

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Навчально-науковий інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

здобувача вищої освіти Белінський Павло Сергійович  
(П.І.Б.)

академічної групи 152-17-1

(шифр)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(офіційна назва)

на тему Контроль якості мінеральної води

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Глухова Н.В.			
Провідний консультант	ас. Гальченко Ю.М.			
Вимірювальні перетворювачі	ас. Гальченко Ю.М.			
Метрологічне забезпечення	ас. Гальченко Ю.М.			
Економічна частина	ст. викл. Дементьєва Н.В.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент	.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро  
2021

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

кіберфізичних та інформаційно-

вимірювальних систем

(повна назва)

Ткачов В.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню \_\_\_\_\_ бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Белінському Павлу Сергійовичу академічної групи 152-17-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

за освітньо-професійною програмою «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
на тему Аналіз оцінки якості мінеральної води

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12 .04 .2021р. № 201-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання. Опис технологічного процесу і вибір контрольованих параметрів	Опис технологічного процесу вироблення мінеральної води. Опис параметрів мінеральної води, що впливають на її якість. Вибір контрольованих параметрів якості мінеральної води.	05.05.2021 – 10.05.2021
Обґрунтування вибору засобів вимірювальної техніки. Складання вимірювальної схеми	Вибір засобів вимірювальної техніки, що використовується для контролю якості мінеральної води. Складання вимірювальної схеми.	08.05.2021 – 13.05.2021
Вимірювальні перетворювачі	Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для дослідження статичної характеристики вимірювального перетворювача. Розрахунок нев'язок.	13.05.2021 – 20.05.2021
Метрологічне забезпечення	Розробка програми міжлабораторних порівняльних випробувань показників якості мінеральної води. Розробка віртуального приладу у середовищі Labview для опрацювання результатів випробувань.	20.05.2021 – 30.05.2021
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Опис негативних чинників під технологічного процесу виробництва мінеральної води.	30.05.2021 – 06.06.2021
Економічна частина	Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.	30.05.2021 – 06.06.2021

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_

доц. Глухова Н. В.

(прізвище, ініціали)

**Дата видачі** 05.05.2021

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_

Белінський П.С.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69с., 23 рис., 23 табл., 24 джерел.

МІНЕРАЛЬНА ВОДА, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ГАЗУВАННЯ, САТУРАТОР, ДАТЧИК ТИСКУ, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ, ВИПРОБУВАННЯ, ВМІСТ ТЯЖКИХ МЕТАЛІВ, ВМІСТ ЗАЛІЗА, АПРОКСИМАЦІЯ СТАТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ, МІЖЛАБОРАТОРНІ ПОРІВНЯЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ, ФОТОКОЛОРИМЕТР.

Об'єкт розроблення – програма для виконання міжлабораторних порівняльних випробувань..

Мета роботи - удосконалення процесу міжлабораторних порівнювальних випробувань., удосконалення метрологічного забезпечення під час контролю якості мінеральної води.

Сфера застосування розробки – перевірка якості вимірювальних лабораторій.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – оптимізація процесу виконання міжлабораторних порівняльних випробувань, аналіз вмісту заліза в воді, перевірка кваліфікації персоналу лабораторії.

Актуальність роботи обумовлено необхідністю участю випробувальних лабораторій у перевірках кваліфікації персоналу, шляхом участі лабораторій у міжлабораторних порівнювальних випробувань.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Опис технологічного процесу і вибір контрольованих параметрів.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Обробка природної мінеральної води .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.1 Штучна мінералізація води.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.2 Газування води, сатурація.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Параметри мінеральної води, що впливають на її якість.     Органолептичні та фізичні показники .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.1 Органолептичні та фізичні показники .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2 Хімічні показники.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.3 Токсикологічні показники .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.4 Мікробіологічні показники .....</b>	<b>17</b>
<b>2 Вибір контрольованих параметрів мінеральної води та засобів вимірювальної техніки.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Вибір параметрів .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.1 Сульфосаліциловий метод .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.1 Ортофенантроліновий метод.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2 Метод інверсійної вольтамперометрії (ІВА).....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Вибір методу аналізу та засобів вимірювальної техніки .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 Вибір приладу методом аналізу ієрархій.....</b>	<b>25</b>
<b>3 Вимірювальні перетворювачі.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Вибір перетворювача.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.1 Критерії при виборі перетворювача .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.2 Типи перетворювачів тиску.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3 Обраний перетворювач та його характеристики.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Розробка віртуального приладу у середовищі LabView для     дослідження статичної характеристики вимірювального     перетворювача .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1 Апроксимація.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2 Опис інтерфейсу та функціоналу віртуального приладу.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.3 Виконання обробки статичної характеристики за допомогою         розробленого віртуального приладу .....</b>	<b>40</b>
<b>4 Метрологічне забезпечення.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Міжлабораторні порівняльні випробування.....</b>	<b>46</b>

4.2	Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань з аналізу заліза у мінеральній воді.....	47
1.3	Розробка програми для міжлабораторних порівняльних випробувань з аналізу заліза у мінеральній воді.....	49
1.3.1	Опис інтерфейсу та функціоналу програми .....	49
4.3.2	Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань за допомогою розробленої програми.....	52
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	55
5.1	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу.....	55
5.2	Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	55
5.3	Пожарна профілактика на підприємстві .....	58
6.	Економічна частина.....	60
6.1	Розрахунок капітальних інвестицій .....	60
6.2	Експлуатаційних витрати .....	62
6.2.1	Розрахунок амортизаційних відрахувань .....	62
6.2.2	Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	63
6.2.2	Розрахунок єдиного соціального внеску.....	65
6.2.4	Визначення інших витрат .....	65
6.2.5	Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	66
6.2.5	Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт .....	66
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>69</b>

## ВСТУП

Мінеральна вода – вода, що містить мінеральні речовини і здобувається з водних джерел на глибині більше ніж 100 метрів [4], або штучно насичується мінеральними речовинами. Зазвичай мінеральну воду використовують як питну, та іноді для лікувальних процедур, для наповнення лікувальних басейнів, інгаляцій тощо.

Мінеральна вода має як лікувальний, так і шкідливий вплив на організм людини. Це залежить від її хімічного складу. Наприклад деяка мінеральна вода може бути токсичною, або радіаційно небезпечною через свій хімічний склад.

Великий вміст важки металів у воді є шкідливим для людини. Тому необхідно на етапі обробки на виробництві контролювати хімічний склад води. У цьому проекті будуть описані методи контролю заліза на підприємстві з виробництва мінеральної води.

# 1 Опис технологічного процесу і вибір контрольованих параметрів

## 1.1 Обробка природної мінеральної води

Мінеральною водою вважається вода, що була добута з глибини більш ніж 100 метрів [4]. Зі свердловини мінеральна вода надходить до збірника мінеральної води 1, що встановлений в приміщенні над свердловиною 2. Насос 4 перекачує воду у збірник-мірник 5. Вода не повинна містити будь яких забруднень, які можуть зіпсувати її якість та зменшити термін придатності, тому вода проходить фільтрацію на керамічних свічкових фільтрах 6 (для мінеральних вод з мінералізацією понад 8 г/дм<sup>3</sup> необхідно використовувати фільтр-преси). Відфільтрована мінеральна вода охолоджується у теплообміннику 7 до температури 4-10 °С та подається до збірника 8. Потім відбувається газация води у сатураторі 9.

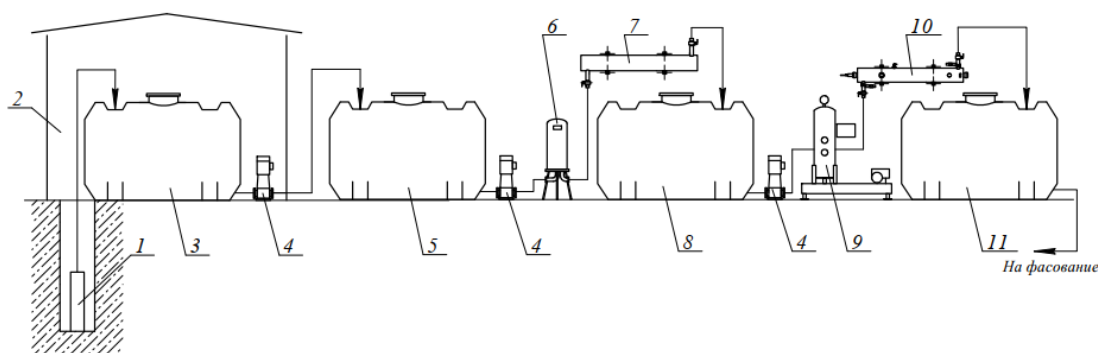


Рисунок 1.1 – Обладнання для обробки мінеральної води перед фасуванням

У сатураторі 9 підтримується тиск 0,2...0,25 МПа, це забезпечує вміст діоксиду вуглецю в лікувальних мінеральних водах 0,15...0,20%, в лікувально-столових – не менше ніж 0,30%, в залізистих – не менше 0,40%. Не менш важливим є позбавлення води від патогенної мікрофлори. Для цього використовують ультрафіолет або обеззараження озоном 10. У повітряні резервуару для зберігання не повинно бути мікроорганізмів, які можуть

забруднювати воду, що зберігається. Зі збірника 11 беззаражена вода подається на фасування.

### **1.1.1 Штучна мінералізація води**

При виготовленні штучно мінералізованих вод застосовують комплекс технологічного обладнання, що зазначений на рисунку 1.2. Воду з водопроводу піддають жорсткій фільтрації в механічному фільтрі 1 (Рисунок 1.2) та тонкій очистці в патронному фільтрі 2. Залежно від жорсткості води відфільтровану воду пом'якшують за допомогою фільтрів із зернистим завантаженням, після чого її направляють на знесолення до установки зворотного осмосу 3. Якщо жорсткість води становить близько 7 мг-екв/л, лужність близько 4 мг-екв/л, рН більше 7, то вихідну воду перед зворотнім осмосом або пом'якшують, або змішують з інгібітором – розчином органічних солей спеціального складу, що запобігає випаданню твердих солей на оберненоосмотичних мембранах установки 3. Знесолена вода подається до збірника оберненоосмотичної води 4, звідки насос 5 викачує її в ємність 4. Вода у цій ємності одночасно насичується розчинами солей необхідної концентрації за допомогою насосів-дозаторів 6. Залежно від необхідного складу солей мінеральної води до вхідної води можуть вноситися від 2 до 10 легуючих іонів.

Далі йде карбонізація. Карбонізація – це етап додавання вуглекислого газу до води. Вона використовується для створення газованих напоїв. Цей етап відбувається за допомогою сатуратора (насичувача) 7. Карбонізацію використовують не тільки для газування, а задля збільшення терміну придатності води.

Не менш важливим є позбавлення води від патогенної мікрофлори. Воду знезаражують в ультрафіолетовому стерилізаторі 8 або використовують беззараження озоном, після чого подають в приймальний резервуар фасувальною машини 9.



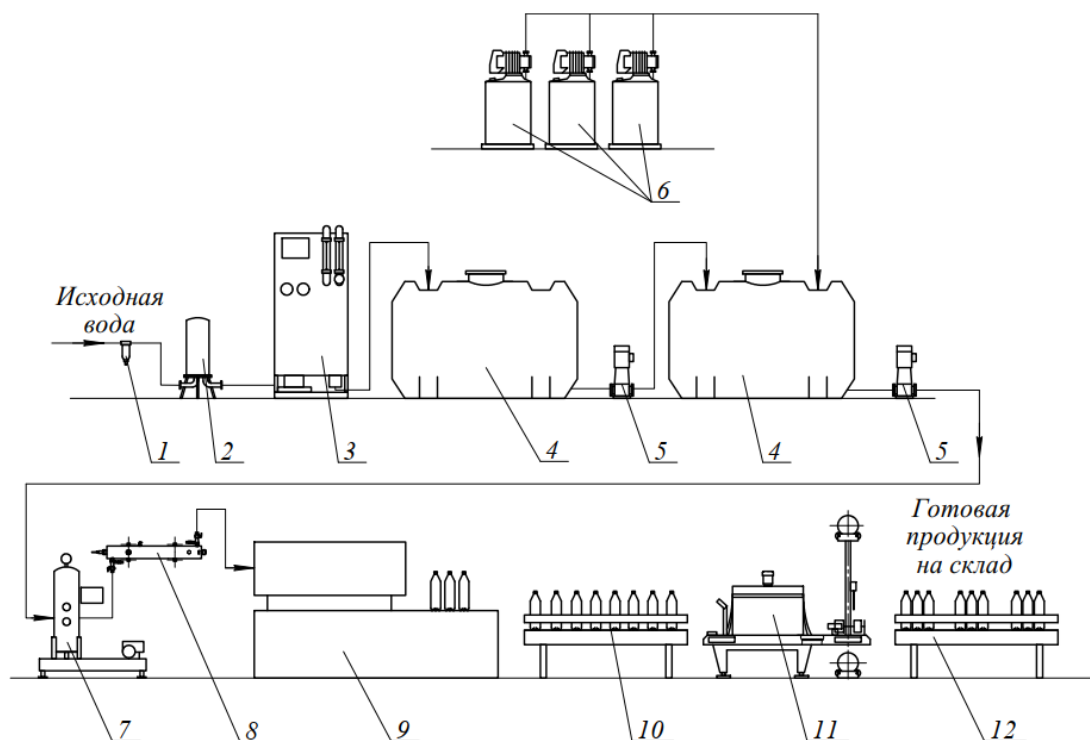


Рисунок 1.2 – Обладнання для виготовлення штучно мінералізованих мінеральних вод

Щоб зберегти якість води та термін її придатності, необхідно використовувати безпечну та надійну тару.

Повітря, яке використовується в повітродувці для перетворення попередніх форм у остаточну ПЕТ-пляшку, не повинно містити забруднень; його фільтрація забезпечує виготовлення пляшки з низьким вмістом біобтяжень. Піддування пляшок здійснюється під час будь-якого процесу за допомогою ПЕТ-пляшок. У воді, яка використовується для промивання ПЕТ-пляшок, не повинно бути забруднень; його фільтрація забезпечує хорошу якість пляшок перед наповненням.

Фільтрація газу також може використовуватися в процесі наповнення газованих напоїв. Для того, щоб наповнення було можливим, наповнювальна чаша повинна знаходитися під тиском, і дуже важливо, щоб використовуваний газ був мікробіологічно стабільним.

Фасується мінеральна вода у чисті скляні і ПЕТ-пляшки за допомогою фасувальних машин. Закупорюють скляні пляшки кронен-пробками, ПЕТ-тару – гвинтовими ковпачками.

Наповнені та закупорені пляшки з нанесеними етикетками надходять по конвеєру 10 до машини 11, де відбувається їх групове пакування в термоусадочну плівку. Після цього упаковані блоки пляшок відправляються на склад готової продукції по конвеєру 12.

### **1.1.2 Газування води, сатурація**

Для насичення води газом на підприємстві використовують сатуратор. Заздалегідь відфільтрована та охолоджена до необхідної температури вода надходить по трубопроводу в колонку деаерації через електромагнітний вентиль. Потім вода потрапляє за решітку, у верхній частині колонки, де вона розповсюджується і стікає в нижню частину. Далі вакуумний насос видаляє частину повітря з води[16][17].

Деаерована вода відправляється в нижню частину колонки, де її рівень підтримується у заданих межах. Коли рівень води підвищується датчик фіксує це і перебиває вентиль, після чого вода перестає поступати в колонку.

Насичення води двоокисом вуглецю проводиться в три стадії: на першому етапі відбувається максимальне насичення  $\text{CO}_2$  на струменевій насадці сатуратора, після цього збагачення вуглекислим газом відбувається в системі півсфер і тарілок, і на заключній стадії вуглекислий газ, що подається через нижню частину сатураційної колони, проходить через всю товщу води насичуючи її в третій раз.

Вода накопичується в колонці насичення і через вентиль подається на розлив. На цьому етапі рівень води також контролюється і підтримується в заданих межах[18].

