-розрядні" і мостові методи змінного струму.

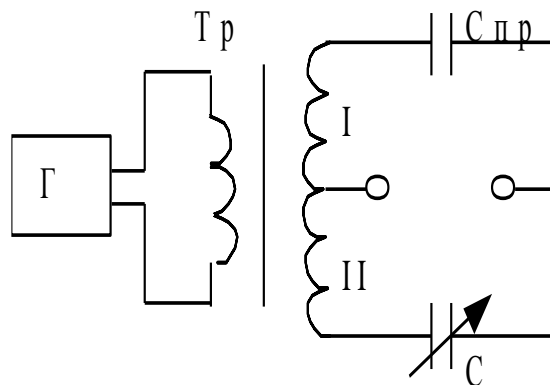


Рисунок. 1.1 Принципова схема електронного індикатора рівня ЕіУ

Найбільш простими і точними є мостові схеми, прикладом яких може бути схема електронного індикатора рівня ЕіУ (Рис.1.1.). Міст складається з двох вторинних обмоток I і II трансформатора Тр (питомого генератором Г), ємності перетворювача Спр і підлаштування конденсатора С. Міст урівноважений при нульовому рівні рідини, при цьому сигнал на вході і виході підсилювача дорівнює нулю. При збільшенні рівня ємність Спр зростає,

розбаланс моста збільшується, і напруга на вході підсилювача зростає. Підсилювачем цей сигнал посилюється, перетворюється в уніфікований і вимірюється вторинним приладом ВП. Діапазони вимірювання рівнемірів ЕіУ визначаються типом перетворювача і можуть змінюватися від 1 до 20 м; межа допустимої основної похибки 2,5%.

Ємнісні рівнеміри знайшли широке поширення через дешевизну, простоти обслуговування, зручності монтажу первинного перетворювача на резервуарі, відсутності рухомих елементів, можливості використання в досить широкому інтервалі температур (від криогенних до +200 ° С) і тиску (до 6 МПа), До числа недоліків їх слід віднести непридатність для вимірювання рівня в'язких (динамічна в'язкість більше 1 Па·с), плівкоутворюючих, що кристалізуються і випадають в осад рідин, а також високу чутливість до зміни електричних їх властивостей рідини і зміни ємності кабелю, що з'єднує первинний перетворювач з вимірювальним приладом.

## 1.2 ПОПЛАВКОВІ І БУЙКОВІ РІВНЕМІРИ

Поплавця називається рівнемір, заснований на вимірюванні положення поплавця, частково занурюється в рідину, причому ступінь занурення поплавця (осаду) при незмінній щільності рідини незмінна. Про рівень судять по положенню покажчика, з'єднаного з поплавком гнучкою (стрічка, трос) або жорсткої механічної зв'язком. Поплавок переміщається вертикально разом з рівнем рідини, і, отже, за його позицією може бути визначено значення рівня. При русі поплавця на нього діють такі сили: сила тяжіння поплавка  $G$ , що виштовхує сила газової і рідкої фаз, сили опору  $P_c$  в рухомих елементах рівнеміра. Поплавкові рівнеміри використовуються для вимірювання рівня в резервуарах при невисокому надмірному тиску, тому що виштовхує силою газової фази на поплавок можна знехтувати.

Сила опору  $P_c$  спрямована проти руху поплавця і тому змінює знак при зміні напрямку руху. З останнього рівняння можна отримати вираз:

$$V_p = \frac{G \pm P_c}{\rho_p \cdot g}, \quad (1.5)$$

Обсяг  $V_p$  однозначно визначає осаду (глибину занурення) поплавка. При зміні щільності контрольованої рідини на  $\Delta\rho_p$  змінюється обсяг зануреної частини на  $\Delta V_p$ , що призводить до зміни опади, т. е. До появи додаткової похибки. З (1.5) можна отримати вираз для  $\Delta V_p$  у вигляді:

$$\Delta V_p = -V_p \cdot \frac{\Delta\rho_p}{\rho_p}, \quad (1.6)$$



Таким чином, обсяг зануреної частини  $V_p$ , а отже, осадку поплавка, є параметром, що визначає додаткову похибку, викликану зміною щільності контрольованої рідини. Для зменшення цієї похибки доцільно зменшення опадки поплавка, що може бути досягнуто або збільшенням площі поперечного перерізу поплавка, або зменшенням сил  $P_c$ , або полегшенням поплавка.

Розміри поплавка обмежуються розмірами рівнеміра, маса поплавця не може бути сильно зменшена через необхідність забезпечення необхідного натягу гнучкого елемента і подолання сил тертя. Значення сил опору визначається вибором схеми зв'язку поплавка з вимірювальною схемою рівнеміра.

Найбільшого поширення набули рівнеміри з механічним зв'язком поплавця з вимірювальною схемою, причому цей зв'язок може бути утворена як гнучкими елементами (тросом, стрічкою), так і жорсткими (важелем, рейкою). Використання гнучких елементів практично виключено в рівнемірах для посудин під тиском через складність герметизації висновків. Герметизація простіше забезпечується в важільних рівнемірах, однак їх недоліком є невеликий діапазон виміру - до декількох десятків сантиметрів (при гнучкого зв'язку діапазон виміру досягає 12 м).

Поплавкові рівнеміри мають певні переваги: простотою пристрою, великим діапазоном вимірювання, досить високою точністю, можливістю вимірювання рівня агресивних і в'язких середовищ, широким температурним діапазоном вимірювання. Недоліки, що обмежують, їх застосування: наявність поплавка в резервуарі, труднощі вимірювання рівня в резервуарах під тиском.

Буйкових називаються рівнеміри, засновані на законі Архімеда: залежно виштовхує сили, що діє на буйок, від рівня рідини. Чутливим елементом таких рівнемірів є масивне тіло (наприклад, циліндр.) - буйок, підвішене вертикально всередині судини і частково занурена в контрольовану рідину.

Буйок закріплений на пружній підвісці з жорсткістю  $c$ , діючої на буйок з певним зусиллям. При збільшенні рівня на  $h$  від нульового положення збільшиться виштовхувальна сила, що викличе підйом буйка на  $x$ , причому при підйомі його збільшується осадка, тобто  $x < h$ . Звідси легко отримати вираз для статичної характеристики буйкового рівнеміра:

$$x = \frac{h}{1 + \left(\frac{c}{\rho_p - \rho_r}\right) \cdot g \cdot F}, \quad (1.7)$$

Таким чином, статична характеристика буйкового рівнеміра лінійна, причому чутливість його може бути збільшена збільшенням  $F$  або зменшенням жорсткості підвіски  $c$ .

З (1.7) легко встановити, що при використанні конкретного рівнеміра додаткові похибки можуть виникнути за рахунок зміни величин  $c$ ,  $F$ ,  $\rho_p - \rho_r$ . Причиною зміни цих величин є зміна температури і тиску в посудині, при цьому найбільшою є похибка, викликана зміною  $\rho_p - \rho_r$ .

Буйок підвішений на важелі, закріпленому на призматической подушці, яка спирається на ножеву опору. До подушці жорстко прикріплений кінець торсіонної трубки, другий кінець якої за допомогою фланця жорстко і герметично кріпиться на кронштейні, що представляє собою частину корпусу рівнеміра. Таким чином, кінець трубки нерухомий, інший кінець може повертатися разом з подушкою. В середині трубки пропущений жорсткий стрижень, приварений до подушки. На вільному кінці стержня знаходиться заслінка Пневмоперетворювачі. При зміні рівня відбувається поворот подушки разом з закріпленим на ній кінцем торсіонної трубки, при цьому змінюється зусилля, з яким трубка впливає на буйок. Одночасно з поворотом подушки повертається заслінка, змінюється зазор між нею і соплом,

Основна похибка такого рівнеміра коливається в межах 1-1,5%. Крім описаної схеми буйкового рівнеміра існують інші різновиди. Зокрема,

випускаються рівнеміри УБ-Е та УБ-П відповідно з електричним і пневматичним уніфікованими вихідними сигналами, засновані на принципі силовий компенсації. Ці перетворювачі випускаються класів 1 і 1,5 с діапазонами вимірювання 0-0,04 і 0-16 м. Існують буйкові рівнеміри, в яких буйок несе сердечник диференційно-трансформаторного передавального перетворювача. Очевидно, що в таких рівнемірах максимальне переміщення буйка має дорівнювати номінальному переміщенню сердечника. Буйкові рівнеміри можуть використовуватися як для вимірювання рівня зріджених газів з великою щільністю (азоту, неону і ін.), Так і для контролю середовищ при тиску до 32 МПа і температурі до + 400 ° С.

### ***1.3 РІВНЕМІРИ З ВІЗУАЛЬНИМ ВІДЛІКОМ***

Такі рівнеміри засновані на візуальному вимірі висоти рівня рідини. При невисоких тисках середовища висота рівня вимірюється в скляній трубці (вказівному склі), сполученої з рідинним і газовим просторами контрольованого резервуара. При підвищеному тиску застосовуються плоскі скла, на поверхні яких з боку рідини нанесені вертикальні горіння канавки. З умов міцності не рекомендується застосовувати вказівні скла довжиною понад 0,5 м, тому при великому діапазоні зміни рівня встановлюється декілька стекол в шаховому порядку таким чином, щоб їх діапазони вимірювання перекривалися.

Основним джерелом додаткової похибки таких рівнемірів є різниця щільності рідини в контрольованому резервуарі і в склі, що викликається різницею температур (особливо якщо рідина в резервуарі знаходиться при високій температурі, а вказівний скло знаходиться на значній відстані). Різниця щільності призводить до різниці рівнів в резервуарі і вказівному склі (рівень в

склі іноді називають "ваговим" рівнем); при цьому абсолютна похибка вимірювання може бути обчислена за формулою:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = h_2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right), \quad (1.8)$$

де  $\rho_1$  і  $\rho_2$  - щільності рідини в резервуарі.

Похибка може досягати істотних значень, тому з метою її зменшення необхідна або теплова ізоляція рівнеміра, або продування його рідиною з резервуара перед відліком.

#### ***1.4 АКУСТИЧНІ РІВНЕМІРИ***

За принципом дії акустичні рівнеміри можна поділити на локаційні, поглинання і резонансні.

У локаційних рівнемірах використовується ефект відображення ультразвукових коливань від кордону розділу рідина - газ. Положення рівня визначається за часом проходження ультразвукових коливань від джерела до приймача після відображення їх від поверхні розділу. У рівнемірах поглинання положення рівня визначається по ослабленню інтенсивності ультразвуку при проходженні через шари рідини і газу. У резонансних рівнемірах вимір рівня виробляється за допомогою вимірювання частоти власних коливань стовпа газу над рівнем рідини, яка залежить від рівня рідини.

Найбільшого поширення набули локаційні рівнеміри. Локація рівня може проводитися або через газове середовище над рідиною (такі рівнеміри іноді називають акустичними), або знизу через шар рідини (такі рівнеміри іноді називають ультразвуковими). Недоліком першого типу рівнемірів є похибка від залежності швидкості ультразвуку від тиску і температури газу і

сильне поглинання ультразвуку газом, що вимагає більшої потужності джерела, ніж при локації через рідину. Однак на свідченнях таких рівнемірів не позначається зміна характеристик рідини, тому такі рівнеміри можуть бути використані для вимірювання рівня рідин неоднорідних, що містять бульбашки газу або кристалізуються. Такі рівнеміри використовуються для рідин, що має температуру не більше 80 ° С і тиском не більше 4 МПа.

Рівнеміри з локацією через рідину можуть бути використані для середовищ під високим тиском, для них потрібна невелика потужність джерела, проте вони чутливі до включень в рідину, наприклад до бульбашок газу при вскипанні. Тому ці рівнеміри застосовуються тільки для однорідних рідин. Крім того, вони також чутливі до зміни температури і тиску середовища через залежність від них швидкості поширення ультразвуку в рідині.

Джерелом і одночасно приймачем відображених ультразвукових коливань є п'єзоелемент, укладений в акустичний перетворювач. Локація здійснюється ультразвуковими імпульсами, які порушуються п'єзоелементом шляхом подачі на нього електричних імпульсів від генератора. Одночасно генератор включає схему вимірювання часу. Відбитий ультразвуковий імпульс повертається на п'єзоелемент через час  $t$ , відповідне контролюваному рівню відповідно до вираження:

$$t = 2 \cdot \frac{H - h}{c}, \quad (1.9)$$

де  $c$  - швидкість ультразвуку в газі.

П'єзоелемент перетворює відбитий ультразвуковий імпульс в електричний сигнал, який посилюється підсилювачем і подається на схему вимірювання часу. Перетворювач перетворює значення часу в уніфікований вихідний сигнал 0 - 5 мА, вимірюваний вторинним приладом.

Для зменшення впливу зміни температури газу є блок температурної компенсації, що включає в себе термометр опору, розташований всередині акустичного перетворювача. Урівнемер ЕХО-1 може мати діапазони вимірювання 0 - 1, 0 - 2, 0 - 3 м; клас точності рівнеміра 2,5.

Різниця може полягати в іншому способі температурної компенсації. Основна похибка рівнемірів з локацією через рідину не перевищує 2,5% діапазону вимірювання рівня.

Крім перерахованих існує ще безліч типів рівнемірів як, наприклад, термокондуктометрические (залежність електричного опору нагрівається струмом резистора від рівня рідини); радіоізотопні; радіохвильові (залежність параметрів коливань електромагнітних хвиль від висоти рівня рідини) до числа яких відносять радіолокаційні (явище відбиття електромагнітних хвиль від межі розділу середовищ, що розрізняються електричними і магнітними властивостями), радіоінтерференційний, ендовібраторний, резонансний.

### ***1.5 ГІДРОСТАТИЧНІ РІВНЕМІРИ***

У цих рівнемірах вимір рівня  $H$  рідини постійної щільності  $\rho$  зводиться до вимірювання гідростатичного тиску  $P$ , створюваного рідиною, причому:

$$P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (1.10)$$

Гідростатичний рівнемір, в якому гідростатичний тиск рідини вимірюється дифманометром, називається дифманометрическим.

Гідростатичний рівнемір, в якому гідростатичний тиск рідини перетворюється в тиск повітря, називається пневмоуровнемером. Різновидом пневмоуровнемера є барботажний рівнемір, в якому повітря, що подається від стороннього джерела, барботують через шар рідини.

Обидві імпульсні трубки дифманометра заповнюються контрольованою рідиною (якщо вона не агресивна). Дифманометр вимірює різницю тисків  $P_1$  і  $P_2$ , що діють на його чутливий елемент. Відповідно до (1.10) можна записати вирази для цих тисків:

$$P_1 = (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g, \quad P_2 = h_2 \cdot \rho_2 \cdot g, \quad (1.11)$$

Таким чином, дифманометр буде вимірюють перепад тисків, що виражається через контрольований рівень  $H$ :

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g - h_2 \cdot \rho_2 \cdot g, \quad (1.12)$$

Якщо щільності  $\rho_1$  і  $\rho_2$  рідини обох імпульсних трубках однакові і якщо  $h_1 = h_2$ , то

$$\Delta P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (1.13)$$

де  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$

З (1.11) і (1.12) видно, що дифманометричеській рівнемір вимірює "ваговий" рівень, тобто його показання будуть змінюватися при зміні щільності контрольованого середовища. Похибка в показаннях з'явиться також, якщо є різниця щільності  $\rho_1$  і  $\rho_2$  в імпульсних трубках (для виключення цієї похибки імпульсні трубки прокладаються поруч). Нарешті, формула (1.12) справедлива тільки в тому випадку, якщо рівень рідини в "мінусовій" імпульсній трубці (позначеної знаком "-") буде незмінним при зміні контрольованого рівня  $H$ .

Схеми дифманометричних рівнемірів не забезпечують незалежності показань від зміни тиску при будь-якому поточному значенні контрольованого рівня.

Всі схеми підключення дифманометрів-рівнемірів можуть використовуватися для вимірювання рівня рідин в об'єктах електростанцій або промислових підприємств. Конкретна схема вимірювання визначається умовами роботи об'єкта і необхідною точністю вимірювання рівня. Так, при вимірюванні рівня в подогревателях живильним або мережної води електростанцій зазвичай використовуються однокамерні зрівняльні судини.

Перепад тиску, що діє на дифманометр, визначається виразом:

$$\Delta P = (H \cdot \rho_B - h \cdot \rho' - (H - h) \cdot \rho'') \cdot g \quad (1.14)$$

$$\Delta P = (H \cdot (\rho_B - \rho'') - h \cdot (\rho' - \rho'')) \cdot g, \quad (1.15)$$

де  $\rho_B$ ,  $\rho'$  і  $\rho''$  - щільності води в плюсовій імпульсній трубці, конденсату і пара.

Перепад  $\Delta P$ , що діє на дифманометр, визначається виразом:

$$\Delta P = (H \cdot \rho' - h \cdot \rho' - (H - h) \cdot \rho'') \cdot g = (H - h) \cdot (\rho' - \rho'') \cdot g \quad (1.16)$$

Оскільки при тиску в конденсаторі  $\rho' \gg \rho''$  вираз для перепаду тиску спрощується:

$$\Delta P = (H - h) \cdot \rho' \cdot g, \quad (1.17)$$

Дифманометри в якості вимірників рівня знайшли застосування також і в криогенній техніці для вимірювання рівня низькокипящих середовищ.



Особливістю підключення дифманометрів-рівнемірів до ємностей є відсутність зрівняльних судин. Імпульсні трубки виводяться з газової порожнини і частини, заповненої рідиною, причому, остання виводиться горизонтально для виключення можливого впливу стовпа рідини в трубці. Якщо нижня імпульсна трубка буде заповнена рідиною, то при її випаровуванні порціями можливе коливання тиску в вимірювальній схемою. Щоб уникнути цього відбір тиску здійснюється зі спеціального ковпачкового пристрою. У цьому випадку рідина (за рахунок припливу теплоти по імпульсній трубці) випаровується в порожнину під ковпачком, що виключає пульсацію тиску.

У тих випадках, коли різниця температур між контрольованим середовищем і середовищем, навколишнього резервуар, менше  $50^{\circ}\text{C}$ , для зменшення пульсації тиску в плюсовій імпульсній трубці на ній поблизу резервуара встановлюється теплова сорочка, в яку подається тепла середу. Цим забезпечується надійне випаровування рідини в простір під ковпачком.

Метод вимірювання рівня дифманометрами має ряд переваг. Такі рівнеміри відрізняються механічною міцністю, простотою монтажу, надійністю. Але їм притаманний один суттєвий недолік: чутливий елемент дифманометрів знаходиться в безпосередньому контакті з контрольованим середовищем. При вимірюванні рівня агресивних середовищ це викликає необхідність або використання спеціальних матеріалів для дифманометрів, або застосування схем підключення дифманометрів, що не допускають попадання активних середовищ в дифманометр, наприклад включення в імпульсні лінії розділових пристроїв, продування імпульсних ліній чистою водою і т.д.

Від цього недоліку вільний один з типів гідростатичних рівнемірів - барботажний пневмоуровнемір.

## 1.6 ІНДУКТИВНІ РІВНЕМІРИ

Принцип дії індуктивних рівнемірів заснований на залежності індуктивності одиночної котушки або взаємної індуктивності двох котушок від глибини занурення їх в електропровідних рідина. Така залежність зумовлена виникненням в рідині під дією магнітного поля змінного струму збудження вихрових струмів, магнітне поле яких надає розмагнічуюче дію на поле струму збудження. Дійсно, за визначенням індуктивність  $L$  котушки являє собою відношення магнітного потоку  $\Phi$  до току  $I$  створює цей потік. При зануренні котушки в рідину в ній створюються вихрові струми, магнітне поле яких за законом Ленца направлено назустріч основному, тобто результуючий магнітний потік буде менше потоку "сухий" котушки. Це означає, що індуктивність зануреної котушки менше індуктивності сухий котушки. Таким чином, якщо індуктивний перетворювач являє собою одиночну довгу котушку, то її індуктивність і повний опір  $Z = R + j\omega L$  будуть залежати від глибини занурення ( $R$  - активний опір котушки,  $\omega$  - кругова частота струму збудження). Існують індуктивні перетворювачі, що містять дві індуктивно пов'язані котушки, що утворюють трансформатор (трансформаторні перетворювачі).