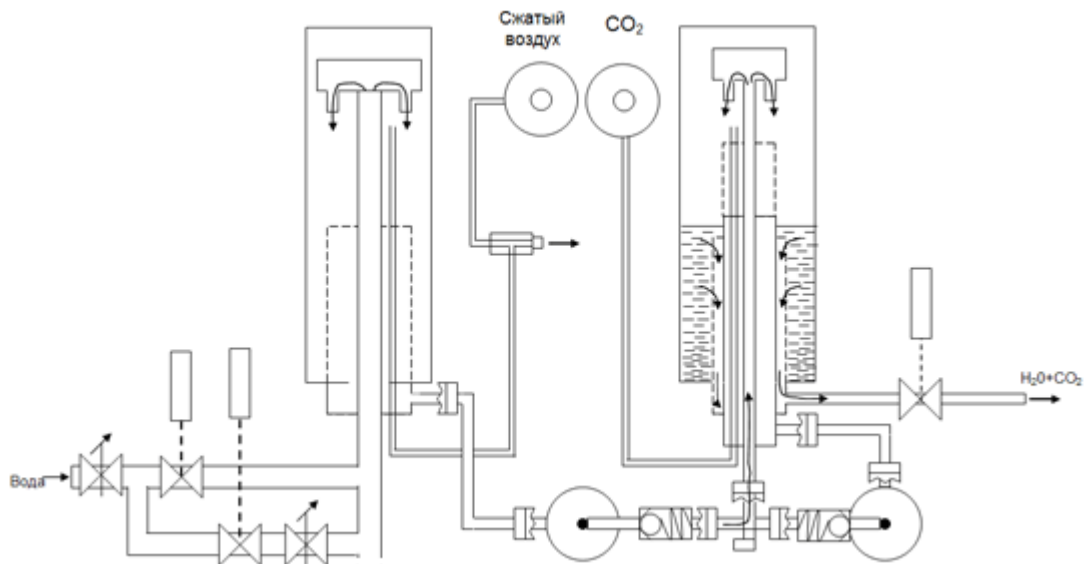


Рисунок 1.3 – Схема сатуратора

## 1.2 Параметри мінеральної води, що впливають на її якість. Органолептичні та фізичні показники

Показники якості мінеральної води, що призначена для продажу та споживання людиною базуються на принципі неперевищення нормативних величин і значень фізичних, хімічних, органолептичних, мікробіологічних, токсикологічних та радіаційних показників для питних вод. Норми цих показників варіюються залежно від джерела водопостачання, вторинного забруднення внаслідок застосування реагентів у процесі підготування води та оцінювання рівня токсичності вододжерела. Ці норми встановлені у стандарті ДСТУ 7525:2014 [2] та у ДСанПіН 2.2.4-171 [23].

### 1.2.1 Органолептичні та фізичні показники

Органолептичні показники сприймаються органами почуттів і оцінюються за інтенсивністю їх прояву. Вони ще мають назву фізико-органолептичні [3].

Запах обумовлений здатністю хімічних речовин, що містяться у воді випаровуватися та викликати роздратування нюхових рецепторів слизових оболонок носа, викликаючи відповідне відчуття.

Запахи розрізняються за характером та інтенсивністю. За характером вони можуть бути природні, специфічні, викликані техногенними причинами і невизначені.

Згідно з інтенсивністю запахи класифікують за п'яти-бальною шкалою:

0 – без запаху

1 – дуже слабкий, не виявляється звичайним споживачем

2 – слабкий, відчутний, якщо звернути увагу

3 – помітний, легко виявляється і викликає негативну реакцію

4 – чіткий, вода непридатна для вживання

5 – дуже сильний, вода непридатна для вживання

Ця шкала була створена в США ще в 1914 році та досі використовується у багатьох країнах світу, зокрема і в Україні.

Запах більш помітний при нагріванні води. Якісна вода не повинна мати запаху. Згідно з вимогами ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171, інтенсивність запаху питної води має бути не більше ніж 2 бали при температурі 20°C і при нагріванні до 60°C.

Смак та присмак також багато кажуть про якість води. Вони зумовлені вмістом хімічних речовин у воді, що викликають роздратування смакових рецепторів поверхні язика.

Смаки за характером поділяються на: солений, гіркий, солодкий та кислий. Решта – присмаки: металевий, лужний, присмак нафтопродуктів, болотний.

Для оцінки води за смаком і присмаком також використовують п'яти-бальну шкалу, як і при оцінці запахів.

Якісно вважається вода, що немає смаку і присмаку. Згідно ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171, інтенсивність цих показників для питної води має бути не більше ніж 2 бали.

Кольоровість води – природна якість води, яка залежить від вмісту гумінових органічних речовин, що поступають до води з ґрунту. Гумінові речовини – речовини з ґрунту, що утворюються в результаті розпаду рослинних і тваринних залишків і продуктів життєдіяльності організмів.

Кольоровість води вимірюють у градусах шляхом порівняння її інтенсивності з фарбуванням стандартних розчинів спеціальних шкал. Згідно ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171, кольоровість води не повинна перевищувати 20 градусів.

Також якісна вода повинна бути прозорою. Для оцінки прозорості води існує метод Снеллена. Воду наливають у прозорий скляний циліндр з плоским дном, на відстані 4 см нижче нього розміщують стандартний шрифт з висотою букв 4 мм і товщиною 0,5 мм. Прозорою за цим методом вважається вода, через яку видно шрифт на висоті не менше 30 см.

Каламутність води визначають в мг/л шляхом порівняння її оптичної щільності з щільністю стандартних розчинів каоліну. Для цього існує спеціальна імітуюча каолінова шкала – набір суспензій білої глини (каоліну) в дистильованій воді.

Згідно вимогам ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171, каламутність питної води не має перевищувати 1,5 мг/л, але за згодою з органами санітарно-епідеміологічної служби (у паводковий період) допускається каламутність до 2,0 мг/л. ДСанПіН встановлений норматив каламутності 0,5 мг/л, проте з урахуванням конкретних ситуацій допускається каламутність до 1,5 мг/л.

### **1.2.2 Хімічні показники**

Також якість води визначається вмістом деяких речовин, що впливають на органолептичні показники води. Хімічні речовини, що впливають на органолептичні показники води – речовини, що зустрічаються в природних водах або додаються при обробці води, їх ще називають хіміко-органолептичними показниками.

Згідно ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171, до цих речовин відносять водневий показник (рН), концентрацію заліза, загальну жорсткість, вміст сульфатів, вміст мінеральних залишків, хлоридів, марганцю, міді. Також ДСТУ передбачені залишкові поліфосфати і цинк, а у ДСанПіН додані хлорфеноли.

Таблиця 1.1 – Нормативи хіміко-органолептичних показників у питній воді

Показники	Нормативи	
	ДСТУ 7525:2014	ДСанПіН 2.2.4-171
Водневий показник, рН	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5
Залізо (Fe), мг/л	0,3 (1,0)	0,3
Загальна жорсткість, мг-екв/л	7,0 (10,0)	7,0 (10,0)
Сульфати, мг/л	500	250 (500)
Сухий залишок, мг/л	1000 (1500)	1000 (1500)
Поліфосфати, мг/л	3,5	-
Хлориди, мг/л	350	250 (350)
Мідь (Cu), мг/л	1,0	1,0
Марганець (Mn), мг/л	0,1	0,1
Цинк (Zn), мг/л	5,0	-
Хлорфеноли, мг/л	-	0,0003

Водневий показник – показник, що відображує природну якість води, обумовлений наявністю вільних іонів водню. Вода поверхневих водних джерел має приблизно 6,5-8,5 рН, а підземних – 6,0-9,0 рН. Зміна цього показника свідчить про забруднення джерела води кислими або лужними стічними водами.

Залізо (Fe) – концентрація цього показника в природній воді коливається в межах від 0,01 до 26,0 мг/л. При великому змісті заліза в питній воді (більше 1 мг/л), вода набуває терпкий присмак.

Загальна жорсткість – природна властивість води, обумовлена вмістом розчинених у ній солей лужноземельних металів, таких як кальцій та магній, а також сульфатів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо. Розрізняють постійну жорсткість і жорсткість, що може бути усунена:

– Загальна жорсткість – жорсткість, що залишається після тривалого кип'ятіння води (приблизно 1 година). Вона обумовлена вмістом Хлоридів і сульфатів  $Ca_{2+}$  та  $Mg_{2+}$ , що не випали в осад.

– Жорсткість, що може бути усунена зумовлена наявністю  $Ca_{2+}$  та  $Mg_{2+}$ , які під час кип'ятіння води перетворюються в нерозчинні карбонати і випадають в осад, утворюючи накип.

Вода набуває гіркий смак при великому вмісту солей жорсткості (більше за 7 мг-екв/л). Оптимальною є вода з середньою жорсткістю – від 3,5 до 7,0 мг-екв/л. Згідно вимогам ДСанПіН, фізіологічно повноцінною по мінеральному складу є вода із загальною жорсткістю від 1,5 до 7,0 мг-екв/л.

Вміст сульфатів і хлоридів в природній воді впливає на органолептичні властивості питної води, сульфати надають їй гіркий присмак, а хлориди – солений. Їх вміст в воді може бути обумовлений природними та антропогенними чинниками. Вони поширені в природній воді у вигляді солей магнію, натрію, кальцію, калію та інших металів.

Сухий залишок (загальна мінералізація) – кількість мінеральних солей та інших розчинених речовин в 1 л води. Оптимальною вважається вода із загальною мінералізацією 300-500 мг/л. Згідно ДСанПіН, фізіологічно повноцінною визнана питна вода з вмістом сухого залишку від 100 до 1000 мг/л.

Мідь (Cu) – вміст міді у воді знаходиться в межах від 0,01 до 0,5 мг/л. Вода набуває неприємного терпкий присмак у разі перевищення вмісту міді у

воді 5,0 мг/л. Згідно з опублікованими даними, у разі вмісту міді у воді вище 1,0 мг/л відзначається фарбування білизни під час прання і корозія алюмінієвого посуду. Мідь малотоксична. У концентраціях, що не погіршують органолептичні властивості води, негативний вплив міді на організм людини не встановлено. Зміст міді в питній воді не повинен перевищувати 1,0 мг/л.

Марганець (Mn) - вміст марганцю в природних водах коливається до декількох мг в 1 л. У концентраціях, що перевищують 0,15 мг/л, марганець викликає фарбування води в рожевий колір і надає їй неприємний смак. Утворюється накип на посуді. Під час прання такою водою забарвлюється білизна. Вміст марганцю в питній воді не повинен перевищувати 0,1 мг/л.

Цинк (Zn) - при вживанні питної води з концентрацією сполук цинку вище 5,0 мг/л відчувається неприємний терпкий присмак. З'єднання цинку в воді малотоксичні і при утриманні, не погіршує органолептичні властивості. Вміст цинку в питній воді не повинен перевищувати 5,0 мг/л.

### **1.2.3 Токсикологічні показники**

Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу – показники, що характеризують відсутність у воді шкідливих хімічних речовини у великих концентраціях, котрі можуть зашкодити здоров'ю людини. Ці речовини поділяються на:

- природного походження;
- реагенти, що додаються в воду при виробництві;
- речовини, що поступають в воду в наслідку забруднення.

Вміст цих речовин не повинен перевищувати норми, щоб не зашкодити здоров'ю людини. Ці норми регламентуються в ДСТУ 7525:2014 і ДСанПіН 2.2.4-171:

Таблиця 1.2 – Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води



Показники	Нормативи (не більше)	
	ДСТУ	ДСанПіН
Алюміній (Al)	0,5	0,2 (0,5)
Барій (Ba)	-	0,1
Берилій (Be)	0,0002	-
Молібден (Mo)	0,25	-
Миш'як (As)	0,05	0,01
Поліакріломід залишковий	2,0	-
Селен (Se)	0,001	0,01
Свинець (Pb)	0,03	0,01
Стронцій (Sr)	7,0	-
Нікель (Ni)	-	0,1
Нітрати	45,0	45,0
Фтор (F) для кліматичних поясів:		
I-II	1,5	1,5
III	1,2	
IV	0,7	
Organic components		
Тригалометани (ТГМ, сума)	-	0,1
Хлороформ	-	0,06
Дибромхлорметан	-	0,01
Чотирихлористий вуглець	-	0,002
Пестициди (сума)	-	0,0001
Integral indicators		
Перманганатна окислюваність	-	4,0
Загальний органічний вуглець	-	3,0

Крім ДСанПіН в Україні діє ДР-97 «Допустимі Рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування і питній воді», згідно з яким вміст радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  (цезію) і  $^{90}\text{Sr}$  (стронцію) у питній воді не повинні перевищувати 2 Бк/л.

#### 1.2.4 Мікробіологічні показники

Згідно ДСТУ 2874-82, в Україні безпека води в епідемічному відношенні визначають загальним числом мікроорганізмів і числом бактерій групи кишкових паличок. Але ці показники не є прямими.

Загальне мікробне число – кількість колоній, що виростили при посіві 1 мл води на 1,5% поживного середовища за 24 години при температурі 37 °С. Цей показник для чистих артезіанських вод не має перевищувати 20-30 колонієутворюючих одиниць.

Індекс бактеріальної групи кишкової палички – кількість бактерій групи кишкової палички в 1 л води.

В ДСанПіН зазначено, що мікробіологічно безпечною є вода, яка має високий процент вірогідності відсутності в ній небезпечних для здоров'я людини бактерій, вірусів та інших біологічних домішок.

Для нормування якості води в децентралізованих джерелах використовують «Санітарні правила по влаштуванню і утриманню колодязів і каптажів джерел, використовуваних для децентралізованого господарсько-питного водопостачання», затвердженому у 1975 році №1226-75. Відповідно до зазначеного документа, за своїм складом і властивостями вода в колодязях і каптажах повинна бути: прозорою (не менше 30 см по шрифту), безбарвною (не більше 30 градусів кольоровості), без присмаку і запаху (не більше 2-3 балів при температурі 20 ° с), містити нітратів не більше 10 мг/л і кишкових паличок в 1 л не більше 10 (колі-титр не менше 100). Показниками надходження в воду забруднень може бути збільшення вмісту в порівнянні з результатами попередніх досліджень для одного і того ж сезону хлоридів, аміаку, нітритів і окислюваність.

## **2 Вибір контрольованих параметрів мінеральної води та засобів вимірювальної техніки**

### **2.1 Вибір параметрів**

Для контролю було обрано вміст важких металів у воді. Серед них виділимо залізо. Залізо є одним з найрозповсюджених елементів земної кори і постійним компонентом природних вод. За даними ДСанПін гранично допустима концентрація заліза у воді складає 0,3 мг/дм<sup>3</sup>.

Основними методами для виявлення заліза у воді є фотометричні методи (сульфосаліциловий, ортофенантроліновий тощо) та метод інверсійної вольтамперометрії (ІВА) [6].

#### **2.1.1 Сульфосаліциловий метод**

Сульфосаліциловий метод виявлення концентрації заліза у воді заснований на реакції сульфосаліцилової кислоти або її натрієвої солі з солями заліза. При цій реакції відбувається фарбування сполуки, при цьому в слабкокислому середовищі сульфосаліцилова кислота реагує тільки з солями заліза (III) і має червоне забарвлення, у слаболужній середі – з солями заліза (II) та заліза (III) і має жовтий колір.

Оптичну щільність утвореної сполуки для заліза загального вимірюють при довжині хвилі  $\lambda = 425$  нм, для заліза (III) – при довжині хвилі  $\lambda = 500$  нм.

За отриманими результатами встановлюють градуіровочну залежність оптичної щільності від маси концентрації заліза.

Проби води відбирають у скляну або щільну посуду. Об'єм проби має бути не менш ніж 100 см<sup>3</sup>.

### 2.1.1 Ортофенантроліновий метод

Метод заснований на реакції ортофенантроліна з іонами заліза (II) в області рН 3-9 з утворенням комплексної сполуки, пофарбованого в оранжево-червоний колір. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації заліза. Відновлення заліза до двовалентного проводиться в кислому середовищі гідроксиламіном. Забарвлення розвивається швидко при рН 3,0-3,5 в присутності надлишку фенантроліна і стійка протягом декількох днів. Діапазон вимірювання масової концентрації загального заліза без розведення проби 0,05-2,0 мг/дм. У цьому інтервалі сумарна похибка вимірювання з імовірністю 0,95 знаходиться в межах 0,01-0,02 мг/дм.

### 2.1.2 Метод інверсійної вольтамперметрії (ІВА)

Вольтамперометрія – електрохімічний метод якісного та кількісного аналізу, що базується на реєстрації вольт-амперних кривих (вольтамперограм). Вольт-амперні криві утворюються у залежності між силою струму  $I$  у колі електролізера і напругою поляризації  $E$  при електролізі розчину або розплаву досліджуваної речовини [9]. У розчин занурюють індикаторний мікроелектрод, на якому досліджувана електрохімічно активна (електроактивна) речовина — депольаризатор відновлюється чи окиснюється, і неполяризований допоміжний електрод, потенціал якого залишається практично незмінним при електролізі. Зміна потенціалу мікроелектрода під дією прикладеної напруги спричиняє виникнення струму у колі. Потенціал  $\varphi$  мікроелектрода відносно допоміжного електрода менший за  $E$  на величину омичного спаду напруги у розчині  $IR$ , де  $R$  — електричний опір розчину. З метою зменшення  $R$  до розчину додають надлишок індиферентного електроліту (фонового), іони якого не відновлюються і не окиснюються в умовах електролізу. Фоновий електроліт також дозволяє усунути міграційний струм, який виникає за рахунок міграції частинок депольаризатора під дією

електричного поля. Аналітичний сигнал отримується під час нагромадження речовини на поверхні робочого електрода.

Інверсійна вольтамперометрія – метод, у якому аналітичний сигнал отримують під час процесу розчинення речовини з поверхні робочого електрода. Цей процес є оберненим (інверсійним) до процесу нагромадження.

Суть методу інверсійної вольтамперометрії полягає у попередньому накопиченні аналізованої речовини електролізом з дуже розведеного розчину на електроді при постійному значенні потенціалу і наступним електрохімічним його розчиненням при потенціалі, який лінійно знижується. Розчин під час електролізу перемішується.

Після закінчення певного часу перемішування припиняється і розчин заспокоюється. За цей період потік речовини до електрода зменшується, а тому величина електричного струму швидко падає до величини стаціонарного дифузійного струму.

Після стадії заспокоєння проводиться розчинення виділеної речовини і запис аналітичного сигналу – вольтамперометричної кривої.

Процес розчинення речовини з робочого електрода в інверсійній вольтамперометрії відбувається внаслідок зміни потенціалу робочого електрода (розгортки потенціалу в часі з постійною швидкістю). Відповідно з цим зростає реєстрований потенціометром ток розчинення. Вихідна крива має вигляд кривої з максимумом, що відповідає закінченню розчинення концентрату і виходу фронту розчинення на поверхню індиферентного електрода (Рисунок 2.1). Положення і висота максимумів струму на вольтамперограмі характеризують як природу, так і загальну кількість (концентрацію) досліджуваної речовини. У присутності кількох визначених речовин в спеціально підібраних умовах на кривій можна отримати кілька максимумів струму, що відповідають кожній речовині.

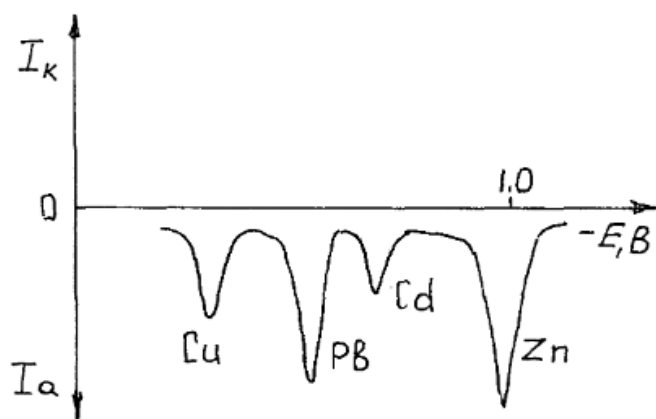


Рисунок 2.1 – Інверсійна вольтамперометрія розчину, що містить цинк, кадмій, свинець і мідь.

Залежно від природи процесів нагромадження та розчинення метод інверсійної вольтамперометрії поділяється на чотири групи: анодна ІВ; катодна ІВ; адсорбційна ІВ; ІВ з використанням модифікованих електродів.

Основними недоліками методу інверсійної вольтамперометрії, які можуть обмежувати виявлення іонів важких металів є:

- необхідність підібрати оптимальний склад розчину для аналізованого металу;
- відносно мала швидкість розгортки потенціалу;
- необхідність видалення кисню з розчину, що досліджується;
- тривалий час концентрування речовини (понад 10 хвилин);
- використання порівняно вузьких діапазонів потенціалів під час аналізу.

Оскільки у вміст води входять органічні речовини, вони можуть сильно впливати на вольтамперометричне визначення, тому необхідна попередня обробка ультрафіолетовим розщепленням та перекисом водню. Це травлення забезпечує елімінацію усіх органічних речовин без введення порожніх значень.

## 2.2 Вибір методу аналізу та засобів вимірювальної техніки

Для аналізу було обрано ортофенантроліновий метод, бо він є найпопулярнішим та найефективнішим.

Для ортофенантролінового методу та інших фотометричних методів виявлення використовується фотоколориметр. Фотоколориметр – оптичний пристрій для вимірювання концентрації речовин у розчинах. Принцип дії колориметра засновано на властивості забарвлених розчинів поглинати світло, що проходить через них тим сильніше, чим вище концентрація речовини, що фарбує розчин.

Для проведення аналізу було розглянуто три фотоколориметра:

- Цифровий фотоелектроколориметр AP-120
- Цифровий фотоелектроколориметр AP-1000M
- Фотоколориметр КФК-3

Цифровий фотоелектроколориметр AP-120

Таблиця 2.1 – Характеристики приладу AP-120

Метрологічні характеристики	
Діапазон вимірювань	420-600 нм
Діапазони фотометричних режимів	Коефіцієнт світлопропускання (Т) 0-105% Абсорбція (А) 0-1,999 Концентрація (С) 0-1999 (0,01-1999 F)
Енергоспоживання	2 Вт
Точність фотометру	±2,5%
Габарити	117x185x77 мм
Робоча температура	Від 0 до +40°C
Температура зберігання та транспортування	Від 0 до +55°C
Вологість	До 80%

Цифровий фотоелектроколориметр AP-1000

Таблиця 2.2 – Характеристики приладу AP-1000

Метрологічні характеристики	
Діапазон вимірювань	420-800 нм
Діапазони фотометричних режимів	Коефіцієнт світлопропускання (Т) 0-110% Абсорбція (А) 0-1,999 Концентрація (С) 0-1999 (0,01-1999 F)
Енергоспоживання	2 Вт
Точність фотометру	±2%
Робоча температура	Від 10 до +40°C
Габарити	118 x 180 x 60 мм
Температура зберігання та транспортування	Від 0 до +55°C
Вологість	До 80%

### Фотоколориметр КФК-3

Таблиця 2.3 – Характеристики приладу КФК-3

Метрологічні характеристики	
Діапазон вимірювань	315-990 нм
Діапазони фотометричних режимів	Коефіцієнт світлопропускання (Т): 0-100% Оптична щільність (D): 0-3
Енергоспоживання	2 Вт
Похибка	Коефіцієнт світлопропускання (Т): не більше 0,5% Встановлення довжини хвилі: не більше 3 нм
Габарити	500x360x165 мм
Робоча температура	Від 0 до +40°C
Температура зберігання та транспортування	Від 0 до +55°C
Вологість	До 80%



## 2.2.1 Вибір приладу методом аналізу ієрархій

Метод Аналізу Ієрархій (МАІ) – математичний інструмент що використовує системний підхід для складних проблем прийняття рішень. Основною особливістю цього методу є знаходження не найкращого варіанту рішення у цілому, а найкращий варіант рішення для поставленої задачі. МАІ допомагає структурувати складну задачу прийняття рішень у вигляді ієрархії, оцінити і порівняти головні критерії поставленої задачі. Вибір пріоритетних критеріїв для порівняння здійснюється за допомогою парних порівнянь.

Для обраного методу виявлення заліза в мінеральній воді необхідно знайти найкращий за метрологічними характеристиками прилад, тобто найточніший з великим діапазоном вимірювання, також важливим критерієм є ціна приладу.

Для поставленої задачі було обрано 4 критерії порівняння приладів: точність, діапазон вимірювання, ціна та габарити. Вони відображені на схемі ієрархії (Рисунок 2.2).

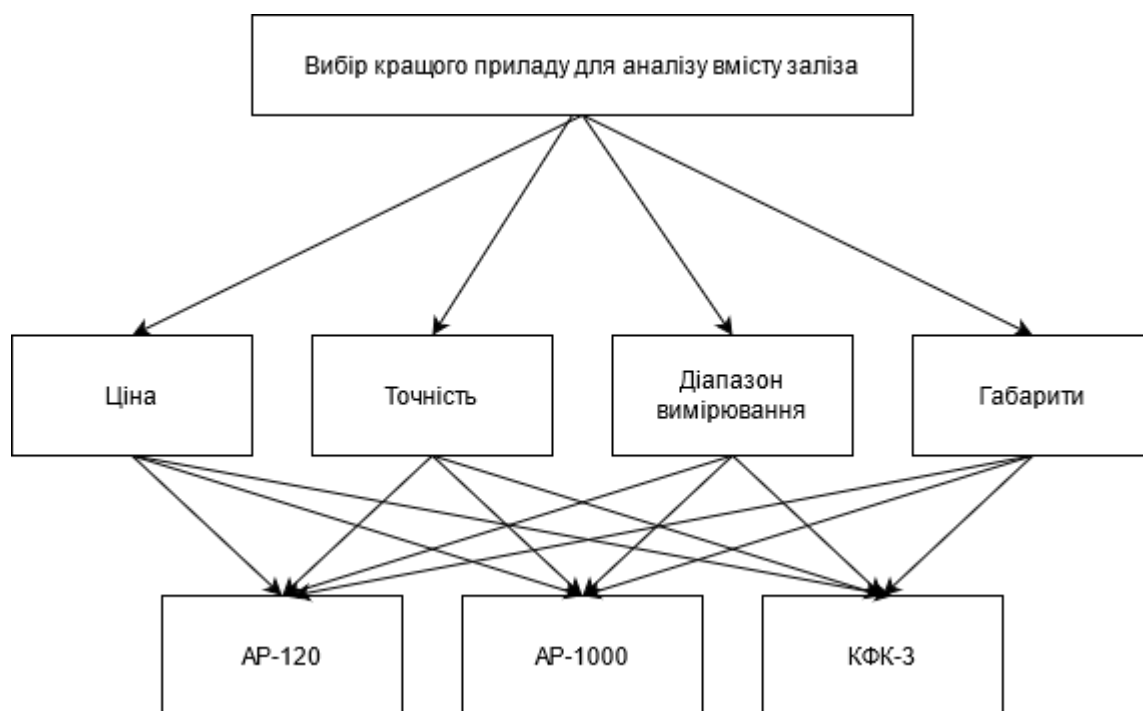


Рисунок 2.2 – Схема ієрархії

Порівняння критеріїв відбувається за певними оцінками:

- рівно = 1
- трохи краще (гірше) = 3 (1/3)
- краще (гірше) = 5 (1/5)
- значно краще (гірше) = 7 (1/7)
- принципово краще (гірше) = 9 (1/9)

Найпріоритетнішими критеріями для нашої задачі є точність і діапазон вимірювання приладу, після них ціна, і на останньому місці за пріоритетом є габарити приладу (Таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Оцінка пріоритетності критеріїв

Пріоритетність	ціна	діапазон	точність	габарити
ціна	1	1/5	1/5	3
діапазон	5	1	1	5
точність	5	1	1	5
габарити	1/3	1/5	1/5	1

Після оцінки пріоритетності критеріїв необхідно порівняти альтернативи за кожним з критеріїв (Таблиця 2.5 – Таблиця 2.8).

Таблиця 2.5 – Порівняння альтернатив за ціною

Ціна	AP-120	AP-1000	КФК-3
AP-120	1	5	1/5
AP-1000	1/5	1	1/9
КФК-3	5	9	1

Таблиця 2.6 – Порівняння альтернатив за діапазоном вимірювання

Діапазон	AP-120	AP-1000	КФК-3
AP-120	1	1/3	1/3
AP-1000	3	1	1/2
КФК-3	3	2	1

Таблиця 2.7 – Порівняння альтернатив за точністю вимірювання

Точність	AP-120	AP-1000	КФК-3
AP-120	1	1/3	3
AP-1000	3	1	5
КФК-3	1/3	1/5	1

Таблиця 2.8 – Порівняння альтернатив за габаритами приладу

Габарити	AP-120	AP-1000	КФК-3
AP-120	1	1/3	7
AP-1000	3	1	9
КФК-3	1/7	1/9	1

Далі необхідно знайти суму елементів кожної колонки та поділити усі елементи матриці на суму відповідної колонки та знайти середнє значення усіх строк (Таблиця 2.9 – Таблиця 2.12).

За критерієм ціни КФК-3 значно перевищує AP-120 та AP-1000 (таблиця 2.2.9).

Таблиця 2.9 – Оброблена таблиця порівняння ціни

Ціна	AP-120	AP-1000	КФК-3	Середнє значення
AP-120	0,16	0,33	0,15	0,22
AP-1000	0,03	0,07	0,08	0,061223
КФК-3	0,81	0,60	0,76	0,723054

За критерієм діапазону вимірювання КФК-3 перевищує AP-120 та AP-1000 (таблиця 2.10).

Таблиця 2.10 – Оброблена таблиця порівняння діапазону

Діапазон	AP-120	AP-1000	КФК-3	Середнє значення
AP-120	0,14	0,10	0,18	0,141558
AP-1000	0,43	0,30	0,27	0,333766
КФК-3	0,43	0,60	0,55	0,524675

За критерієм точності вимірювання AP-1000 перевищує AP-120 та КФК-3 (таблиця 2.11).

Таблиця 2.11 – Оброблена таблиця порівняння точності

Точність	AP-120	AP-1000	КФК-3	Середнє значення
AP-120	0,23	0,22	0,33	0,26
AP-1000	0,69	0,65	0,56	0,633346
КФК-3	0,08	0,13	0,11	0,106156

За критерієм габаритів AP-1000 перевищує AP-120 та КФК-3 (таблиця 2.12).

Таблиця 2.12 – Оброблена таблиця порівняння габаритів

Габарити	AP-120	AP-1000	КФК-3	Середнє значення
AP-120	0,24	0,23	0,41	0,294638
AP-1000	0,72	0,69	0,53	0,648619
КФК-3	0,03	0,08	0,06	0,056743

Сформуємо матриці вектору ваг критеріїв та ваг альтернатив за критеріями (Таблиця 2.13 - Таблиця 2.14).

Таблиця 2.13 – Вектор ваг критеріїв

Критерій	Вага в долях
Ціна	0,12
Діапазон	0,41
Точність	0,41
Габарити	0,07

Таблиця 2.14 – Ваги альтернатив за критеріями

Прилад	Ціна	Діапазон	Точність	Габарити
AP-120	0,22	0,14	0,26	0,29
AP-1000	0,06	0,33	0,63	0,65
КФК-3	0,72	0,52	0,11	0,06

Перемножимо матриці (1) за правилом множення матриць і отримаємо ваги альтернатив з точки зору досягнення цілі.

$$\begin{pmatrix} 0,22 & 0,14 & 0,26 & 0,29 \\ 0,06 & 0,33 & 0,63 & 0,65 \\ 0,72 & 0,52 & 0,11 & 0,06 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,12 \\ 0,41 \\ 0,41 \\ 0,07 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,21 \\ 0,45 \\ 0,35 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Сформуємо таблицю за отриманими даними (Таблиця 2.2.15).

Таблиця 2.15 – Ваги альтернатив з точки зору досягнення цілі

Прилад	Вага в долях	Вага в процентах
AP-120	0,21	20,90%
AP-1000	0,45	44,51%
КФК-3	0,35	34,59%

Таким чином, фотоколориметр AP-1000 є найкращим вибором для поставленої задачі.

## **3 Вимірювальні перетворювачі**

### **3.1 Вибір перетворювача**

Необхідно обрати перетворювач для вимірювання тиску балонів в сатураторі. При виборі датчику тиску необхідно звертати увагу на такі критерії:

- діапазон вимірювання перетворювача та тип вихідного сигналу;
- точність вимірювання та термін експлуатації;
- допустимі межі робочого середовища, температури та вологості, а також наявності зовнішніх впливів (вібрації, електромагнітних полів);
- місце установки датчику, тип з'єднання.

#### **3.1.1 Критерії при виборі перетворювача**

Діапазон вимірювання в датчику тиску являє собою фіксований діапазон тиску, що вимірюється та перетворюється в вихідний сигнал за лінійним законом. Визначається верхньою та нижньою межею шкали, наприклад: 0-30 mbar, 0-5 bar, 0-10 бар тощо. Найпоширенішим типом вихідного сигналу є уніфікований струмовий сигнал 4-20mA (сигнал 4mA відповідає нижній межі діапазону вимірювання датчика, сигнал 20mA - верхній межі діапазону вимірювання датчика), але в промисловості також існує потреба у перетворювачах з іншими видами сигналу (0-5В, 1-5В, 1-6В, 0-10В або 0-20mA). Вихідний сигнал фіксовано прив'язан до меж вимірювання перетворювача, наприклад 0-10 В до 0-200 бар.

Точність вимірювання та термін експлуатації перетворювача зазвичай вказана у технічному паспорті або технічній документації. Основними критеріями точності датчику тиску є похибка вимірювань і чутливість (час відгуку). Точність вимірювання має відповідати вимогам технологічного

процесу. Як правило, більш точні, надійні та швидкі датчики коштують дорожче.

Перетворювач має бути надійним та стійким від хімічних та фізичних впливів. Датчик може бути конструктивно оснащений демпфером гідродару, що допомагає у захисті від гідравлічних ударів.

Температура вимірюваного середовища має знаходитися в допустимих межах температурного діапазону перетворювача, що зазначені у технічній документації.