При зміні індуктивностей  $L_1$  і  $L_2$  обох котушок змінюється їх взаємна індуктивність  $M$  відповідно до вираження:

$$M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}, \quad (1.18)$$

де  $k$  - коефіцієнт зв'язку, який визначається потоками розсіювання.

В реальних конструкціях таких перетворювачів обмотки, виконуються намотуванням в два дроти, при цьому  $L_1 = L_2 = L$  і  $k \gg 1$ .

З принципу дії індуктивних рівнемірів видно, що вони придатні для вимірювання рівня тільки електропровідних середовищ. Крім того, оскільки

інтенсивність вихрових струмів залежить від електропровідності середовища, зміна її в процесі вимірювання викличе появу додаткової похибки.

Найбільшого поширення ці рівнеміри отримали для вимірювання рівня жидкометаллического теплоносія в ядерних енергетичних установках.

Перетворювач складається з обмотки збудження, по якій протікає змінний струм збудження  $I_b$ , і вторинної обмотки, з якої знімається вихідний сигнал  $U$  вих. Перетворювач поміщений в металевий захисний чохол, який герметично закріплений в кришці резервуара. Це дозволяє здійснювати заміну рівнеміра без порушення герметичності контуру. Як уже зазначалося, під дією потоку збудження в товщі контрольованого середовища (наприклад, рідкого металу) виникають вихрові струми. Це призводить до залежності взаємної індуктивності  $M$  між обмотками від рівня металу. Ця залежність лінійна по всій довжині обмоток, крім кінцевих ділянок, довжиною, що дорівнює їх діаметру, де характеристика викривляється.

Таким чином, ЕРС  $E = \omega M I_b$  у вторинній обмотці, а отже, і вихідна напруга  $U$  вих буде лінійно залежати від рівня. Взаємодія поля збудження і поля вихрових струмів здійснюється через металевий захисний чохол, який послаблює поля і, отже, погіршує чутливість перетворювача, причому екранує, чохла збільшується зі зростанням частоти  $\omega$  струму збудження  $I_b$ . Однак вибирати низьке значення  $\omega$  недоцільно, так як при цьому зменшується ЕРС  $E$  у вторинній обмотці, а отже, і  $U$  вих (зазвичай частота вибирається рівної 4 - 5 кГц).

Основним недоліком трансформаторних перетворювачів рівня є вплив зміни температури контрольованого середовища на результат вимірювання. Цей вплив зумовлений зміною активного опору обмоток в залежності від зміни температури, і зміною їх індуктивності в зв'язку з лінійним розширенням дроти, а також зміною провідності чохла і контрольованого середовища. Крім того, на результат вимірювання будуть впливати зміни складу середовища, а

також зміна з часом властивостей матеріалів чохла. При вимірюванні рівня рідких металів вплив чинитиме також наявність на чохлі плівки розплаву або плівки окислів. Автоматична компенсація цих погрешностей є важким завданням через складність вимірювання впливають величин і складного характеру впливу їх на похибку.

Перетворювачі трансформаторного типу зручно використовувати в якості сигналізаторів граничних значень рівня. В цьому випадку перетворювач складається з двох окремих коротких трансформаторів, рознесених на відстань, рівну різниці верхнього та нижнього рівнів. Первинні обмотки трансформаторів включені послідовно і живляться від одного джерела. Вторинні обмотки включені зустрічно, і різницевий сигнал йде в схему сигналізації.

Спрацьовування схеми аварійної сигналізації відбувається при нульовому значенні вихідної напруги  $U_{вих}$ , тобто якщо ЕРС у вторинних обмотках трансформаторів будуть рівними. Очевидно, що це буде в тому випадку, якщо обидва трансформатора виявляться одночасно або нижче рівня (тобто коли рівень досягне верхнього аварійного значення), або вище рівня (коли рівень досягне нижнього аварійного значення). При проміжних значеннях рівня  $U_{вих} \neq 0$  і спрацьовування схеми сигналізації не відбувається.

Менший вплив перераховані вище фактори роблять на роботу індуктивних рівнемірів дискретного дії. У таких рівнемірах фіксується досягнення певних значень рівня, тобто покажчик переміститься на сусідню позначку тільки при зміні рівня на певне значення - крок дискретності.

Зміна властивостей контрольованого рідкого металу (в тому числі і за рахунок зміни температури), а також налиплий на чохол заспівай металу або його оксидів не призведе до порушення працездатності приладу. Підсумовуючи сказане, можна перерахувати гідності дискретних індуктивних рівнемірів: незалежність показань від зміни температури середовища і

наявності на чохлі плівок розплаву або окислів (при вимірюванні рівня металу).

#### Висновки

В даному розділі проаналізовано методи та засоби вимірювання рівня, розглянуто загальні відомості вимірювання рівня. Розглянуто методи вимірювання рівня рідини. Наведено схеми вимірювальних перетворювачів, також, здійснено огляд засобів вимірювання рівня рідини.

## 2. Вибір структурної схеми

Основним елементом вимірювача рівня є вимірювальний перетворювач. Саме він визначає основні характеристики всього приладу.

Проаналізувавши методи побудови вимірювальних перетворювачів, було прийнято рішення про вибір ємнісного вимірювального перетворювача, на основі якого побудована структурна схема всього пристрою. Суть методу полягає в перетворенні вимірюваної ємності в електричний сигнал, в якому конденсатор розглядається як пасивний двухполюсник. Оскільки для будь-якого конденсатора, яким в даному випадку є електроди датчика, справедливо рівність:

$$i = C_x \cdot \frac{dU}{dt} \quad (2.1)$$

при  $\frac{dU}{dt} = \text{Const}$  виходить досить просте лінійне співвідношення  $i = kC_x$ . Постійну швидкість наростання має, як відомо, пілкоподібний або трикутний сигнал, тобто при подачі на вимірювану ємність трикутного напруги струм в ланцюзі, а отже, і напруга на навантаженні  $R_n$ , буде постійним і пропорційним величині  $C_x$ :

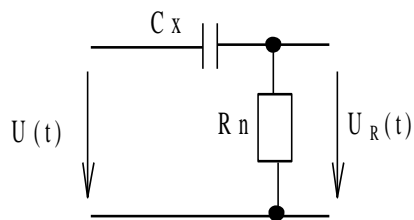


Рисунок. 2.1 - Спрощена схема диференціатора

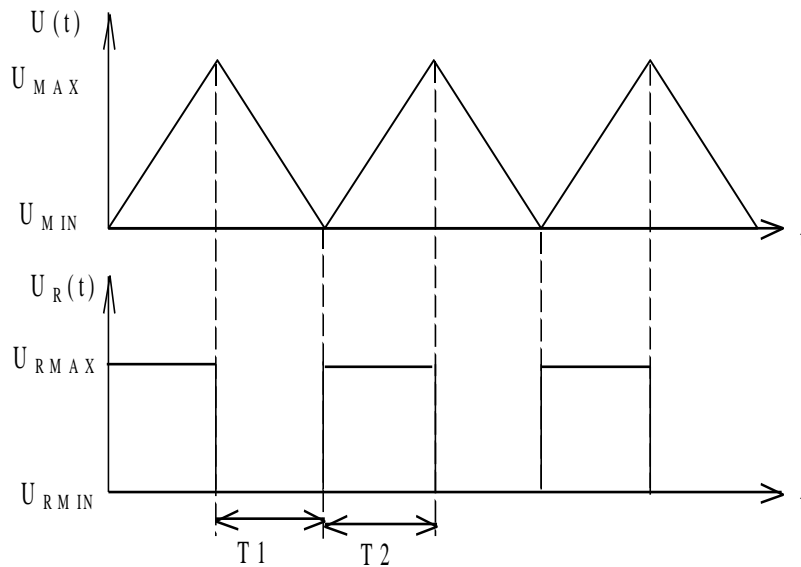


Рисунок.2.2 - Часові діаграми

Тоді робота схеми описується наступним виразом (для лінійно зростаючого вхідної напруги):

$$U_R = \left[ \Delta U \cdot \frac{R_n \cdot C_X}{T_1} \right] \cdot \left[ 1 - e^{-\frac{t}{R_n \cdot C_X}} \right] + U_{R \min}, \quad (2.2)$$

$$\text{де } \Delta U = U_{\text{MAX}} - U_{\text{MIN}}; \quad U_{\text{RMIN}} = \Delta U \cdot \frac{R_n \cdot C_X}{T_2}.$$

Аналогічне співвідношення отримують і для лінійно спадаючої ділянки вхідної напруги. Якщо  $R_n C_X \ll T$ , то амплітуда прямокутного напруги пропорційна величині ємності  $C_X$  ( $T$  - період трикутного напруги).

Далі більш детально розглянемо структурну схему пристрою, що реалізує представлений метод вимірювання ємності.

На структурній схемі (Рис.2.3.) Прийняті наступні позначення:

СУ1 ... СУ6 - схеми управління насосами;

Н1 ... Н6 - насоси;

ПВП1 ... ПВП6 – вимірювальний модуль;

MCU - мікроконтролер;

БУ- блок кнопок управління;

LCD – рідкокристалічний індикатор:

PC – зовнішній ПК, що підключається через стандартний інтерфейс.

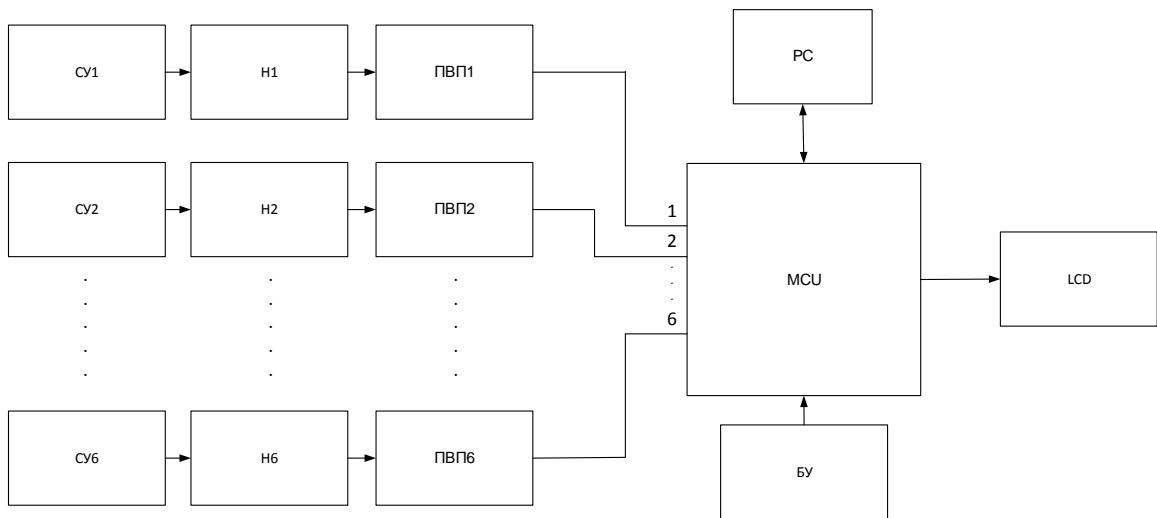


Рисунок.2.3 - Структурна схема автоматизованої системи контролю рівня рідин

Для вимірювання рівня рідини в якомусь об'ємі (наприклад, в цистерні) ємнісний датчиком (ЄД) занурюють в вимірювальне середовище (рідину). З зануренням електродів в рідину ємність утвореного ними конденсатора збільшується, причому тим сильніше, чим більше відносна діелектрична проникність рідини. Ємність датчика є одним з елементів коливального контуру генератора. Тому по мірі заповнення вимірювального середовища рідиною частота коливань генератора зменшується. Сигнал виносного генератора поступає на вхід мікроконтролера (МК), який вимірює частоту за допомогою таймера/лічильника ТМРО, що входить до складу мікроконтролера. По одержаному значенню частоти і відомій індуктивності



контуру розраховують його ємність, а по ній глибину занурення датчика в рідину. Дані від мікроконтролера передаються на персональний комп'ютер (ПК). Блок кнопок управління (БКУ) використовується для управління процесом вимірювання рівня рідини. До складу входить стабілізоване джерело живлення (ДЖ) 5В. Рідкокристалічний індикатор (LCD) використовується для відображення одержаних значень рівня рідини.

Крім того, МК має стандартний інтерфейс USB для прийому / передачі інформації із зовнішнього ПК.

#### Висновок

Отже, після проведення аналізу структурних схем за критеріями якості, найоптимальнішою є даний варіант структурної схеми. Дана схема є простою в реалізації, надійність вимірювання буде більш точною. Схема має оптимальну кількість комплектуючих деталей, тому вона є більш завадостійкою. Це в свою чергу призводить до того, що точність та надійність збільшується.

### **3. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ВУЗЛІВ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ**

В застосовується місткості методі вимірювання рівень рідини, що заповнює бак, пропорційний ємності, утвореної двома електродами: безпосередньо поміщеним в бак і самим баком. При цьому нульового рівня рідини в баку відповідає деяка відома ємність  $З + C_{\Pi}$ , індиферентна до рівня заповнення бака і освічена ємнісний зв'язком між електродами під час відсутності заповнює рідини і ємністю проводів відповідно. При зміні рівня змінюється ємність між електродами  $\Delta C$ , а повна місткість при вимірюванні визначається сумою:

$$C_X = З + C_{\Pi} + \Delta C \frac{h}{h_m}, \quad (3.1)$$

де  $h$  - вимірюваний рівень, а  $h_m$  - максимальна висота бака (в нашому випадку дорівнює 2 м).

#### **3.1 МОДУЛЬ МІКРОКОНТРОЛЕРА**

Мікроконтролер (МК) виконує необхідні арифметичні операції, управляє введенням / виведенням інформації з передачею зовнішніх обчислювальних пристроїв і ін. За умовою заданий МК PIC32MX795F512L. PIC32MX795F512L - це 32-розрядний високопродуктивний RISC процесор з ядром MIPS32® M4K™ з 5-ступінчастим конвеєром. Максимальна робоча частота 80 МГц, продуктивність 1,56 DMIPS / МГц.

Мікросхема містить у своєму складі одноцикловий множитель і високопродуктивний блок ділення. Режим MIPS16e™, дозволяє зменшити

розмір коду на 40%. Два набору по 32 реєстрових файлу (32-розрядних) з безпосереднім доступом зменшують час відгуку на переривання.

Модуль Cache-пам'яті з механізмом передбачення служить для прискорення виконання програми з Flash-пам'яті. Мікроконтролер має розширений набір периферійних пристроїв, які реалізують практично всі відомі протоколи обміну даними, що використовуються в мікроконтролерних пристроях.

Відмінні риси PIC32MX795F512L:

- діапазон робочої напруги живлення: 2,3 ... 3,6 В;
- обсяг Flash-пам'яті: від 256 до до 512 до (плюс додаткові 12 кбайт завантажувального Boot Flash);
- обсяг SRAM-пам'яті: від 64 до до 128 к;
- мікроконтролер повиводно сумісний з більшістю мікросхем PIC24 / dsPIC®;
- кілька режимів управління електроживленням;
- набір векторів переривань індивідуально програмованими пріоритетами;
- відмовостійкий режим спостереження за системою синхронізації;
- конфігурується сторожовий (Watchdog) таймер з вбудованим Мікропотужні RC генератором для надійної роботи;
- USB 2.0-сумісний контролер повношвидкісного пристрою і On-The-Go (OTG);
- 10/100 Мбіт Ethernet MAC з інтерфейсами MII і RMII;
- модуль CAN;

- підтримка кварцового резонатора на частоту від 3 МГц до 25 МГц;
- внутрішні генератори на частоту 8 МГц і 32 кГц;
- шість модулів UART з підтримкою:
  - до 4 модулів SPI,
  - до 5 модулів I2C;
- окремі системи ФАПЧ (PLL) для синхронізації CPU і модуля USB;
- паралельні порти Ведучий і підпорядкованому (PMP / PSP) з розрядністю даних 8 і 16 Біт, і кількістю адресних ліній до 16;
- чотири 16-розрядних Таймера / Лічильника (дві 16-розрядних пари можна об'єднати, щоб створити два 32-розрядних таймера);
- високошвидкісні лінії вводу / виводу, здатні до перемикання з частотою до 80 МГц;
- потужні джерела впадає / впливає струму (18 мА / 18 мА) на всіх лініях вводу / виводу;
- конфігурується вихід з відкритим колектором на всіх цифрових лініях вводу / виводу;
- два інтерфейси для програмування і налагодження:
  - 2-х провідний,
  - 4-провідний JTAG-інтерфейс;
- 10-розрядний 16-канальний АЦП зі швидкістю перетворення 1 Msps;
- два аналогових компаратора;
- максимальне допустиме вхідна напруга 5 В

Для роботи мікроконтролера до нього необхідно підключити зовнішній тактовий генератор (максимальна частота 12 МГц), а також забезпечити сигнал початкової установки по входу Reset. БІС ВЕ31 споживає струм 150 мА від джерела живлення +5.

Розглянемо схему модуля МК:

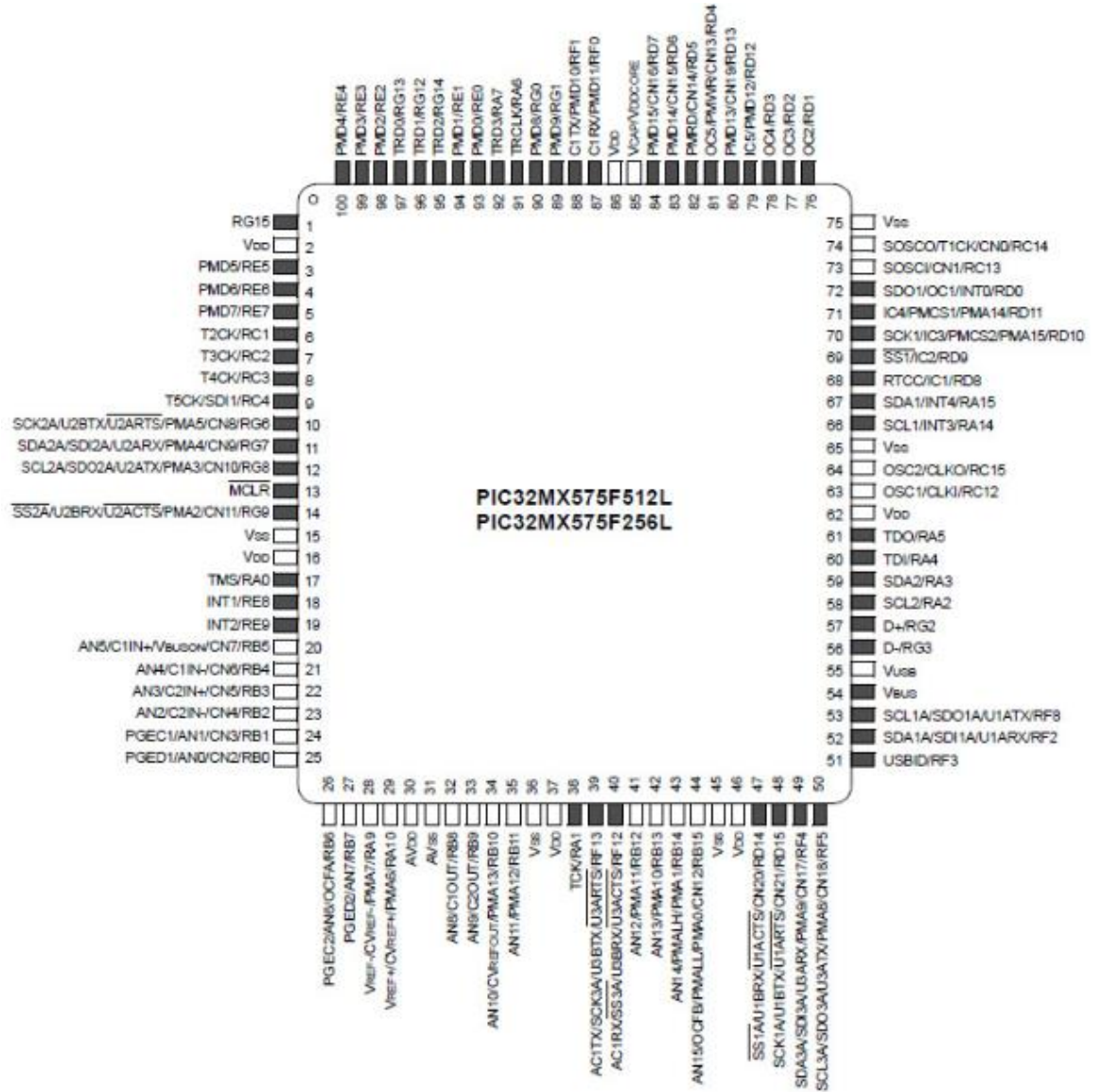


Рисунок .3.1 Схема модуля мікроконтролера

### 3.2 Вимірювальний модуль

Генератор побудований на базі компаратора напруги К554СА3А (DA2). Напруга його живлення 5 В стабілізована інтегральним стабілізатором КР142ЕН5А (DA1), тому зовнішня напруга живлення може бути нестабілізованою і перебувати в межах від 9 до 12 В. Діод VD1 призначений для захисту від переполюсовки живлення. Частото задаючим елементом генератора служить коливальний контур, утворений ємністю датчика  $C_x$  і котушкою індуктивності L1. Компаратор охоплений позитивним зворотним зв'язком через резистор R3. Робоча точка компаратора задана ділянкою напруги R1R2 і стабілізована негативним зворотним зв'язком по ланцюгу R4C4, що не пропускає змінну складову вихідної напруги компаратора. На вихідний роз'єм XP1 генеруються імпульси надходять через буферний підсилювач на транзисторі VT1. Резистор R8 обмежує струм транзистора при замиканні в його колекторному навантаженні.

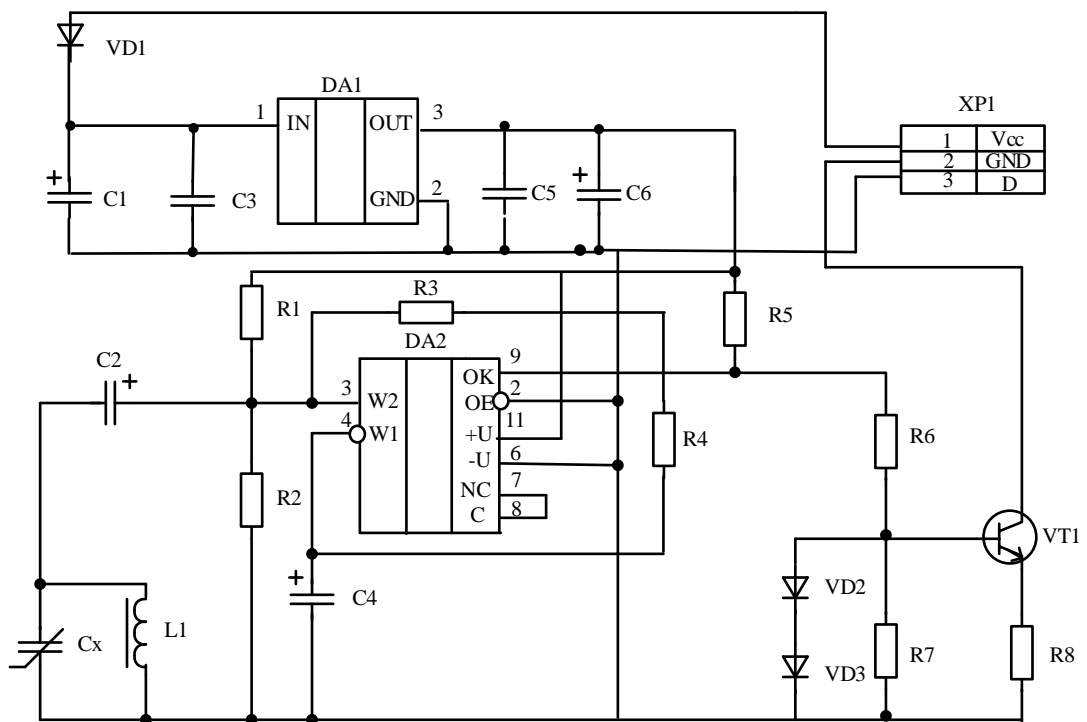


Рисунок 3.2– Схема вимірювального модуля

### 3.3 СХЕМА БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ

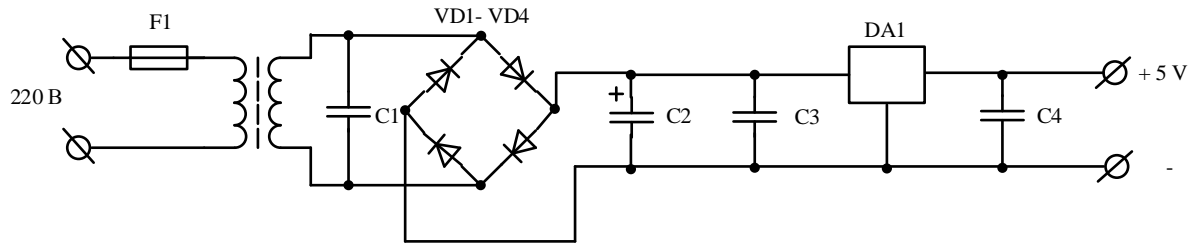


Рисунок 3.2. – Схема блоку живлення

Для цієї мети можна використати інтегральний стабілізатор напруги фірми MOTOROLA MC7805LC. Цей інтегральний стабілізатор має наступні електричні характеристики:

- вхідна напруга від 7,2В до 35В;
- вихідна напруга 5В;
- максимальний струм навантаження – 1,5А;
- трьохвивідний корпус.

Вхідний конденсатор цієї мікросхеми необхідний для того, щоб виключити можливість самозбудження. До виходу мікросхеми необхідно паралельно підключити два конденсатори – електролітичний та керамічний. Електролітичний – для згладжування низькочастотних завад, керамічний – високочастотних.

### 3.4 Схема індикації

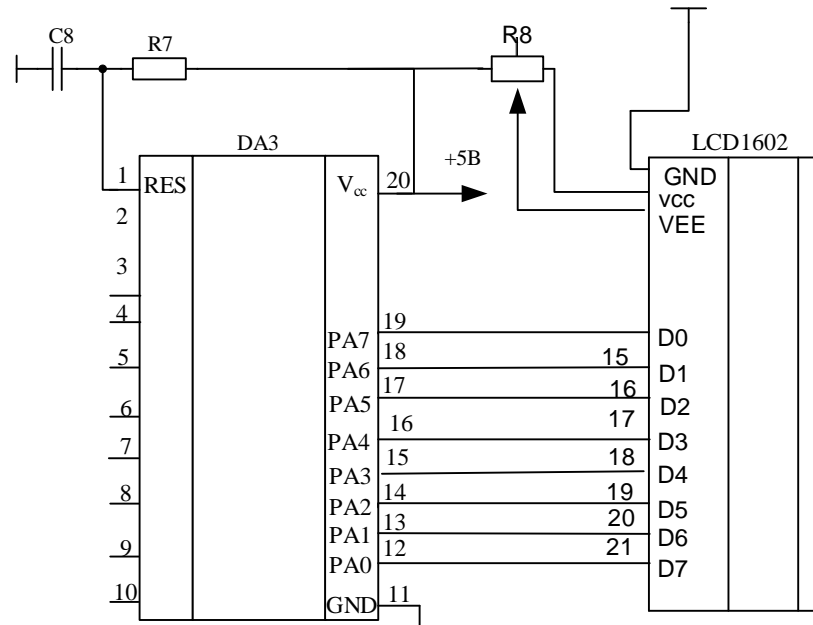


Рисунок 3.4 – Схема індикації

Для відображення вимірювальної інформації обираємо рідкокристалічний індикатор LCD1602. Даний індикатор має наступні характеристики:

Тип дисплея: LCD

Дозвіл: 16 стовпців, 2 рядки

Колір блакитний

Час відгуку: 250 мс

Розміри: 27.7 мм \* 42.6 мм

Кут огляду: 35 градусів

Енергоспоживання: ~ 4 мА екран, ~ 120 мА підсвічування

Напруга живлення: 5 вольт

Робочі температури: -20 .. + 70 градусів.



### 3.5 Розрахунок тактового генератора мікроконтролера

Робота мікроконтролера тактується генератором тактової частоти з кварцевою стабілізацією. Генератор знаходиться в корпусі мікросхеми, зовні встановлюється кварцевий резонатор та конденсатори. Для підключення кварцевого резонатора призначені входи мікроконтролера XTAL1 та XTAL2.

Послідовний порт ПЕОМ здатний працювати на фіксовній кількості швидкостей передачі даних, а саме 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 33600, 5600, 115200 біт/с. Синхронізація роботи послідовного порта мікроконтролера забезпечується шляхом ділення тактової частоти тактового генератора мікроконтролера на ціле число.

Похибка синхронізації не повинна перевищувати 10 %.

Обираємо кварцевий резонатор з частотою 1 МГц і ємністю 2 пФ фірми SMD. Значення ємності конденсаторів  $C2$  та  $C4$  обираємо з технічної документації.