Температура, вологість, наявність агресивних середовищ повинні знаходитися в межах допустимих значень, встановлених виробником. Агресивні середовища передбачають використання датчика, стійкого до хімічних впливів. Підвищена вологість, перепади температури та конденсацію часто стають причиною корозії електронних компонентів датчика відносного тиску і виходу його з ладу. Сенсори датчиків відносного тиску знаходяться в контакті з зовнішньою атмосферою. Вологе повітря, потрапляючи на вимірювальний елемент датчика утворює конденсат при зниженні температури нижче точки роси. Там, де звичайні датчики відносного тиску схильні до корозії, застосовують датчики з сенсором, захищеним спеціальною мембраною або спеціально нанесеним захисним компаундом.

Прийнятим типом з'єднання датчика тиску з трубопроводом або технологічною установкою вважають різьбове з'єднання. Проте, перетворювачі тиску можуть мати найрізноманітніші варіанти підключення, що забезпечують зручність монтажу в існуючі технологічні системи та відповідають специфічним промисловим або технологічним галузевим вимогам.

### **3.1.2 Типи перетворювачів тиску**

Перетворювачі тиску за методом роботи поділяються на пружні та електричні.

### **Пружні датчики**

Цей тип датчиків використовується для вимірювання тиску рідини і є дуже чутливими, але мають дуже крихку конструкцію та схильні до вібрації. Вони мають пружну структуру, де рідина знаходиться у невеликому відсіку з щонайменше з однією пружною стінкою. Принцип дії датчику засновано на відхиленні цієї еластичної стінки, завдяки якому через трансдуційовані електричні сигнали визначаються показники тиску. Поділяються на датчики з трубками Бурдона, сильфони, датчики з мембраною (діафрагмою) та відрізняються чутливим елементом.

### **Електричні датчики**

Електричні датчики приймають дані отримані від датчику механічного впливу і включають в себе електричний компонент, таким чином, посилюючи чутливість і збільшуючи сфери застосування датчиків. Основною особливістю цього типу перетворювачів є перетворення тиску в електричний або пневматичний сигнал, що розширює можливості для автоматизації. Поділяються на датчики: ємнісні, індуктивні, магніторезистивні (датчик Хола), п'єзоелектричні, тензодатчики, з віброелементами і потенціометричні.

### **Ємнісні датчики**

Складаються з конденсаторів, що з'єднані діафрагмою, яка зазвичай металева і піддається тиску сил які приймають участь в процесі з однієї сторони та опорним тиском на іншій стороні. Електроди прикріплені до мембрани і отримують живлення від генератора високої частоти. Електроди відчувають будь-яке переміщення діафрагми і це впливає на зміну ємності пластин-конденсаторів. Зміна ємності виявляється приєднаним електричним колом, яке виводить напругу відповідно до зміни тиску. Даний тип датчика може працювати в діапазоні від 2,5 Па - 70 МПа з чутливістю 0,07 МПа.

### **Індуктивні датчики**



Індуктивні датчики тиску зазвичай використовуються в поєднанні з діафрагмою або трубкою Бурдона. Феромагнітний сердечник прикріплений до пружного елемента і має первинну і дві вторинні обмотки. Струм подається на первинну обмотку. Коли сердечник по центру тоді таж напруга буде індукувати до двох вторинних обмоток. Коли сердечник переміщується під впливом тиску, відношення напруги між двома вторинними обмотками змінюється. Різниця напруг пропорційна зміні тиску.

Такі датчики можуть поєднуватись і з іншими пружними елементами. Знаходження тиску буде визначатися калібруванням напруги. Діапазон тиску, в якому може бути використаний цей перетворювач визначається відносно пружного елемента, але лежить в діапазоні від 250 Па до 70 МПа.

### **Магніторезистивні датчики**

Принцип роботи цих датчиків засновано на магніторезистивності, також мають феромагнітний сердечник. Гнучкий елемент переміщує феромагнітну пластину при зміні тиску, що призводить до зміни магнітного потоку електричного кола. Діапазон тиску складає від 250 Па до 70 МПа з чутливістю 0,35 МПа.

### **П'єзоелектричні датчики**

Ці датчики використовують кремнієвий кристал як чутливий елемент. При деформації кристалу створюється невеликий електричний заряд. Зміна цього заряду пропорційна зміні тиску. Цей перетворювач є дуже чутливим та має дуже швидкий час відгуку на постійні зміни тиску. Діапазон тиску складає від 0,021 – 100 МПа з чутливістю 0,1 МПа.

### **Потенціометричні датчики**

Потенціометричні датчики мають важіль, механічно прикріплений до пружного датчику тиску. Принцип роботи заснований на деформації пружного елемента при зміні тиску, через це важіль рухається вперед та назад за потенціометром, таким чином знімаються показання опору. Мають низьку чутливість: 0,07 – 0,35 МПа. Діапазон тиску: 0,035 – 70 МПа.

### **Тензодатчики**

Тензодатчики виявляють зміну тиску шляхом вимірювання зміни опору мостової схеми Уитсона. Діапазон тиску 0 – 1400 МПа з чутливістю 1,4 – 3,5 МПа.

### **Датчики з віброелементами**

Вібраційні датчики тиску функціонують за допомогою вимірювання зміни резонансної частоти віброуючих елементів. Струм проходить через дроти, індукуючи електрорушійну силу в провіді. Потім зусилля збільшується, що викликає коливання дроту. Тиск впливає на цей механізм, за допомогою впливу на сам провід: підвищення тиску зменшує напругу в дроті і, таким чином знижує кутову частоту коливань дроту. При вимірюванні абсолютного тиску, датчик розміщений в циліндрі під вакуумом. Ці датчики вимірювання абсолютного тиску є дуже ефективними: вони виробляють повторювані результати і слабо схильні до впливу температури. Їм не вистачає чутливості в процесі вимірювання, проте, таким чином, вони не дуже підходять для процесу, в якому необхідно відстежувати короткочасні зміни тиску. Діапазон тиску: 0,0035 – 0,3 МПа з чутливістю 1 – 5 МПа.

### **3.1.3 Обраний перетворювач та його характеристики**

Для поставленої цілі було обрано п'єзорезистивний датчик вимірювання тиску Danfoss MBS 1750 (Рисунок 3.1), тому що він має швидкий час відклику, є дуже чутливим. Також цей датчик має вбудований імпульсний регулятор, що забезпечує вібраційну стійкість, має міцну конструкцію та високий ступінь вологозахисту.



Рисунок 3.1 – П'єзрезистивний датчик вимірювання тиску  
Danfoss MBS 1700

Датчик має п'єзрезистивну технологію з використанням монокристала кремнію (Рисунок 3.2). Вона не допускає контакт сенсорного елемента із середовищем, сумісна з важкими умовами експлуатації і дозволяє технологічно легко встановлювати датчик в корпус з нержавіючої сталі. Мембрана, що контактує з середовищем, передає тиск через шар силіконового масла на кристал, який змінює електричний опір електричного кола.

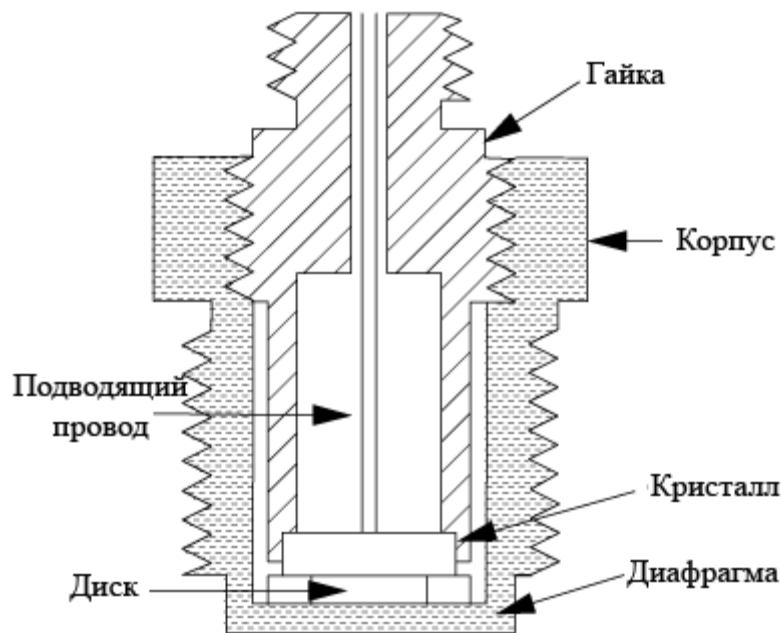


Рисунок 3.2 – Структура п'єзорезистивного датчика

Технічні та метрологічні характеристики перетворювача (Таблиця 3.1):

Таблиця 3.1– Характеристики приладу AP-1000

Назва характеристики	Характеристика
Робоче середовище	Повітря, газу, рідини (в т.ч. масла)
Діапазон вимірюваного тиску, бар	0-250
Діапазон допустимих температур робочого середовища среды, °С	від -40 до 85
Діапазон допустимих температур при транспортуванні і зберіганні, °С	від -50 до 85
Діапазон компенсованих температур, °С	від 0 до 80
Межа допустимої основної приведенної похибки, %	± 0,5; 1 від діапазона вимірювань
Додаткова похибка на вимірювання температури навколишнього повітря за межами діапазона компенсованих температур	±0,2% діапазона вимірювання/10°С
Час відклику, мс	4
Вихідний сигнал	4-20 мА
Напруга живлення Uпит, В	28
Технологічне з'єднання з процесом	зовнішня нарізь G1/4" або G 1/2"

Електрична схема підключення датчика зі штекером DIN 43650 для вихідного сигналу 4-20 мА (Рисунок 3.3):

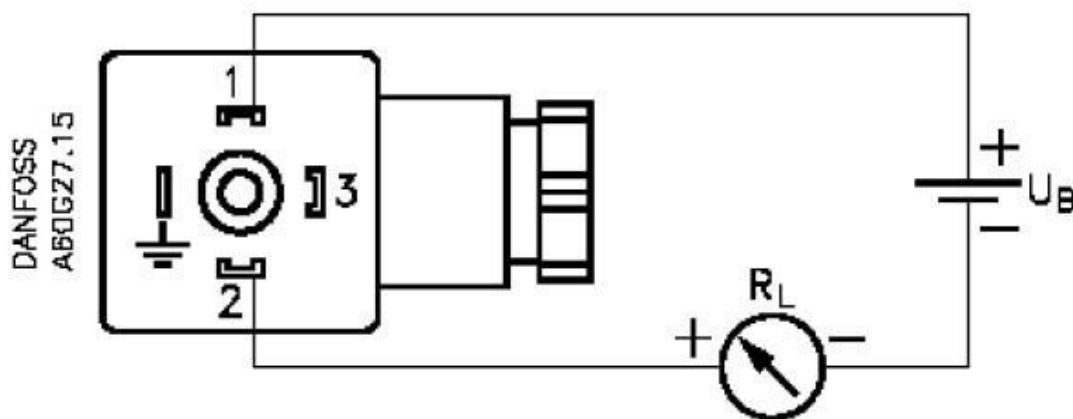


Рисунок 3.3 – Електрична схема підключення датчика

## 3.2 Розробка віртуального приладу у середовищі LabView для дослідження статичної характеристики вимірювального перетворювача

### 3.2.1 Апроксимація

Для обробки статичної характеристики знятої з перетворювача тиску використовується метод апроксимації. У програмі реалізована обробка характеристики за допомогою лінійної, логарифмічної, експоненціальної, ступіневої та поліноміальної апроксимації.

Під статичною характеристикою вимірювального перетворювача вважають його функцію перетворення, що встановлює зв'язок між вхідною  $x$  та вихідною  $y$  величиною перетворювача:

$$y = f(x) \quad (3.1)$$

Вихідна величина може залежати не тільки від вимірюваної величини, а й від деяких інших факторів, наприклад від вібрації, напруги живлення, температури та вологості середовища тощо:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.2)$$

Функція лінійної апроксимації:

$$y = a + S_x \cdot x \quad (3.3)$$

де  $a$  – постійна складова;  $S_x$  – тангенс кута нахилу прямої.

Функція логарифмічної апроксимації:

$$y = a + s \cdot \ln(x) \quad (3.4)$$

Функція експоненціальної апроксимації:

$$y = a + e^{sx} \quad (3.5)$$

Функція ступіневої апроксимації:

$$y = a + bx^k \quad (3.6)$$

де  $b, k$  – постійні числа.

Для оцінки якості виконання апроксимації використовується максимальна нев'язка, тобто абсолютна похибка апроксимації.

$$\Delta_{max} = \max |f_a(x_i) - y_i| \quad (3.7)$$

### 3.2.2 Опис інтерфейсу та функціоналу віртуального приладу

Віртуальний прилад виконує такі функції: вивід графіку статичної характеристики, апроксимація статичної характеристики і вивід апроксимованого графіку, знаходження нев'язок та розрахунок суми нев'язок. Графіком статичної характеристики є відношення вхідної і вихідної характеристики.

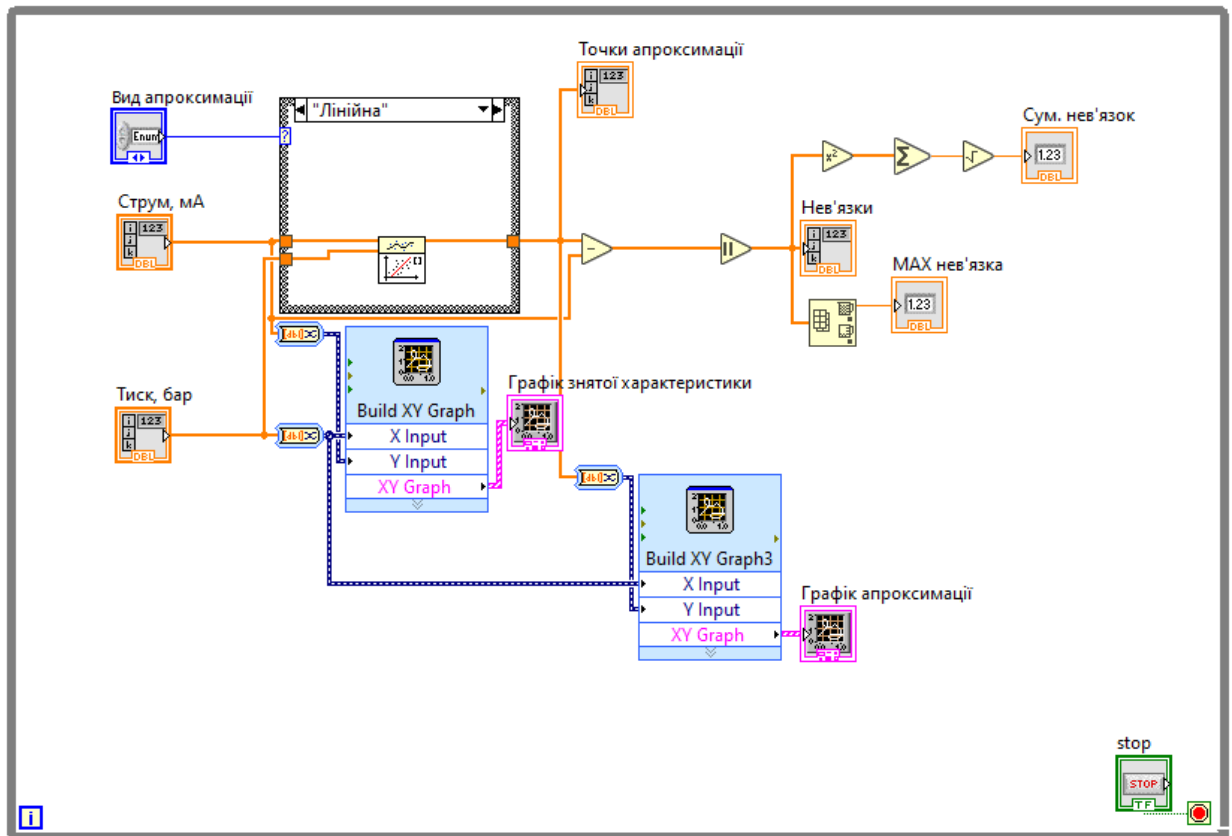


Рисунок 3.4 – Блок-діаграма віртуального приладу

Інтерфейс (Рисунок 3.5) складається з: двох масивів-контролерів, на які подаються вхідна (тиск) та вихідна (струм) характеристики; контролера, на якому обирається вид апроксимації (лінійна, логарифмічна, експоненціальна, ступінева та поліноміальна апроксимації); графіку статичної характеристики; масиву-індикатору точок апроксимації; масиву-індикатору невязок; індикатору суми невязок та індикатору максимальної невязки; кнопки “STOP”, що завершує роботу програми.