Обираємо конденсатори  $C2 = C4 = 33$  пФ.

### 3.6 Розрахунок кола скидання мікроконтролера

Для запуску мікроконтролера необхідно, щоб на протязі 10 мс після включення живлення напруга на вході  $RES$  була рівня логічної одиниці.

Для цього, як правило, використовують  $RC$  – кола ( $R$  та  $C$  на рисунку ).

При ввімкненні напруги живлення, напруга на вході  $RESET$  при використанні  $RC$  – кола на рисунку 4.2 змінюється за експоненціальним законом, який визначається виразом:

$$U_{RES} = U_{НОМ} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (3.2)$$

де  $U_{НОМ}$  – напруга живлення;

$\tau$  – постійна часу  $RC$  – кола;

$t$  – поточний час.

Напруга, яка сприймається мікроконтролером як рівень логічного нуля дорівнює 0.3 В.

$$0.6 \cdot U_{min} = U_{НОМ} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}}). \quad (3.3)$$

$$\frac{0.6 \cdot U_{min}}{U_{НОМ}} = 1 - \frac{0.6 \cdot U_{min}}{U_{НОМ}}. \quad (3.4)$$

$$\frac{t}{RC} = -\ln\left(1 - \frac{0.6 \cdot U_{min}}{U_{НОМ}}\right). \quad (3.5)$$

З виразу (4.5) знаходимо  $RC$ :

$$RC = -\frac{t}{\ln\left(1 - \frac{0.6 \cdot U_{min}}{U_{НОМ}}\right)}, \quad (3.6)$$

де вираз (4.6) дорівнює  $\tau$ .

Значення резистору  $R7$  задаємо 1 кОм, тоді  $\tau = 0.027$  с.

Отже, значення конденсатора  $C8$  буде дорівнювати:

$$C9 \geq \frac{\tau}{R9} = 27 \text{ мкФ}. \quad (3.7)$$

Обираємо ємність  $C8$  типу SMD 0805 номіналом 30 мкФ.

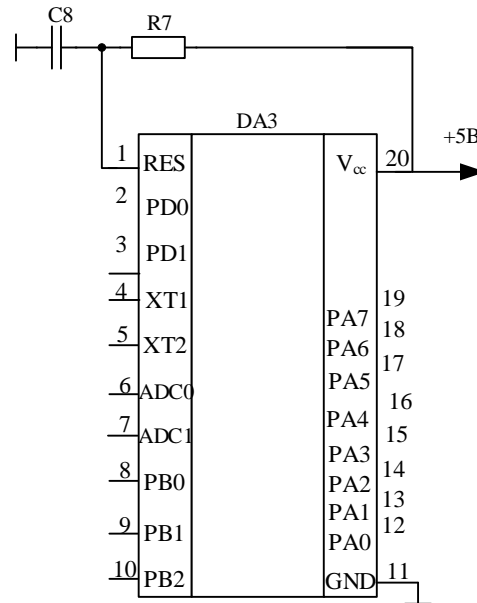


Рисунок 3.5– Схема скидання мікроконтроллера

### 3.7 СХЕМА УПРАВЛІННЯ НАСОСОМ

Схема запуску є перемикач "Мережа", при замиканні якого подається напруга в електромережі. Виберемо перекидний перемикач ТВ1-2, призначений для комутації ланцюгів постійного і змінного струму з комутованою потужністю 25 ... 600 ВА. Важіль призначений не тільки для перемикання, але і для зорового контролю за робочим станом перемикача (включено - виключено).

Таблиця 3.1

Основні електричні параметри перемикача ТВ1-2

Опір контактів, Ом	0,01
Допустиме напруга, що комутується, В	1,6 ... 220
Допустимий комутований струм, А	0,01 ... 1,0
Максимальне число комутацій	104



Розрахуємо опір R і виберемо транзистор VT.

Відповідно до формули (3.17)  $I_k = \frac{12}{110} = 0,11 \text{ А}$ .

Тоді за формулою (3.18)  $I_B = \frac{0,11}{40} = 2,75 \text{ мА}$ .

І з (3.19)  $R = \frac{5 - 0,7}{2,75 \cdot 10^{-3}} = 1564 \text{ Ом}$ .

Вибираємо резистор P1-4-0,25-1,5 кОм  $\pm 1\%$ , транзистор КТ815А.

Як DA1 використовуємо мікросхему аналогових ключів КР590КН4, що складається з нормально-замкнутого і нормально-розімкнутого контактів, керованих одним сигналом.

Таблиця 3.3

Параметри мікросхеми КР590КН4

Напруга живлення	$\pm 15 \text{ В} \pm 10\%$
Струм споживання $I_{\text{жив1}}$ , не більше	50 мкА
Струм витоку аналогових виходів, не більше	70 нА
Час вмикання, не більше	300 нс
Опір в відкритому стані, не більше	75 Ом
Вхідна напруга високого рівня	4...16,5 В
Вхідна напруга низького рівня	0...0,8 В
Коммтована напруга	$\pm 15 \text{ В}$

## Висновок

Отже, в даному розділі, на основі розробленої в попередньому розділі структурної схеми, розроблено та наведено опис роботи електричної принципової схеми, обрано елементну базу та описано основні елементи та їх характеристики. Після цього можна перейти до виконання наступного розділу дипломного проекту.

#### ***4. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПРОГРАМИ***

Програма призначена для контролю рівня рідини в резервуарах. Так як реальна робота програми неможлива, то вона написана в режимі емуляції.

Після запуску програма переходить в основний цикл роботи: автоматично активізується перший резервуар і протягом хвилини відбувається його заповнення і одночасне обчислення рівня заповнення у відсотках; після закінчення хвилини активізується другий резервуар і відразу з'являється відсоток його заповнення за час першої хвилини, а далі протягом другої хвилини резервуар заповнюється поступово; протягом третьої хвилини аналогічним чином активізується третій резервуар і т.д. по колу з циклом в 1 хвилину. Коли будь-якої з резервуарів заповнюється на 90% і більше, відбувається його виключення і відображається час його заповнення. Коли виявляються заповнені всі резервуари видається повідомлення і зупиняється час.

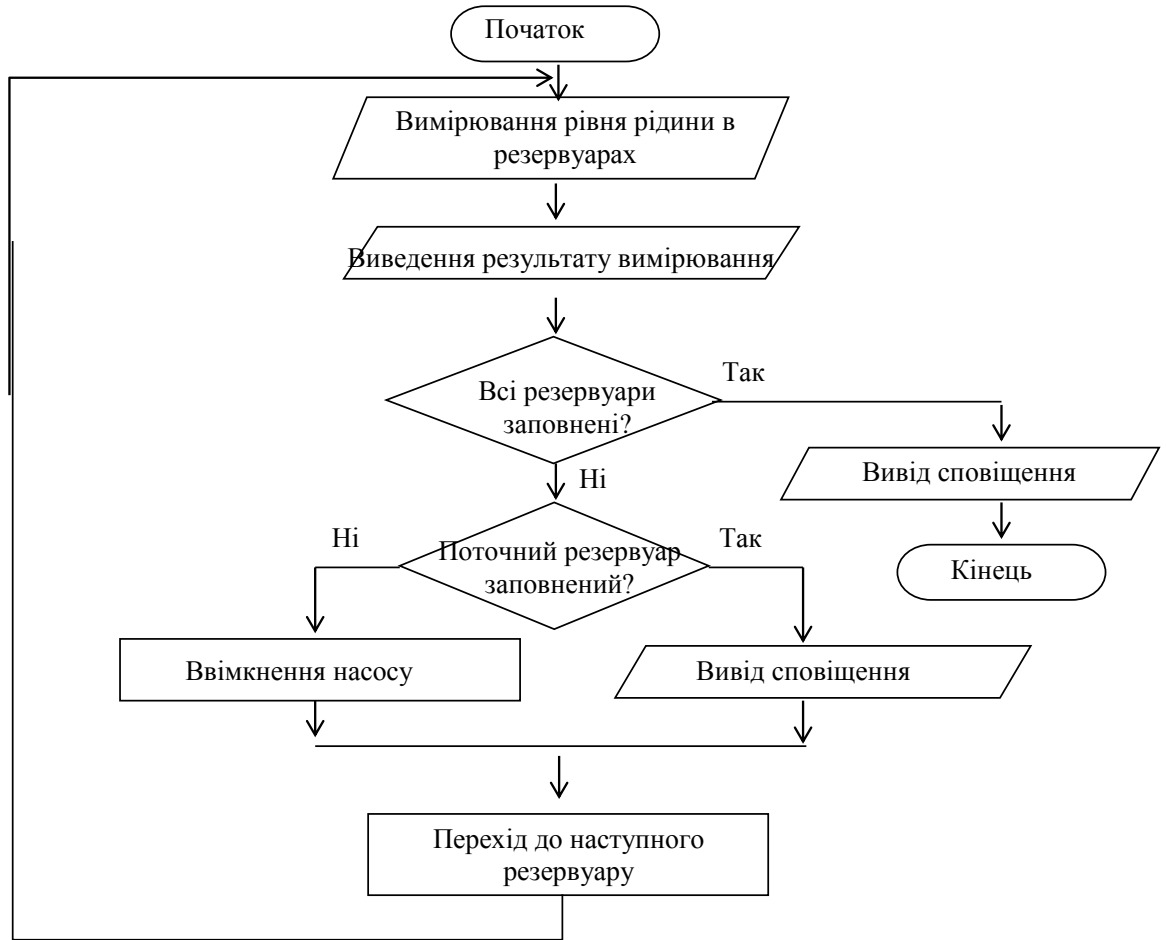


Рис.4.1 Алгоритм роботи основної програми



## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення автоматизованої системи контролю і управління процесом заповнення рідиною резервуарів.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету з кафедри метрології та промислової автоматики: к. т. н., доцент Маньковська В. С., к.т.н., доцент Дудатьєв І.А., к.т.н. доц. Возняк О.М. За допомогою таблиці 4.1 за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв оцінки комерційного потенціалу розробки експерти надали свої оцінки.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено робоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі

	продукту значно гірші, ніж в аналогів	властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	властивості продукту на рівні аналогів	властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
--	---------------------------------------	--	--	--	---

Продовження табл. 5.1

	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідно незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідно незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
0	Необхідно розробити нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
1	Термін реалізації ідеї	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років.	Термін реалізації ідеї менше 3-х років.	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін

	більший за 10 років	інвестицій більше 10-ти років	Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	окупності інвестицій менше 3-х років
--	---------------------	-------------------------------	---	---	--------------------------------------

Продовження табл. 5.1

2	Необхід на розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
---	--	--	---	--	---

Таблиця 5.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 5.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 5.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Маньковська В. С.	Дудатьєв І. А.	Возняк О. М.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	3	2	3
3	1	2	1
4	4	5	5
5	1	1	1
6	4	5	4
7	0	0	0
8	5	5	5
9	4	5	4
10	5	4	5
11	5	5	5
12	1	2	1
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =35	СБ <sub>2</sub> =38	СБ <sub>3</sub> =35
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{35 + 38 + 35}{3} = 36$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 36, що згідно таблиці 4.2 вважається, що рівень комерційного потенціалу розробки є вище середнього.