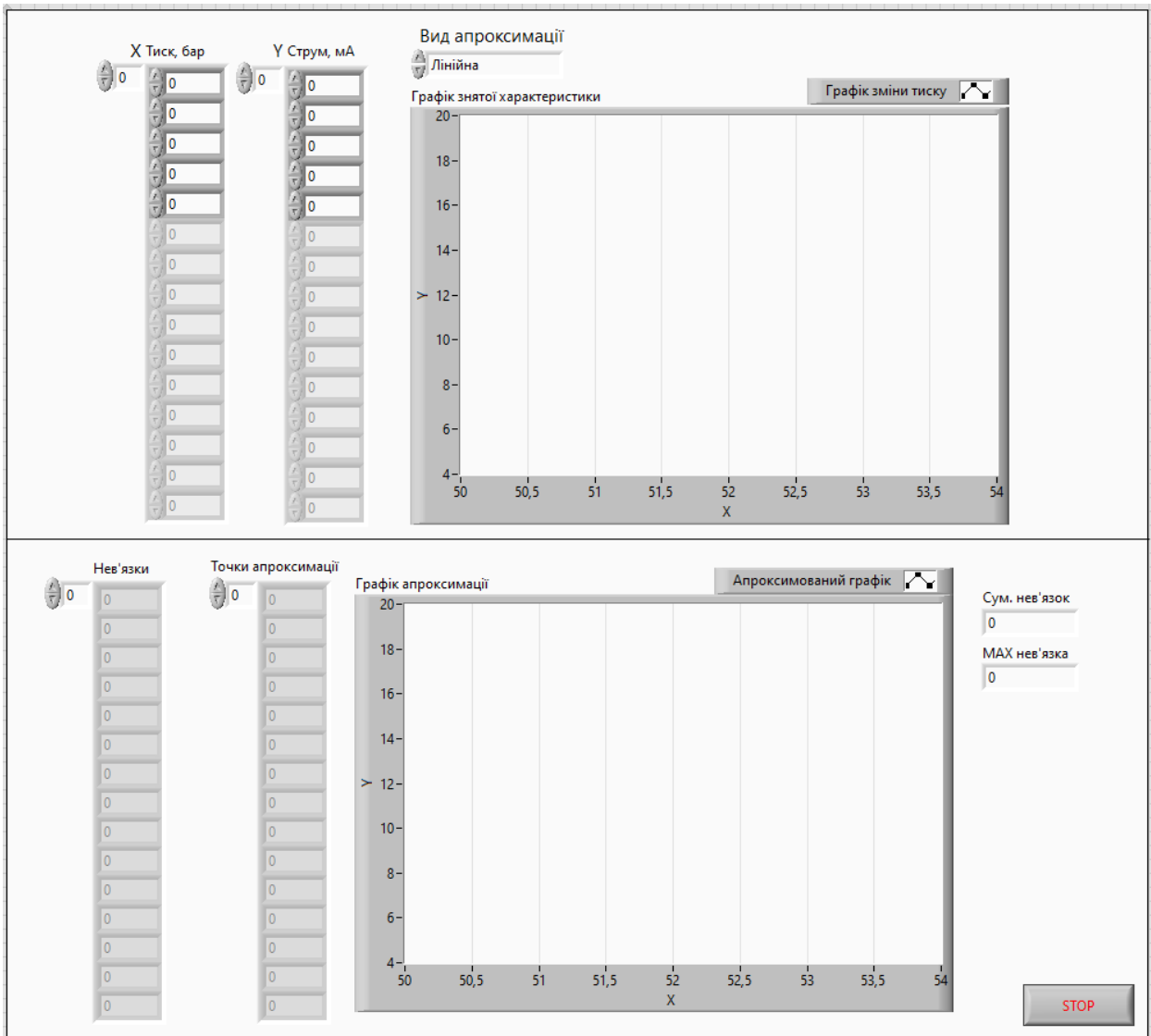


Рисунок 3.5 – Інтерфейс віртуального приладу

### 3.2.3 Виконання обробки статичної характеристики за допомогою розробленого віртуального приладу

Встановимо значення знятої статичної характеристики з перетворювача тиску у масив-контролер статичної характеристики та виставимо номери вимірювань і оберемо лінійну функцію апроксимації. Отримано графік апроксимації лінійної функції, нев'язки, сума нев'язок та максимальна нев'язка за якою буде оцінюватись якість апроксимації:



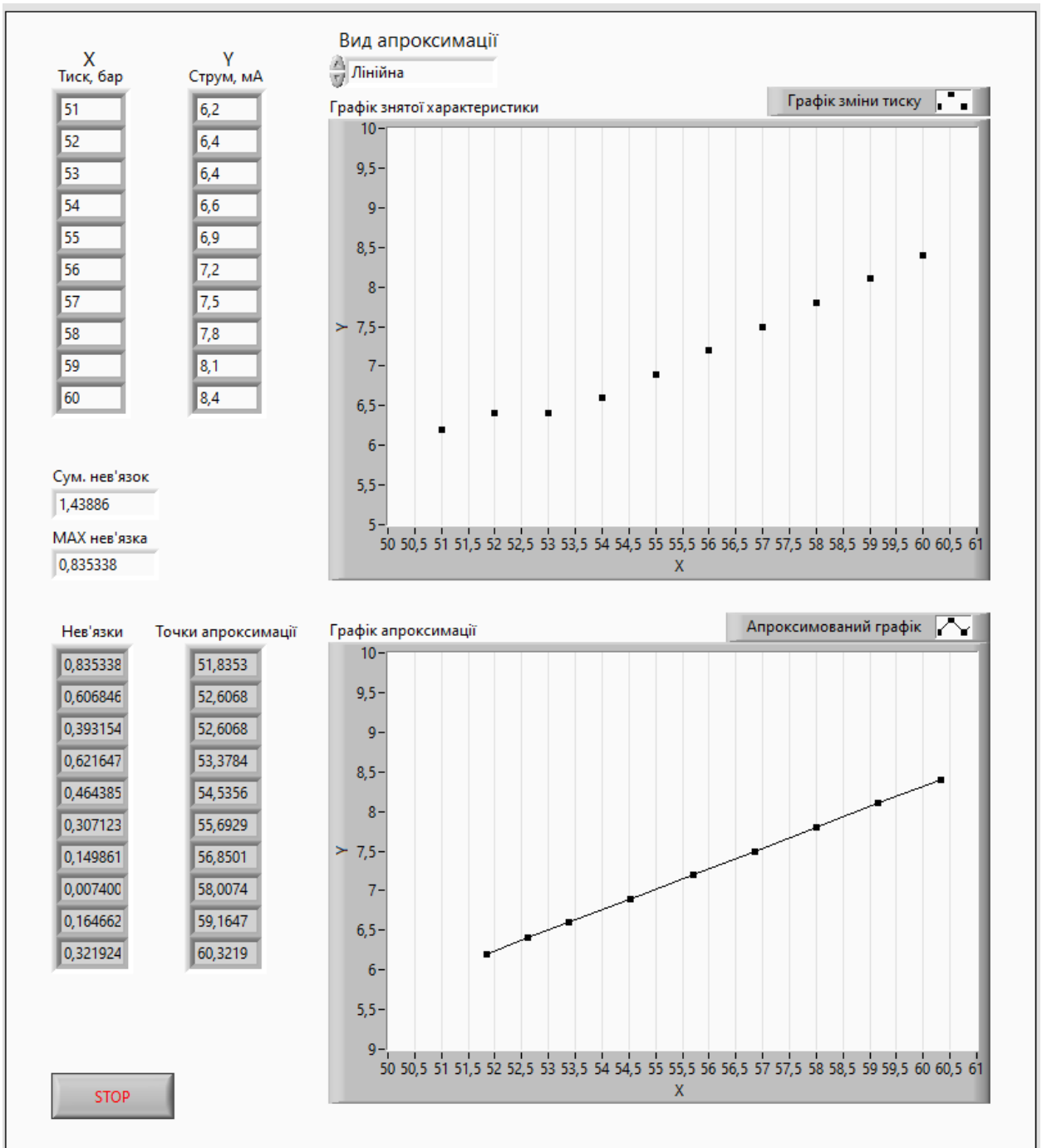


Рисунок 3.6 – Лінійна апроксимація статичної характеристики

Повторимо це для інших функцій апроксимації:

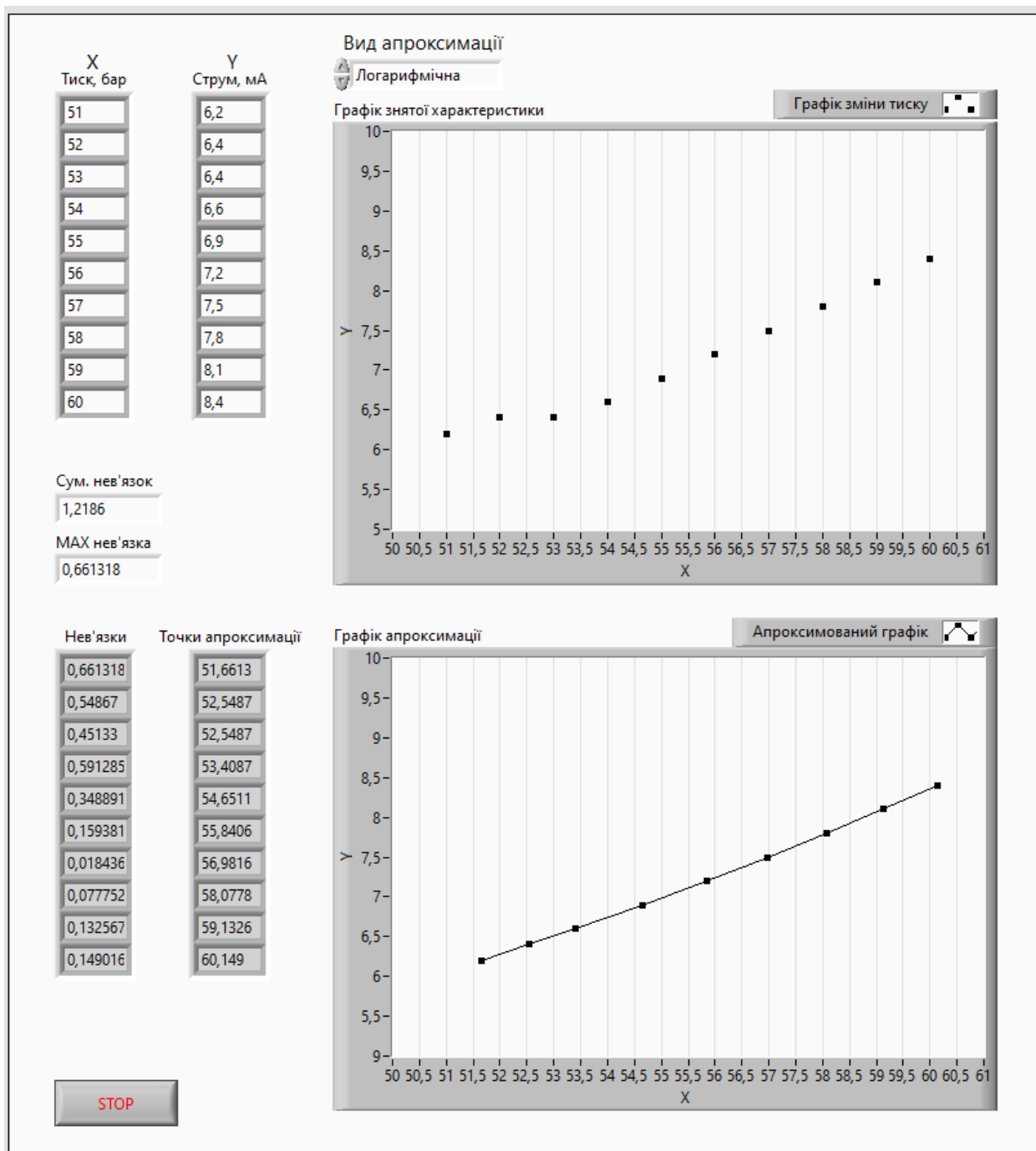


Рисунок 3.6 – Логарифмічна апроксимація статичної характеристики

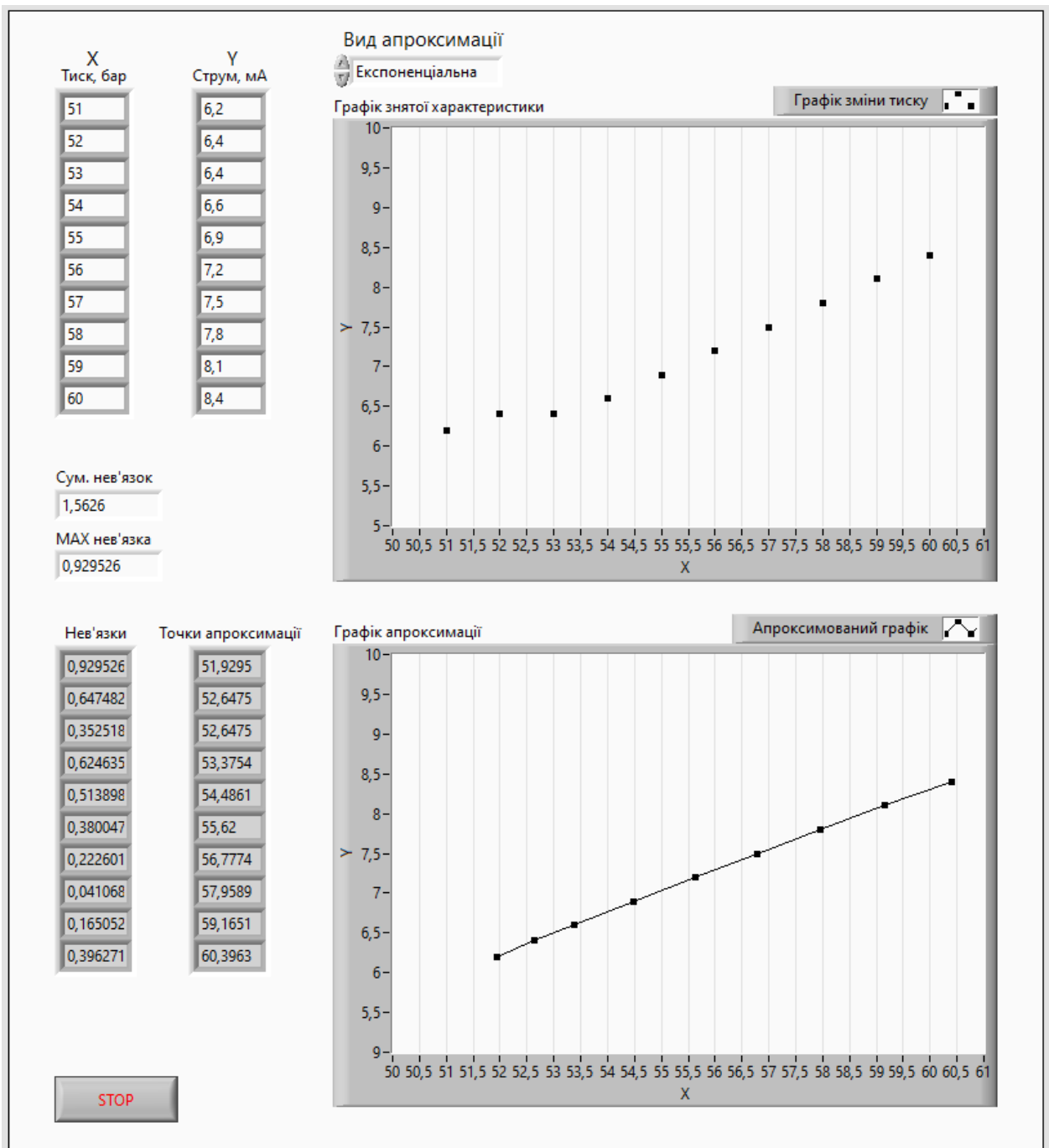


Рисунок 3.7 – Експоненціальна апроксимація статичної характеристики

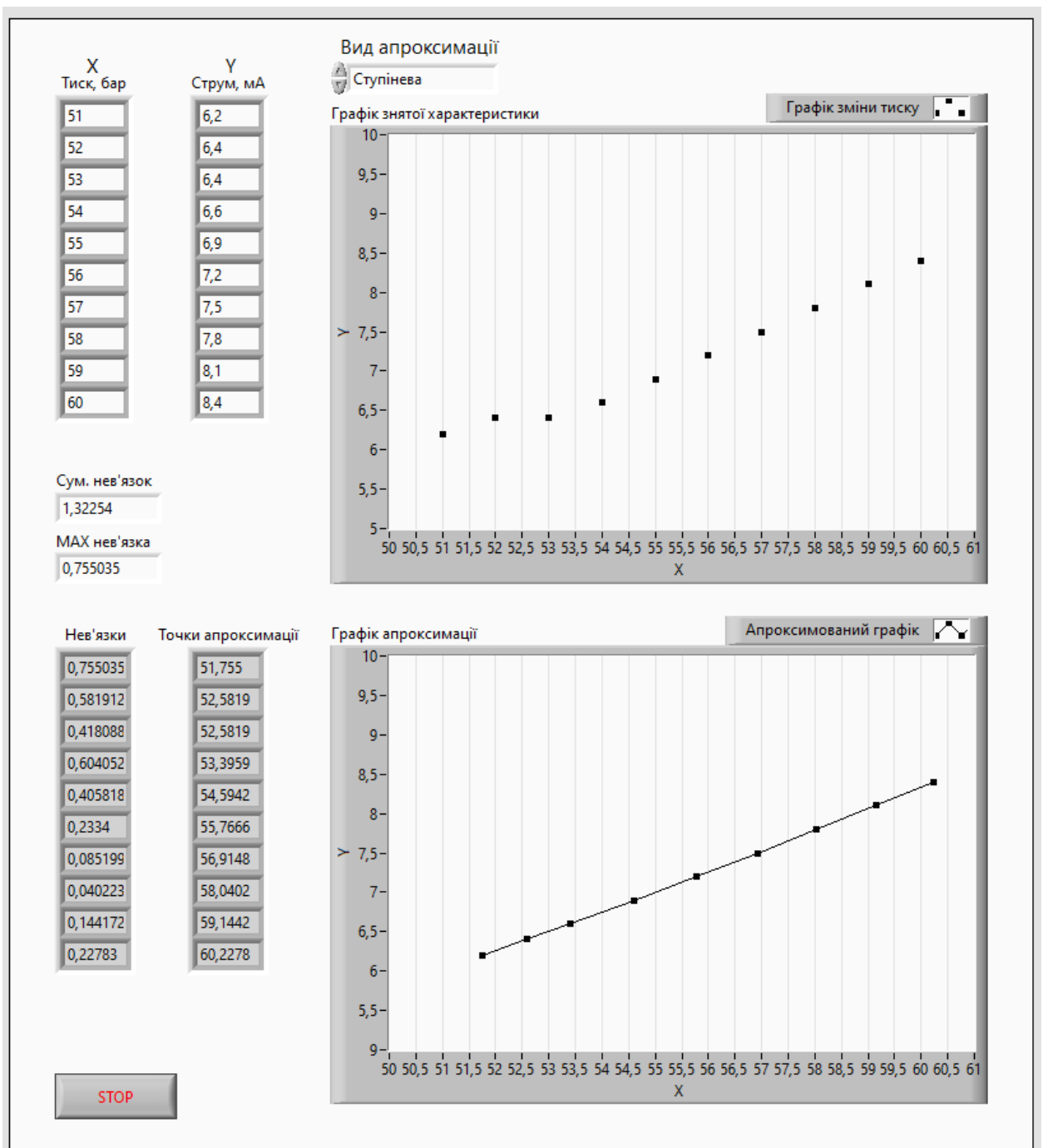


Рисунок 3.8 – Ступінева апроксимація статичної характеристики

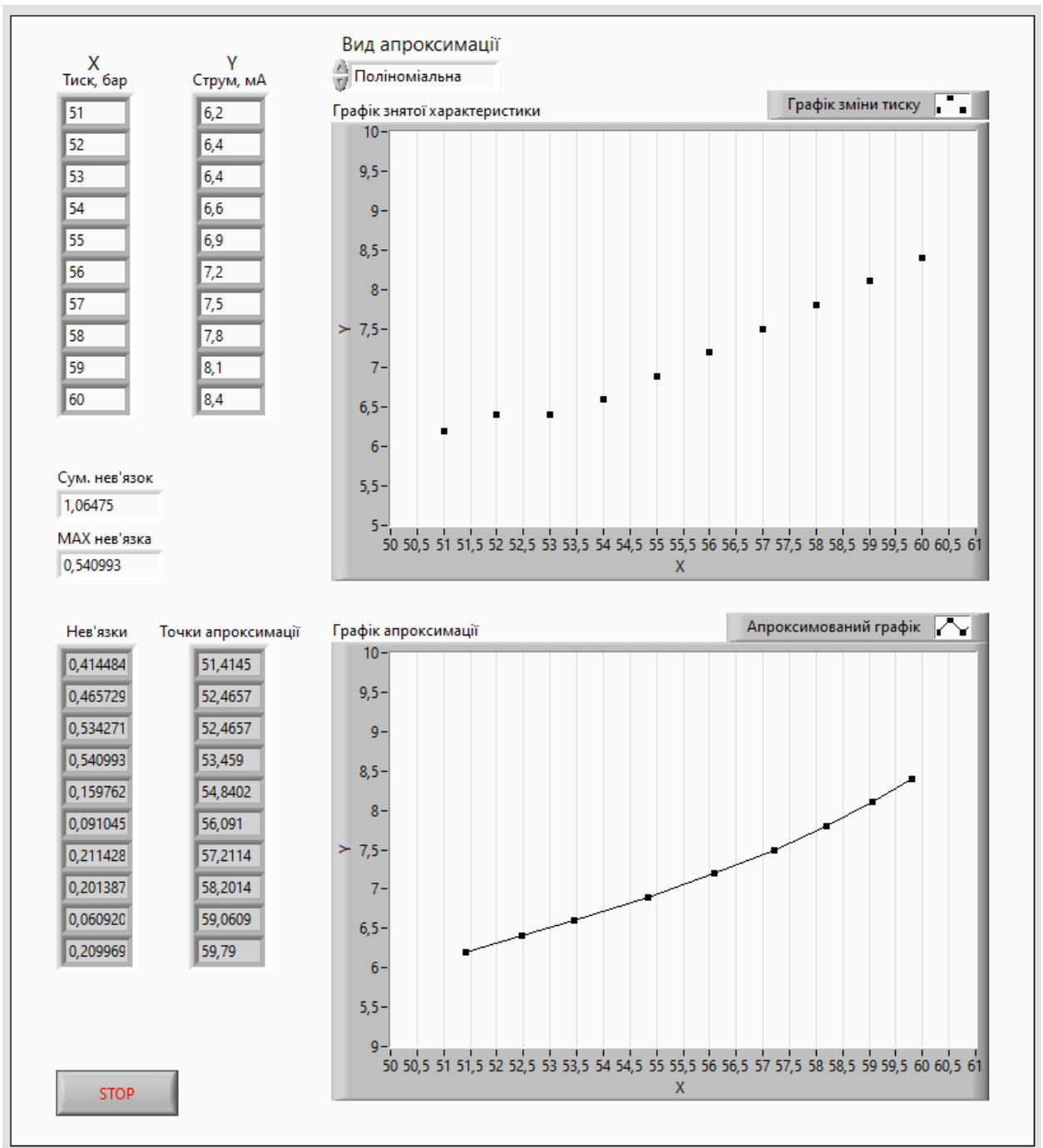


Рисунок 3.9– Поліноміальна апроксимація статичної характеристики

Виходячи з отриманих даних обробки статичної характеристики можна зробити висновок, що найкращішою та найточнішою для цього ряду є поліноміальна (Рисунок 3.9) апроксимація, бо максимальна нев'язка цієї апроксимації є найменшою.

## 4 Метрологічне забезпечення

### 4.1 Міжлабораторні порівняльні випробування

Міжлабораторні порівняльні випробування (МПВ) – організація, виконання та оцінювання вимірювань чи випробувань одного або декількох подібних зразків двома або більше лабораторіями відповідно задалегідь поставлених умов.

Способи оцінювання отриманих результатів порівняння залежать від мети виконання міжлабораторних порівнянь, а не від самої процедури порівнянь.

Метою міжлабораторних порівнянь є:

- валідація методів вимірювань для визначення їх показників точності;
- перевірка кваліфікації вимірювальної лабораторії;
- порівняння національних еталонів різних країн для визначення еквівалентностей результатів вимірювань;
- сертифікація стандартних зразків складів та властивостей речовин та матеріалів для приписування їм сертифікованих значень.

Міжлабораторні порівняльні випробування є одним з найефективніших методів визначення рівня роботи лабораторії і компетентності її працівників.

Участь у МПВ є обов'язковою умовою для визначення випробувальних лабораторій, що відповідають вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025. Ці МПВ мають включати оцінку показників точності результатів вимірювань, статистичну обробку результатів та їх аналіз

Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань засновано на використанні зразка для контролю, за результатами випробувань якого виконується перевірка відтворюваності результатів вимірювань параметрів зразка для контролю в випробувальній лабораторії-заявнику з такими ж вимірюваннями у базовій випробувальній лабораторії. Для створення методики оцінювання використовується ДСТУ ISO/IEC 5725-6-2002.

На основі результатів міжлабораторних порівняльних випробувань розробляють заходи для підвищення достовірності результатів випробувань і даються рекомендації щодо коригування дії випробувальних лабораторій.

Якщо результати лабораторії виявляються незадовільними, ця лабораторія повинна провести коригувальні заходи по усуненню виниклих недоліків. Лабораторія має подати звіт з проведених заходів організатору протягом трьох місяців після МПВ.

Основні причини незадовільних результатів випробувань:

- недоброякісні реактиви;
- поганий рівень компетентності фахівців;
- неполадки обладнання.

Уся документація щодо проведення міжлабораторних порівняльних випробувань зберігається у організатора не менше трьох років і є конфіденційною.

#### **4.2 Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань з аналізу заліза у мінеральній воді**

Для методу ортофенантролітичного аналізу спочатку необхідно знайти концентрацію заліза у воді за формулою 4.1.

$$x_i = \frac{C \cdot V_p}{V} \quad (4.1)$$

де  $C$  – концентрація заліза, що була знайдена за градувальним графіком;

$V$  – обсяг води, взятий для аналізу;

$V_p$  – обсяг, до якого була розведена проба.

За кінечний результат аналізу вважають середньоарифметичне результатів двох або трьох паралельних вимірювань (4.2), розбіжність між ними не повинна перевищувати 25%. Результат округлюють до двох значущих цифр.

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad (4.2)$$

де  $n$  – число вимірювань, а  $x_i$  – значення результату.

Для порівняння якості роботи лабораторій використано критерії  $K$ ,  $K_2$  та  $Z$ :

1. Критерій  $K$  розраховується за формулою 3:

$$K = \frac{|x - X|}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_x^2}}, \quad (4.3)$$

де  $x$  – результат лабораторії;

$X$  – атестоване значення;

$U_{lab}$  – розширена невизначеність або похибка результату лабораторії;

$U_x$  – розширена невизначеність або похибка результату лабораторії.

При  $|K| \leq 1$  результат визнається позитивним за критерієм  $K$ , в іншому випадку – негативним.

2. Критерій  $K_2$ :

$$K_2 = \frac{|x - X|}{\Delta_H}, \quad (4.4)$$

де  $x$  – результат лабораторії;

$X$  – атестоване значення;

$\Delta_H$  – норма похибки, що дорівнює:

$$\Delta_H = \frac{X * \delta_H}{100}, \quad (4.5)$$

$X$  – атестоване значення;

$\delta_H$  – норма похибки (у відносних одиницях) на рівні атестованого значення:

При  $|K_2| \leq 1$  результат визнається позитивним за критерієм  $K_2$ , в іншому випадку – негативним.

3. Критерій  $Z$ :

$$Z = \frac{|x - X|}{\sqrt{\sigma^2 + u_x^2}}, \quad (6.6)$$



де  $x$  – результат лабораторії;

$X$  – атестоване значення;

$\sigma$  – стандартне відхилення, розраховане за результатами лабораторії;

$U_x$  – стандартна невизначеність.

При  $|Z| \leq 2$  результат визнається позитивним за критерієм  $Z$ , при  $2 \leq |Z| < 3$  – сумнівним, при  $|Z| \geq 3$  – негативним.

По кожному результату лабораторії видається висновок з урахуванням наступних правил:

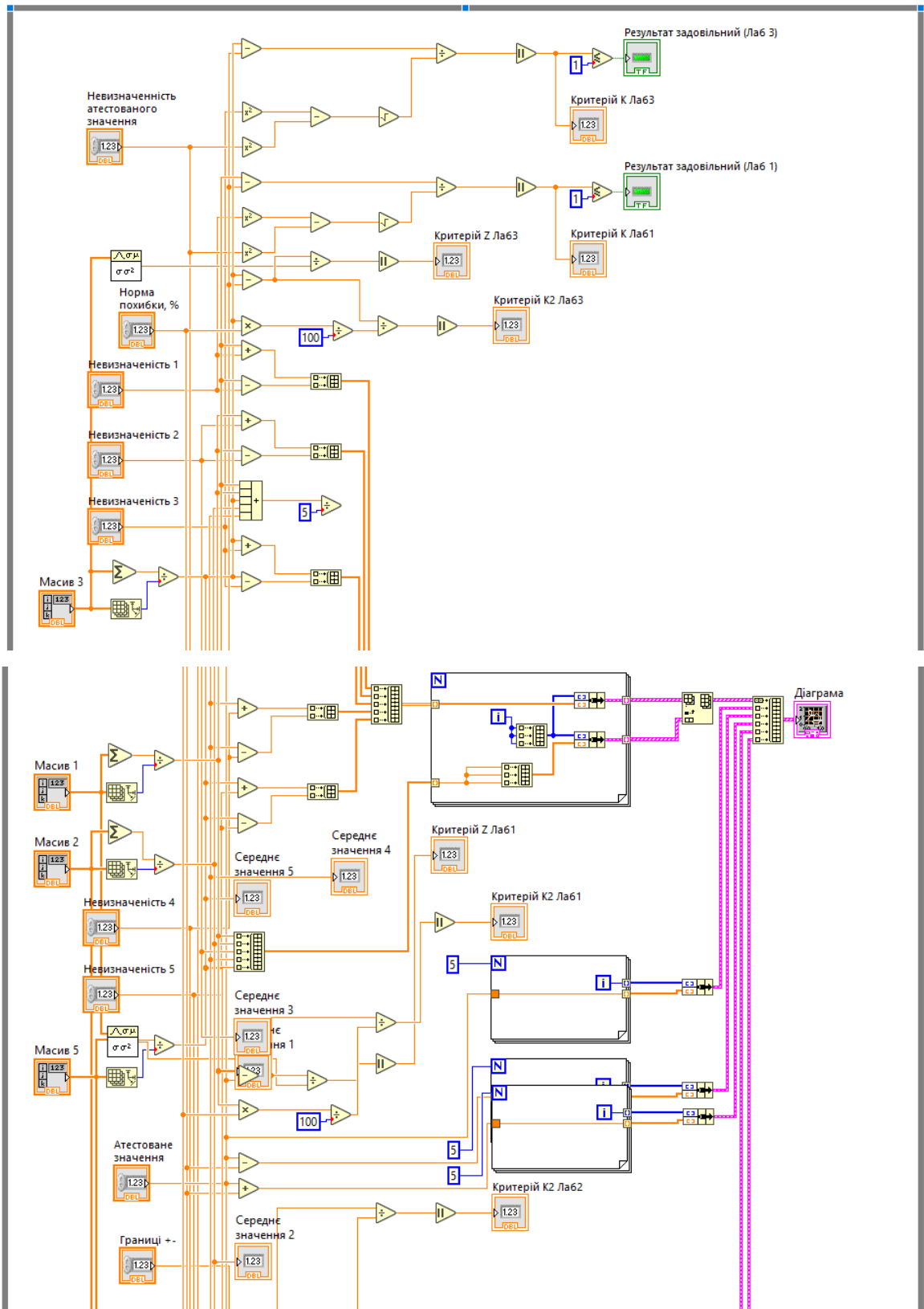
- 1 Результат аналізу оцінюється як задовільний в разі, якщо він визнається позитивним за всіма трьома критеріями.
  - 2 Результат аналізу оцінюється як задовільний і відзначається в звіті зірочкою (\*) в разі, якщо він визнається сумнівним за критерієм 3 і позитивним за критеріями 1 і 2.
  - 3 Результат аналізу оцінюється як сумнівний в разі, якщо він визнається негативним по одному з трьох критеріїв.
  - 4 Результат аналізу оцінюється як незадовільний, якщо він визнається негативним за двома або за трьома критеріями, а також, якщо він визнається негативним за критерієм 1 або 2 і сумнівним за критерієм 3.
3. Примітка: У Свідоцтво учасника МСІ включаються показники, за якими були отримані задовільні результати лабораторії.

### **1.3 Розробка програми для міжлабораторних порівняльних випробувань з аналізу заліза у мінеральній воді**

#### **1.3.1 Опис інтерфейсу та функціоналу програми**

Програма виконує такі функції: знаходження середнього значення вимірів кожної з лабораторій; розрахунок і аналіз критеріїв  $K$ ,  $K_2$  та  $Z$ ; побудова діаграми, що відображає результат вимірювання з границями

невизначеності, атестоване значення вмісту заліза, похибка атестованого значення, границі норми похибки.



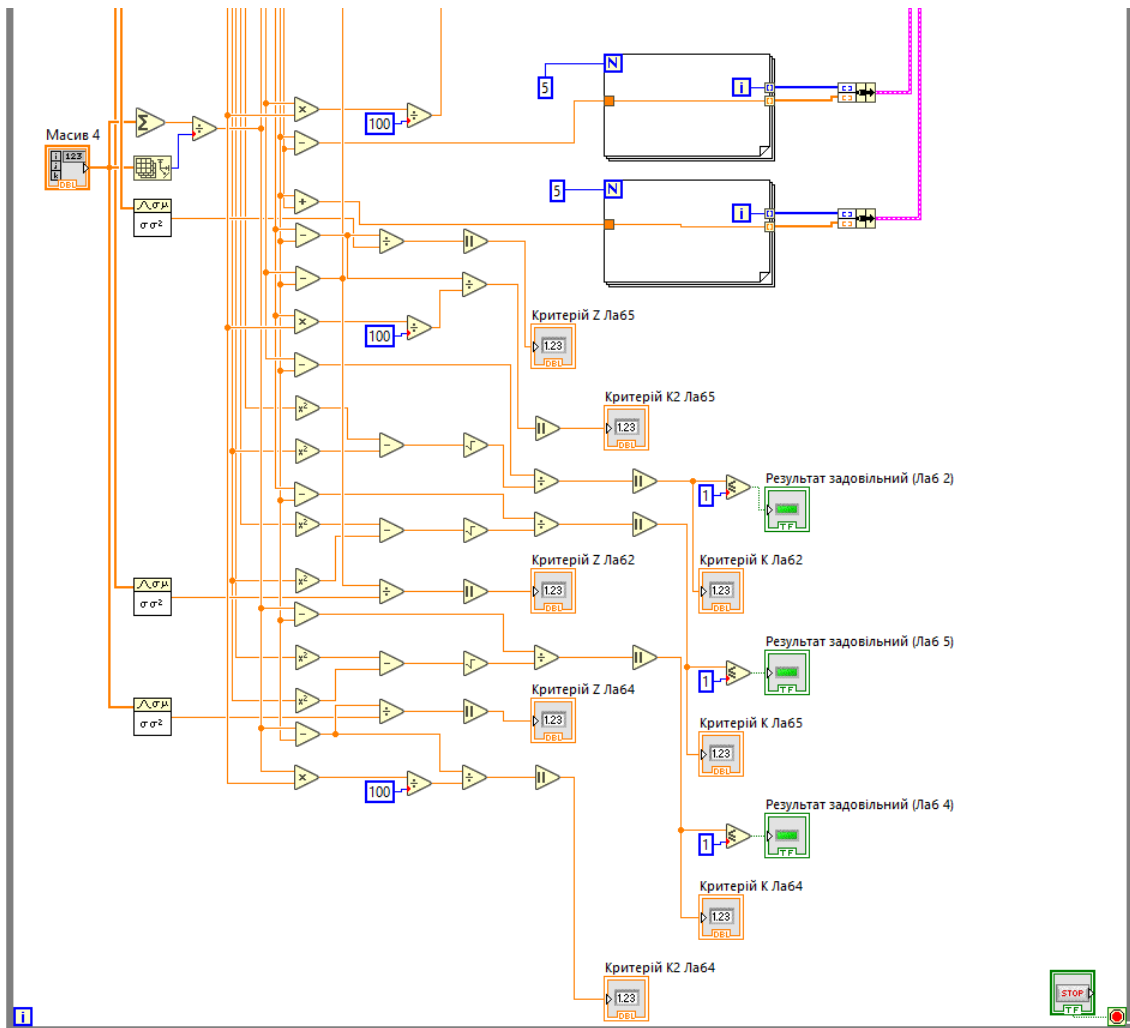


Рисунок 4.1 – Блок-діаграма програми

Інтерфейс (Рисунок 4.2) складається з: масивів-контролерів для кожної з лабораторій, на які подаються результати вимірювання лабораторій; контролера для кожної лабораторії, на які подаються невизначеності вимірювання лабораторій; по два індикатори на кожну з лабораторій, які відображають середнє значення вимірювання та критерії  $K$ ,  $K_2$  та  $Z$  кожної з лабораторій; трьох контролерів, на які подаються атестоване значення вмісту заліза у мінеральній воді, невизначеність атестованого значення, границі норми вмісту заліза у мінеральній воді і норми похибки; діаграми, що відображає результат вимірювання з границями невизначеності, атестоване значення вмісту заліза, похибка атестованого значення, границі норми похибки.

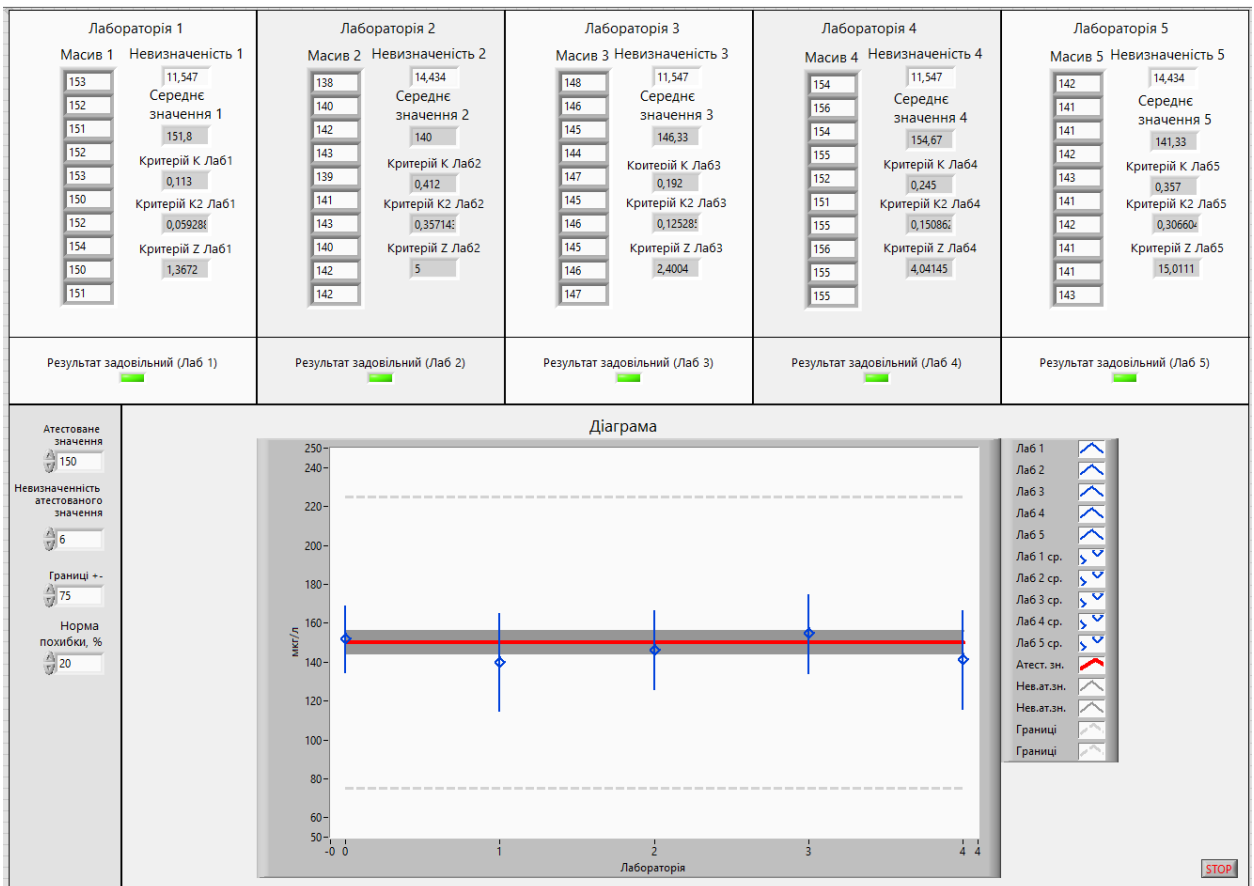


Рисунок 4.2 – Інтерфейс програми

### 4.3.2 Проведення міжлабораторних порівняльних випробувань за допомогою розробленої програми

У результаті міжлабораторних порівняльних випробувань були отримані дані (Таблиця 4.1):

Таблиця 4.1 – Дані отримані лабораторіями під час проведення міжлабораторних порівняльних випробувань

Шифр лабораторії	1	2	3	4	5
Результати аналізу залізо загальне мкг/л	153	138	148	154	142
	152	140	146	156	141
	151	142	145	154	141
	152	143	144	155	142
	153	139	147	152	143
	150	141	145	151	141
	152	143	146	155	142
	154	140	145	156	141
	150	142	146	155	141
	151	142	147	155	143
Невизначеність, мкг/л	$\pm 11,547$	$\pm 14,434$	$\pm 11,547$	$\pm 11,547$	$\pm 14,434$
Атестоване значення, мкг/л	$150 \pm 6$				
Норма похибки %	$\pm 20$				
Норма вмісту Заліза в мінеральній воді, мкг/л	$\pm 75$				

В результаті обробки даних Таблиці 4.1 програмою (Рисунок 4.3) були знайдені результати аналізу (середнє значення) і критерії  $K$ ,  $K_2$  та  $Z$  кожної з лабораторій, а також була побудована діаграма.

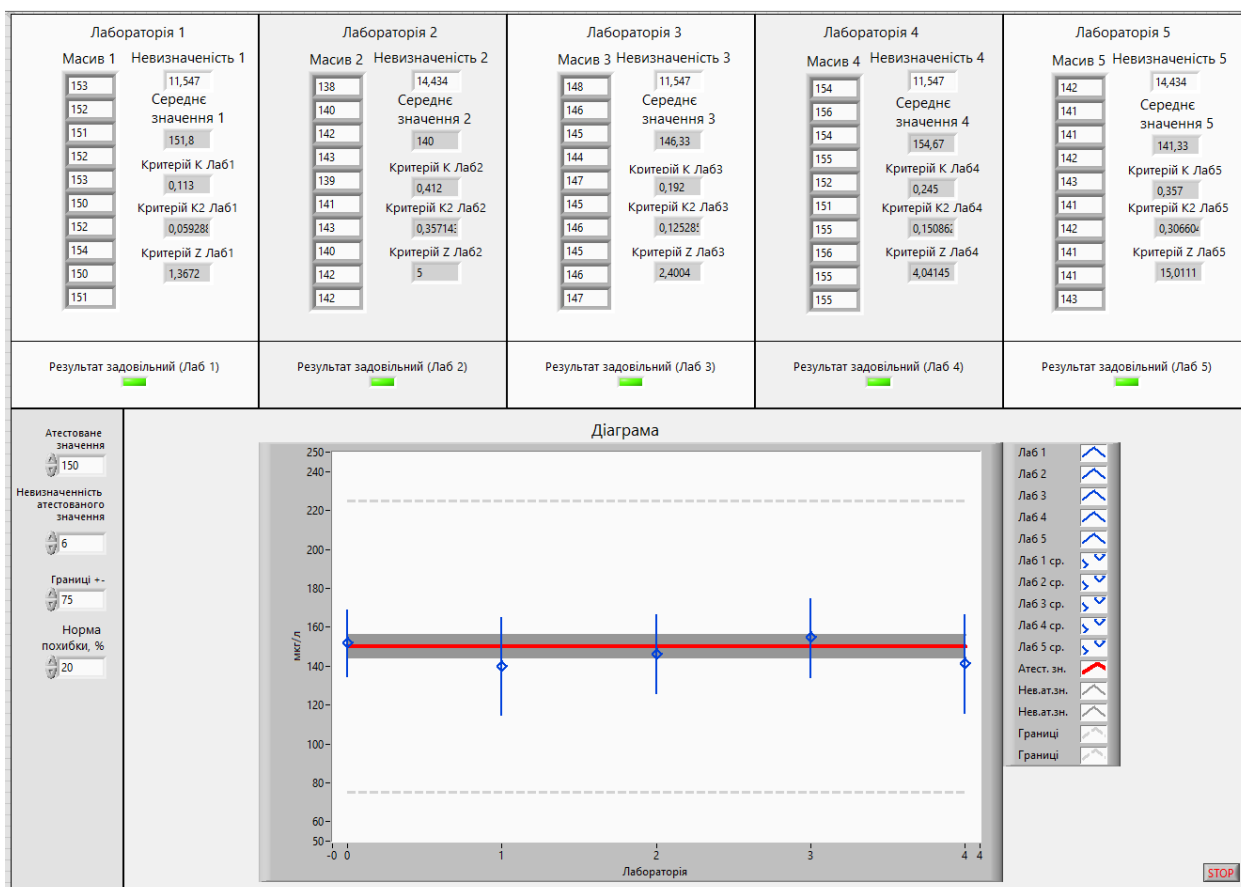


Рисунок 4.3 – Результати обробки даних отриманих лабораторіями

Таблиця 4.2 – Результати обробки даних триманих лабораторіями

№ Лабораторії	Результат аналізу, мг/л	Критерій K1	Критерій K2	Критерій Z	Висновок
1	151,8	0,182	0,059	1,367	Задов.
2	140	0,686	0,319	5,295	Сумн.*
3	146,33	0,416	0,140	3,425	Сумн.*
4	154,67	0,436	0,139	2,628	Задов.*
5	141,33	0,299	0,293	10,082	Сумн.*

За результатами обробки можна зробити висновок, що найточніший аналіз вмісту залізу у мінеральній воді був проведений лабораторією під шифром «1».

## **5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях**

### **5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників проектованого технологічного процесу.**

В дипломній роботі розглядається технологічний процес виробництва мінеральної води. Цей технологічний процес складається з: фільтрації, мінералізації, сатурації (газування), розливу та пакування.

На підприємстві що займається виготовленням мінеральної води можуть виникнути такі небезпечні і шкідливі виробничі чинники як: можливість травматизму електричним струмом, можливість травматизму від рухомих елементів механізмів, можливість вибуху балонів з газом під тиском.

Можливість травматизму електричним струмом може виникнути на кожному з етапів виробництва, тому що увесь технологічний процес виконується за допомогою електричних установок. Дуже негативним фактором є підвищена вологість на підприємстві та вірогідність контакту електричного струму з водою.

Можливість травматизму від рухомих елементів механізмів більш імовірна на етапі розливу та пакування, тому що на цьому етапі упаковану у пляшки воду транспортує стрічковий конвеєр.

Можливість вибуху балонів з газом під тиском може виникнути на етапі сатурації (газування) мінеральної води. При підвищеному тиску в балонах з CO<sub>2</sub> є загроза вибуху не тільки балона, але й деяких елементів сатуратора, що додатково може спричинити загрозу ураження електричним струмом або пожежу на підприємстві.

### **5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці**

### **5.2.1 Заходи запобігання травматизму електричним струмом на підприємстві.**

Електричні травми виникають в результаті дії технічного або атмосферного електричного струму. У більшості випадків електричні травми, що фіксуються при обслуговуванні електрообладнання, виникають з організаційних причин, основні з них:

- недостатня освіченість персоналу, що обслуговує електроустановки;
- порушення правил безпеки в зонах з підвищеною електричною небезпекою;
- порушення правил будови і безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів;
- використання неякісного або застарілого електрообладнання.

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом на виробництві використовуються такі заходи захисту:

- проведення інструктажів з техніки безпеки для працівників;
- проведення запланованої перевірки і заміни електрообладнання;
- ізоляція струмопровідних частин електричного обладнання;
- огороження потенційно небезпечних електричних зон бар'єрами;
- обмеження сили струму.

Для захисту від ураження електричним струмом на підприємстві передбачено споряджати працівників, що працюють у електронезбезпечних зонах засобами індивідуального захисту від електричного струму. Це особливо актуально на виробництві мінеральної води, бо вода є дуже гарним провідником електричного струму. До цих засобів входять: захисні каски, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, захисні окуляри, інструменти з ізолюючим покриттям та інші.



### **5.2.2 Заходи запобігання травматизму від рухомих елементів механізмів на підприємстві.**

На підприємстві з виробництва мінеральної води маються установи з механічними рухомими елементами, у тому числі стрічковий конвеєр для транспортування пляшок з водою. При неправильному експлуатуванні механічних установок може бути спричинена виробнича травма працівників.

Для запобігання вірогідності травмування на установці з механічними елементами передбачено вішати плакати з правилами експлуатації та передбачена кнопка з аварійною зупинки установки. Також передбачено аварійне вимикання установок при будь якій поломці або заваді руху рухомого елемента. Стрічкові конвеєри обладнані пристроями аварійної зупинки, що забезпечують відключення приводу конвеєра з будь якої точки по довжині з боку проходів і в місцях їх обслуговування.