Потенційними споживачами автоматизованої системи контролю і управління процесом заповнення резервуарів рідиною будуть будь-які підприємства, наприклад, тепличні господарства, ферми, промислові заводи, а також не комерційні установи.

Проведемо порівняння нової розробки з аналогом, який існує на ринку. Аналогом є рівнемір УЕ-5. Оскільки даний прилад не володіє деякими необхідними в даний час характеристиками (такими як зв'язок з ЕОМ), передбачається, що при впровадженні системи, що розробляється може бути досягнутий економічний ефект. Крім того, при обґрунтуванні доцільності розробки і застосування автоматичної системи необхідно враховувати не тільки основний, але і супутні результати від використання проектного приладу. Основним вважається результат, що відображає виконання функціональної роботи, для якої призначене проектане пристрій. Супутні результати виникають поряд з основним при використанні проектного пристрою.

В таблиці 5.4 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Таблиця 5.4 – Основні технічні показники аналога і нової розробки

Показники	Аналог (УЕ-5)	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
Клас точності	2,5	1	0,4

Діапазон вимірювання	0...10000 мм	0...2000 мм	0,2
Температура середовища	0...+265	- 10...+100	0,34
Споживана потужність	15 Вт	11 Вт	0,73
Напрацювання на відмову	35000	50000	1,43
Зв'язок з ПК	немає	RS-485	-

Виходячи з даних таблиці 4.4 видно, що нова розробка краще за аналог, вона менше споживає електроенергії, має більше напрацювань на відмову та має зв'язок з комп'ютером

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (5.1) та (5.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.5.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (5.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (5.2)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Механічна стійкість, Н	90	95	1,05	15%
Функціонал, бар	50	70	1,4	30%
Похибка, %	2	1	2	40%
Напрацювання на відмову, год	35000	50000	1,43	15%
Масо-габарити, кг	0,2	0,2	1	10%

$$q_1 = \frac{95}{90} = 1,05;$$

$$q_2 = \frac{70}{50} = 1,4;$$

$$q_3 = \frac{2}{1} = 2;$$

$$q_4 = \frac{50000}{35000} = 1,43;$$

$$q_5 = \frac{0,2}{0,2} = 1.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,05 \cdot 0,15 + 1,4 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,4 + 1,43 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,1 = 1,69$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

Приблизна ціна нового товару складе 250000 грн. Занесемо ці та інші показники (взяті з попередніх розрахунків) до табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Механічна стійкість, Н	90	95
Функціонал, бар	50	70
Похибка, %	2	1



Напрацювання на відмову, год	35000	50000
Масо-габарити, кг	0,2	0,2
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн	30000	25000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (5.4)$$

де  $I_{m.n.}$  – індекс технічних параметрів;  $I_{e.n.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (5.5)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{25000}{30000} = 0,83;$$

$$K = \frac{1,63}{0,83} = 1,96.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

## 5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

1. Основна заробітна плата – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці. Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Стаття «Основна заробітна плата робітників» містить витрати на виплату основної заробітної плати робітникам, зайнятим виробництвом продукції.

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників)  $Z$  розраховується за формулою:

$$Z = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн.}] \quad (5.6)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника.

$T_p$  – число робочих днів,  $T_p = 22$ ;

$t$  – число днів роботи розробника.

Розрахунки основної заробітної плати зведемо в таблицю 4.7:

Таблиця 4.7 – Розрахунок основної заробітної плати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	10000	454.5	5	2273
Інженер	6000	272.7	22	6000
Слюсар	5000	227.3	20	4545
Всього				12818

2. Основна заробітна плата робітників  $Z_p$  розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i, \quad (5.7)$$

де  $n$  – число робіт по видах та розрядах;

$t_i$  – норма часу на виконання конкретної операції, годин;

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу, грн./год.:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.8)$$

де  $M_m$  – мінімальна місячна оплата праці, грн.;

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

$T_p$  – число робочих днів в місяці ( $T_p = 21 \dots 23$  дні);

$T_{zm}$  – тривалість зміни, годин ( $T_{zm} = 8$  годин).

Мінімальна місячна оплата праці робітника з 01.01.2019 року складає 4173,00 грн.

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 4.8:

Таблиця 5.8 – Тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду

Розряд	$K_i$
1	1,00
2	1,09
3	1,18
4	1,27
5	1,36

6	1,45
7	1,54
8	1,64

Інформацію про основну заробітну плату заносимо до таблиці 5.9

Таблиця 5.9 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1	2	3	4	5
1.Підготовчі	6	1	23,7	142,3
2.Монтажні	5	5	32,2	161,2
3.Складальні	3	5	32,2	96,7
4.Налагоджувальні	4	2	25,8	103,4
5.Випробувальні	5	4	30,1	150,6
Всього				654,2

3. До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться витрати на виплату виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати за працю понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну виробничу діяльність, компенсаційні виплати тощо. Звичайно, ці витрати встановлюються у відсотках до основної заробітної плати на підставі відповідних розрахунків на підприємстві:

$$Z_{\partial} = 11\% \cdot Z_{\Sigma}, \quad (5.9)$$

$$Z_{\partial} = 11\% \cdot (12818 + 654,2) = 1481,96(\text{грн.}).$$

4. Витати на соціальні заходи виникають внаслідок здійснення обов'язкової сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування. Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції:

$$B_{\text{сз}} = (Z_{\Sigma} + Z_{\text{о}}) \cdot \frac{\beta}{100\%}, \quad (5.10)$$

де  $\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

З 1.01.2016 року ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена залежно від класу професійного ризику виробництва і для бюджетної сфери  $\beta=22,0\%$  .

$$B_{\text{сз}} = (12818 + 654,2 + 1481,96) \cdot \frac{22,0\%}{100\%} = 3289,95(\text{грн.}) .$$

5. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування у загальному можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{\text{кор}} \cdot 12} [\text{грн}], \quad (5.11)$$

де  $Ц$  – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{\text{кор}}$  – час користування;

$T$  – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункта 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$t_{\text{кор}}(p)$	Термін використання міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1. Генератор	5000	3	1	138,89
2. Осцилограф	4000	3	1	111,11
ф				
3. Тестер	2700	4	1	56,25
4. Монітор	3000	2	1	125,00
5. Ручний інструмент	2500	4	1	52,08
Всього				483,33

6. Норма витрат матеріалу – це плановий показник, який визначає максимально допустимі затрати відповідних ресурсів на виробництво одиниці продукції в умовах певного рівня техніки і організації виробництва.

Витрати на матеріали  $M$ , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \quad \text{грн.}, \quad (5.12)$$

де  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, грн./кг.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ ;

$B_i$  – маса відходів матеріалу  $i$ -го найменування, кг;

$C_b$  – ціна відходів матеріалу  $i$ -го найменування, грн/кг;

$n$  – кількість видів матеріалів.

Інформацію про використані матеріали подамо у вигляді табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Припой ПОС-40, кг	0,1	300	30
Флюс, Канифоль, кг	0,1	125	12,5
Розчинник Р 646, л	0,1	75	7,5
Лак НЦ-41, л	0,15	250	37,5
Кабель ПЭМ, м	0,5	150	75
Кабель мережевий, м	1	140	140
Корпус, шт.	1	500	500
Болт М4, шт.	4	5	20
Шайба Ш8×4, шт.	4	2	8
Гайка М 4, шт.	4	5	20
Всього			850,5
З врахуванням коефіцієнта транспортування			935,55

4. Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.13)$$

де  $N_i$  – кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$C_i$  – покупна ціна комплектуючих  $i$ -го найменування, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).

Таблиця 5.12 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування		Витрачено, шт.	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Мікросхеми	K1113ПВ1А	1	8000	8000
	K544УД2А	6	300	1800
	K554СА3А	6	250	1500
	LM7815	1	4500	4500
	LM7915	1	4500	4500
	LM7812	1	4500	4500
	LM7912	1	4500	4500
	78L03	1	4000	4000
	KP580ВВ79	1	900	900
	KP1533ИP33	3	300	900
	K555ЛН1	1	50	50
	K1816BE31	1	300	300
	K573PΦ5	1	3300	3300
	K580 ИP33	1	150	150
	K555ЛИ6	1	400	400
	K555ЛИ1	1	20	20
	K555ИД4	1	35	35
	K555ИЕ19	2	45	90
		K564ЛА7	1	55
	K564ИЕ9	1	36	36



	K564TM2	1	120	120
	K170AP2	1	1000	1000
	K170UP2	1	1000	1000
Транзистори	КТ313Б	5	250	1250
	КТ815А	7	300	2100
Діоди	КД522А	6	7	42
	КЦ402Е	16	20	320
	КЦ418Б	4	25	100
	КС191А	1	90	90
	2Д520А	4	3	12
	АЛ307БМ	6	200	1200
Резистори	СПЗ-16в-	12	200	2400
	0.125	50	10	500
	Р1-4-0.25			
Конденсатори	К70-6-63В	1	120	120
	К70-6-35В	2	15	30
	К50-12-25В	10	45	450
	К15-13-25В	5	55	275
	К15-9-20В	2	55	110
	К10У-5-25В	19	160	3040
Розєми	ДВ-9	1	120	120
Запобіжники	ВП-1А	1	300	300
Всього (з врахуванням транспортних витрат)				19218.50

8. До статті «Паливо та енергія на технологічні цілі» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються у процесі виробництва продукції. У даному випадку будемо враховувати лише витрати

на електроенергію. Витрати на енергію визначаються на основі витрат на одиницю продукції та тарифів на енергію за допомогою залежності:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.14)$$

де  $B$  – вартість 1 кВт енергії, грн.  $B = 8,44$  грн./кВт\*год.;

$\Pi$  – установлена потужність обладнання, кВт. При паяні використовується паяльник потужність  $\Pi = 500$  Вт або  $\Pi = 0,5$  кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, год.  $\Phi = 100$  год.;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_{\Pi} = 0,65$ .

$$B_e = 8,44 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot 0,65 = 274,3 (\text{грн}).$$

9. Інші витрати  $B_{in}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати  $B_{in}$  можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{in} = (1..3) \cdot (Z + Z_p). \quad (5.15)$$

$$B_{in} = 1 \cdot (12818 + 654,2) = 13472,35 (\text{грн.})$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 12818 + 654,2 + 1481,96 +$$

$$3289,95 + 483,33 + 935,55 + 19218,50 + 274,3 + 13472,35 = 22559,3 \text{ грн.}$$

Загальна вартість всієї МКНР визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (5.16)$$

$$B_{\text{заг}} = \frac{225596,3}{0,6} = 375993,88 (\text{грн.})$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\beta}, \quad (5.17)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то коефіцієнт  $\beta = 0,2$ .

Звідси:

$$ЗВ = \frac{375993,88}{0,2} = 1879969,02 (\text{грн.}).$$

### 5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства ДП<sub>i</sub>, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.18)$$

де  $\Delta\Pi_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

$\Pi_0$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

$l$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $l = 0,8333$ .

$p$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.  $p = 0,25$ ;

$x$  – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 4000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 20 шт., протягом другого року – на 40 шт., протягом третього року на 60 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 10 шт., а її ціна 250000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta\Pi_1 = [40000 \cdot 10 + (250000) \cdot 20] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 922463,1(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = [40000 \cdot 10 + (250000) \cdot (20 + 40)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 2962397,5(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = [40000 \cdot 10 + (250000) \cdot (20 + 40 + 60)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 5524795(\text{грн.})$$

#### 5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Теперішню вартість інвестицій  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку приймемо рівну загальним витратам  $PV = ЗВ = 1879969,02$  грн.

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{abc}$  згідно наступної формули:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \quad (5.19)$$

де  $ПП$  – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.20)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

$T$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДЦКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

$t$  – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{922463,1}{(1+0,2)^1} + \frac{2962397,5}{(1+0,2)^2} + \frac{5524795}{(1+0,2)^3} = 6038029,85(\text{грн.}).$$

$$E_{abc} = (6038029,85 - 1879969,02) = 4158060,83(\text{грн.}).$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$  то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_g$ . Для цього користуються формулою:

$$E_g = T_{жс} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.20)$$

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_g = \sqrt[3]{1 + \frac{4158060,83}{1879969,02}} - 1 = 0,48 = 48\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.21)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні  $d = (0,14 \dots 0,2)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,1)$ .

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як  $E_g > \tau_{\min}$  то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g} \quad (5.22)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,48} = 2,1 \text{ (роки)}$$

Так як  $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

### 5.5 Висновки до економічного розділу

Було проведено оцінку комерційного потенціалу розробки створення автоматизованої системи контролю і управління процесом заповнення рідиною резервуарів, яка виявилась вище середнього рівня. Було проведено порівняння нової розробки з аналогом та визначено, що вона є якіснішою і конкурентоспроможнішою.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 22559,3 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 187996,02 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2,1 роки при прогнозованому прибутку 6038029,85 грн. за три роки.

## ***ВИСНОВКИ***

В даній магістерській роботі була розроблена автоматизована система контролю рівня рідини і управління заповненням резервуарів.

В результаті виконання дипломного проекту було розглянуто різні методи вимірювання ємностей і обраний найбільш прийнятний. На підставі цих даних була розроблена структурна схема пристрою, в якій були застосовані технічні рішення, що дозволяють знизити вимоги до точності і стабільності використовуваних радіоелектронних компонентів, а також зменшити трудомісткість налагодження пристрою і його експлуатації. На підставі структурної схеми розроблена і розрахована принципова схема пристрою, в якій використана недорога елементна база. Було проведено розрахунок техніко-економічних показників для розробленого пристрою. Порівняльний аналіз техніко-економічних характеристик показав перевагу розробленого приладу в порівнянні з аналогом як по технічним, так і з економічних характеристик. Зокрема знижена споживана потужність, ціна, експлуатаційні витрати. Підвищено точність пристрою, введена можливість передачі інформації на ПК.

Прилад зручний у зверненні, так як надає можливості для його управління і відображає необхідну користувачу інформацію на семисегментних індикаторах. Користувач може отримати інформацію як про рівень рідини, так і про ємності, обчислених програмно. Похибка вимірювання - менше 1%. Крім того, можливе відображення часу роботи системи.

Система складається з шести датчиків, кожен з яких має можливість вимірювання в висоту до 2 м. Наявність інтерфейсу USB дозволяє здійснювати передачу даних про поточний стан системи на зовнішню ПК.



*СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ*

1. Иванова Г.М. и др. Теплотехнические измерения и приборы:
2. Учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. - М.:
3. Измерения в промышленности: Справочник / В. Бастль и др. Под ред.П. Профоса. - М.: Металлургия, 1990.
4. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. - Л.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. - М.: Изд. станд., 1990.
6. Практическое руководство: Комплексный курсовой проект для студентов "Промышленная электроника".Э.М. Виноградов, А.И. Никеевков, 2003.
7. Операционные усилители: Справочник: - М.: ПАТРИОТ, 1996.
8. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / Под ред., С.В. Якубовского. - М.: Радио и связь, 1990.
9. Галкин В.И., Булычев А.Л., Лямин П.М. Полупроводниковые приборы. Диоды. Тиристоры. - Минск: Беларусь, 1994.
10. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник / Н.Н. Акимов, Е.Л. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок. - Мн: Беларусь, 1994.
11. Однокристалльные микроЭВМ. Справочник Боборыкин А.В., Липовецкий Г.П. М.: МИКАП, 1994.
12. Сташин В.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / В.В. Сташин, А.В. Урусов, О.Ф. Мологонцева. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
13. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник / Под ред.В.П. Балашова. - М: Радио и связь, 1987.

14. Галкин В.И., Булычев А.Л., Лямин П.М. Полупроводниковые приборы. Транзисторы. - Минск: Беларусь, 1994.
15. Федорков Б. Г, Телец В.А., Дязтеренко В. Микроэлектронные ЦАП и АЦП. - М.: Радио и связь, 1984.
16. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник / П. П.
17. Мальцев, Н.С. Долидзе, М.И. Критенко и др. - М.: Радио и связь, 1994.
18. Гуртовцев А.Л., Гудыменко С.В. Программы для микропроцессоров: Справочное пособие. - Мн.: Вышэйшая школа, 1989.
19. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник.М. И Богданович. Мн. Беларусь 1991.
20. Янсен И. Курс цифровой электроники: в 4-х т. Т.4. Микрокомпьютеры, Пер. с голланд. - М.: Мир, 1987.
21. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник / И.В. Новаченко, В.М. Петухов, И.П. Блудов, А.В. Юровский. - М.: Радио и связь, 1989.
22. Кожекин Г.Я., Сеница Л.М. Организация производства: Учебное пособие - Мн.; ИП " Энергоперспектива", 1998г. - 334с.
23. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учеб. Пособие для втузов / Л.А. Астреина, В.В. Балдесов, В.К. Беклешов и др.; Под ред.В.К. Беклешова. - М.: Высш. шк., 1991. - 176 с.: ил.
24. Методика выполнения курсовых проектов и работ: Учеб. Пособие для радиотехн. Спец. Вузов / Ю.П. Анискин, И.Е. Андрейчук, Н.А. Рогачев и др.; Под ред. Ю.М. Солдака. - М.: Высш. шк., 1988. - 200 с.: ил.
25. Методические указания по курсовому проектированию по курсу "Организация, планирование и управление предприятием" для студентов специальности 20.05. Разработчик Подгорная Л.П. - Гомель: Ротопринт ГПИ, 1995 - 26с.

26. Методические указания к выполнению организационно- экономического раздела дипломного проекта для студентов специальности 20.05. "Промышленная электроника". Разработчик Соломенко Л.А., Волочко Н.К. - Гомель: Ротопринт ГПИ, 1990 - 31с.
27. Официальный Internet-сайт "Промышленная автоматизация": <http://www.automation.ru/>
28. Официальный Internet-сайт "Электронные компоненты": <http://www.chipinfo.ru/>
29. Официальный Internet-сайт "Промэлектроника": <http://www.promelec.ru/>
30. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергия, 1979. - 408 с., ил.
31. Чекалин Н.А. И др. Охрана труда в электротехнической промышленности: Учебник для электромехан. спец. техникумов / Чекалин Н.А., Полухина Г.Н., Тугуши Г.Г. - М.: Энергия, 1978. - 256 с., ил.
32. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г.В. Бектобеков, Н.Н. Борисова, В.И. Коротков и др.; Под общ. ред.О.Н. Русака - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. - 541 с.: ил.

Додатки