### **5.2.3 Заходи запобігання небезпеки вибухів балонів під тиском на підприємстві.**

На підприємстві з виробництва мінеральної води маються балони з CO<sub>2</sub> для газування води за допомогою сатуратора.

Причини вибухів можна розділити на загальні для всіх балонів, а також на специфічні для окремих з них. До загальних відносяться: удари або падіння балона, особливо при високих або низьких температурах, так як в першому випадку різко зростає тиск в балоні за рахунок нагрівання міститься в ньому газу, а в другому - матеріал, з якого зроблений балон, набуває властивість крихкості; переповнення балона зрідженим газом без залишення вільного нормованого обсягу близько 10% всього обсягу балона; нагрів балона, що призводить до збільшення тиску в ньому вище допустимих значень. Зокрема, при підвищенні температури до 50°C заповненого повністю балона з аміаком тиск в ньому зростає з 0,6 до 62 МПа, що призводить сю до розриву, так як для

аміачних балонів допустимого тиску 10 МПа; помилкове використання балона, наприклад, наповнення кисневого балона метаном; швидке наповнення балона, що супроводжується різким нагріванням газу і, як наслідок, збільшення тиску, який при температурі 45°C не повинен перевищувати робочий більш як на 10%.

Для попередження вибухів через неправильне заповнення або швидкого відбору газу балони забезпечуються вентилем, через який відбувається наповнення і видалення газу. Для захисту вентиля від пошкоджень він закривається металевим ковпаком. До вентиля приєднується редуктор тиску, що забезпечує відбір газу з більш низьким тиском, ніж в балоні. Також у сатураторі передбачено автоматичне перекриття клапану балону при аварійній ситуації за допомогою датчику тиску та контролера.

### **5.3 Пожарна профілактика на підприємстві**

Відповідно до НАПБ Б. 03.002-2007 виробництво мінеральної води категорії за вибухопожежною та пожежною відноситься до «Категорії Б – приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному Вибухонебезпечна», тому що має ризик вибуху балонів з CO<sub>2</sub>.

Частіше за все причинами пожеж є порушення техніки пожежної безпеки та технологічних процесів, неправильна експлуатація електромережі та обладнання, влучення блискавки.

Протипожежний захист будівель та протипожежне планування будівлі має важливе значення для боротьби з пожежами і недопущення поширення вогню.

Для боротьби з пожежею на підприємстві передбачено [24]:

– протипожежні перешкоди (протипожежні стіни, перекриття, двері), за допомогою них в межах однієї будівлі можна ізолювати

пожежонебезпечні приміщення від інших, тим самим не допустити поширення вогню;

- громовідводи на будівлі;
- протипожежна сигналізація;
- система вентиляції та кондиціонування повітря зі спеціальних матеріалів, що виключають іскроутворення, і мають надійне заземлення;
- наявність вогнегасників, що відповідають діючим нормам, стандартам і сертифіковані в Україні.

## 6. Економічна частина

В даній кваліфікаційній роботі була розглянута проблема контролю якості мінеральної води. Важливим показником якості води є її газування.

Для газування мінеральної води на підприємстві використовується сатуратор. Важливим параметром для газування є тиск  $\text{CO}_2$  у балоні сатуратора. Для контролю тиску газу у сатураторі використовується датчик тиску.

З часом датчики зношуються або технічно застарівають і потребують заміни. Заміна датчиків на більш нові і технічно кращі допомагає вдосконалити виробництво і заощадити гроші.

Заміни датчику тиску на балоні з газом сатуратора та встановлення автоматичної системи закриття клапану балона призведе до більш безпечної експлуатації обладнання, більш досконалого газування, прискорення вимірювання тиску, підвищення точності вимірювання тиску та зменшення втрати на похибці.

У цьому розділі буде розраховано капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження запропонованого технічного рішення для модернізації об'єкту основних засобів.

### 6.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це витрати на капітальне будівництво, придбання основних засобів, придбання або виготовлення інших необоротних матеріальних активів, придбання або виготовлення нематеріальних активів з метою отримати економічні вигоди в майбутньому.

Витрати на капіталовкладень розраховуються за формулою (6.1).

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left( \sum C_i \right) + Z_{\text{тес}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

де  $K_{об}$  – вартість придбання електрообладнання, програмного забезпечення, або комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$  – транспортні і складські витрати;

$Z_{м}$  – витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$  – витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$  – витрати одноразові вкладення грошових коштів.

Для поставленої задачі потрібен один датчик, мікроконтролер та автоматичний перемикаючий клапан. Середня ціна обраного датчику становить 2540 грн, мікроконтролеру – 85 грн, а перемикача клапану – 6243 грн. Доставка усіх компонентів разом відбувається з міста Києва, відстань від Києва до Дніпра складає 472 км, вага посилення – 9 кг, що коштує 250 грн за тарифами Нової Пошти [19].

Для монтажу та калібрування необхідні слюсар-електромонтажник не менш ніж третього розряду та інженер-метролог. Монтаж та калібрування займають по одному робочому дню. Погодинний тариф слюсаря-електромонтажника четвертого розряду дорівнює 125 грн, а інженера-метролога – 75 грн за фінансовою звітністю підприємства на четвертий квартал 2020 року.

Таблиця 6.1 – Зведення капітальних інвестицій

№	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Датчик тиску Danfoss MBS 1700 060G6100	1	2540	2540
2	Мікроконтролер P1c 16f628a	1	85	85
3	Автоматичний перемикаючий клапан GOK	1	6243	6243
	ВСЬОГО			8868

Витрати на монтажні та на налагоджувальні роботи визначаються за формулою (6.2).

$$Z_{м/н} = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{см} * K_{пр}, \text{ грн.} \quad (6.2)$$

де  $Ч_i$  – чисельність працівників  $i$ -го розряду, необхідних для виконання визначеного обсягу робіт;

$a_i$  – тарифна ставка працівника  $i$ -го розряду за годину;

$t_i$  – час, необхідний для виконання поставленої роботи;

$K_d$  – коефіцієнт доплат;

$K_d$  – коефіцієнт єдиного соціального внеску;

$K_d$  – коефіцієнт інших витрат.

$$З_{м/н} = (200 * 8) * 1,22 * 1 * 1 = 1952 \text{ грн.}$$

$$K_{пр} = 8868 + 1952 + 250 = 11070 \text{ грн.}$$

## 6.2 Експлуатаційних витрати

Експлуатаційні витрати - абсолютний показник витрат, понесених підприємством на забезпечення працездатності виробничих фондів. Купівля обладнання та комплектуючих, оплата послуг ремонтників, оплата електроенергії тощо – важлива складова сукупної вартості основного капіталу. Їх частка в собівартості не повинна перевищувати 30%, в іншому випадку будуть потрібні заходи з капітального ремонту та заміни обладнання.

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою (6.3):

$$C = C_a + C_z + C_c + C_T + C_e + C_{ін}, \text{ грн.}, \quad (6.3)$$

### 6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Необхідно розрахувати амортизаційні відрахування вважаючи об'єктом основних засобів промисловий сатуратор УНА-6 з урахуванням переобладнання.

Норма амортизації розраховується за формулою (6.4):

$$H_a = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} * T_{п}} * 100, \% \quad (6.4)$$

де  $\Phi_{\Pi}$  – первісна вартість об’єкта основних засобів;

$L$  – ліквідаційна вартість основних засобів;

$T_{\Pi}$  – термін експлуатації (амортизаційний термін).

Вартість сатуратору складає 441398 грн., а елементів для модернізації – 8868 грн. Ліквідаційну вартість неможливо розрахувати, тому вона дорівнює нулю. Сатуратор відноситься до четвертої групи основних засобів, тому його мінімальний термін корисного використання становить 5 років.

Таблиця 6.2.1 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

№	Найменування	Кількість	Капітальні інвестиції, грн.	Норма Амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Сатуратор УНА-6 модернізована	1	450266	20	90054
ВСЬОГО					90054

$$H_a = \frac{450266}{450266 * 5} * 100 = 20 \%,$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою (6.5):

$$C_a = \frac{\Phi_{\Pi} * H_a}{100}, \text{ грн.} \quad (6.5)$$

$$C_a = \frac{450266 * 20}{100} = 90054 \text{ грн.}$$

### 6.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Для обслуговування та ремонту обладнання, у тому числі сатуратора, на підприємстві повинен працювати слюсар-електромонтажник від третього розряду. Одна година праці такого працівника оцінюється у 125 грн за фінансовою звітністю на перший квартал 2020 року, а час його праці на день буде 8 годин.

Номінальний робочий час розраховується за формулами (6.6):

$$F_{\text{н підпр}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}}) * T_{\text{зм}} * S_{\text{см}}, \text{ год.}, \quad (6.6)$$

$$F_{\text{еф роб}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{св}} - D_{\text{вих}} - D_{\text{відп}}) * T_{\text{зм}}, \text{ год.},$$

де  $D_{\text{к}}$  – кількість календарних днів;

$D_{\text{св}}$  – кількість святкових днів;

$D_{\text{вих}}$  – кількість вихідних;

$D_{\text{відп}}$  – тривалість відпустки працівника;

$S_{\text{см}}$  – кількість змін;

$T_{\text{зм}}$  – тривалість годин за зміну.

$$F_{\text{н підпр}} = (365 - 11 - 104) * 8 * 1 = 2000 \text{ год.},$$

$$F_{\text{еф роб}} = (365 - 11 - 104 - 24) * 8 = 1808 \text{ год.},$$

Обліковий склад персоналу з урахуванням змінності роботи (6.7) розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу, який можна знайти за формулою (6.8):

$$Ч_{\text{облік}} = Ч_{\text{яв}} * k_{\text{ос}}, \text{ осіб}, \quad (6.7)$$

де  $Ч_{\text{яв}}$  – кількість змін;

$$k_{\text{ос}} = \frac{F_{\text{н підпр.}}}{F_{\text{еф роб}}}, \quad (6.8)$$

$$k_{\text{ос}} = \frac{2000}{1808} = 1,106,$$

На підприємстві впроваджена одна зміна на посаду слюсаря-електромонтажника.

$$Ч_{\text{облік}} = 1 * 1,106 = 1,106 \text{ осіб},$$

Загальну величину річного фонду слюсаря-електромонтажника за рік за формулою (6.9):

$$C_{\text{з}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}}, \text{ грн}, \quad (6.9)$$

де  $З_{\text{осн}}$  – основна заробітна плата;

$З_{\text{дод}}$  – додаткова заробітна плата (8-10% від основної).

$$З_{\text{осн}} = 1808 * 125 = 226000 \text{ грн.},$$

$$З_{\text{дод}} = З_{\text{осн}} * 0,1 = 226000 * 0,1 = 22600 \text{ грн.},$$



$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} = 226000 + 22600 = 248600 \text{ грн.}$$

Річний фонд, виділений на найнятого слюсаря-електромонтажника буде складати 248600 грн.

Таблиця 6.2.2 – Розрахунок річного фонду основної заробітної плати

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн.
1.	Слюсар-електромонтажник	1	1,106	125	1808	248600
	ВСЬОГО	1	1,106	125	1808	248600

### 6.2.2 Розрахунок єдиного соціального внеску

Єдиний соціальний внесок - це обов'язковий платіж на користь системи загальнообов'язкового державного соціального страхування. Він стягується з метою забезпечення виплат за різними видами державного соцстрахування.

Чинний процент єдиного соціального внеску складає 22% від заробітної плати.

Сума єдиного соціального внеску розраховується за формулою (6.10):

$$C_c = C_3 * 0,22, \text{ грн. ,} \quad (6.10)$$

$$C_c = 248600 * 0,22 = 54692 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок складає 54692 грн. на рік.

### 6.2.4 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_i = C_z + C_c * 0,4 = 248600 + 54692 * 0,4 = 270477 \text{ грн.}$$

### **6.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії**

На даний момент тариф на електроенергію для підприємств становить 3,10 грн./кВт \* год за тарифами ДТЕК [21].

Вартість спожитої електроенергії розраховується за формулою (6.11):

$$C_e = W_p * C_e, \text{ грн.}, \quad (6.11)$$

де  $W_p$  – кількість спожитої електроенергії за рік, кВт \* год;

$C_e$  – тариф на електроенергію станом на даний момент, грн./кВт \* год;

Підприємство працює 8 годин на день, а сатуратор споживає 5 кВт в годину.

$$C_e = 365 * 8 * 5 * 3,10 = 67890 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії спожитої сатуратором за рік становить 67890 грн.

### **6.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт**

За фінансовою звітністю підприємства капітальний, середній та малий ремонт сатуратора у поточному році коштував 143645 грн. Тому у якості річних витрат на технічне обслуговування і ремонт обрана ця ціна.

$$C_T = 143645 \text{ грн.}$$

Таким чином загальні експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$C = 90054 + 248600 + 54692 + 143645 + 67890 + 270477 = 875358 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати для обраного об'єкту складають 875358 грн.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було; досліджено технологічний процес вироблення мінеральної води; визначені параметри мінеральної води, що впливають на її якість; визначено датчик за методом аналізу ієрархій для вимірювання тиску балонів сатуратора; створено програму для апроксимації статичної характеристики датчика тиску; розглянуто міжлабораторні порівняльні випробування та створено програму для визначення кваліфікованості персоналу лабораторій.

У розділі охорони праці було обрано та проаналізовано три небезпечних чинники які можуть виникнути на виробництві за виготовлення мінеральної води на виробництві. Також описані профілактичні дії при пожежі

У результаті виконання економічного розділу були розраховані капітальні інвестиції та експлуатаційні витрати, що можуть бути використані для модернізації технічного процесу газування мінеральної води.

Капітальні інвестиції включають в себе заміну старого датчику тиску на більш новий і досконалий, та автоматизацію процесу закриття балонів з газом при аварійній ситуації за допомогою мікроконтролера й автоматичного клапану. Капітальні інвестиції становлять 11070 грн.

Експлуатаційні витрати розраховувались для сатуратора, що виконує основну функцію у газуванні води. Вони включають в себе амортизаційні відрахування, вартість спожитої енергії, річний фонд заробітної плати та єдиний соціальний внесок. Експлуатаційні витрати становлять 875358 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дешпет Е.А., Федорович А.Н. Обеспечение качества процесса производства природной минеральной воды / укл.: Дешпет Е.А., Федорович А.Н. URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018014440> (дата звернення 26.04.2021).
2. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Вид. офіц. м. Київ, 2014, 30 с.
3. Нормативы качества питьевой воды в Украине. URL: <http://aquas.com.ua/txt.php?id=51&category=9fabс> (дата звернення 29.04.2021)
4. Минеральная и питьевая вода. Технология производства минеральной и питьевой воды. URL: [https://itexn.com/7660\\_mineralnaja-i-pitevaja-voda-tehnologija-proizvodstva-mineralnoj-i-pitevoj-vody.html](https://itexn.com/7660_mineralnaja-i-pitevaja-voda-tehnologija-proizvodstva-mineralnoj-i-pitevoj-vody.html) (дата звернення 28.04.2021).
5. Андрусина И.Н. О минеральном составе питьевых вод и здоровье человека: «живая» или «мертвая» вода. URL: <https://ecosoft.ua/blog/o-mineralnom-sostave-pitevykh-vod-i-zdorove-cheloveka/> (дата звернення 27.04.2021).
6. Войтків П.С. Прилади контролю навколишнього середовища. Львів 2018. 60 с.
7. Michael Neiheiser. On-Site Bottled Water Testing. URL: <https://wcponline.com/2015/09/18/on-site-bottled-water-testing/> (дата звернення 26.04.2021).
8. 884 Professional VA manual for CVS. URL: <https://www.metrohm.com/ru-ru/products-overview/voltammetry/professional-va-cvs-instruments/28840210?fromProductFinder=true> (дата звернення 17.05.2021).
9. Вольтамперометрія. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1799/voltamperometriya> (дата звернення 17.05.2021).

10. ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ Методические указания и практическоеруководство по физической химии. Томский политехнический университет. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293749/4293749595.pdf> (дата звернения 20.05.2021).
11. ИНВЕРСИОННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ. URL: <http://kszhur.narod.ru/IWA.htm> (дата звернения 18.05.2021).
12. Производство воды минеральной и простой питьевой как бизнес: описание и нюансы процессов. URL: <https://moybiznes.org/proizvodstvo-vody> (дата звернения 1.06.2021).
13. Производство минеральной воды. URL: <https://vipidei.com/torgovlya/produkty/proizvodstvo-mineralnoj-vody> (дата звернения 1.06.2021).
14. Все, что вы хотели знать о газированной воде. URL: <https://ecosoft.ua/blog/vse-cto-vy-khoteli-znat-o-gazirovannoy-vode/> (дата звернения 1.06.2021).
15. Как газировать воду в домашних условиях. URL: <https://ecosoft.ua/blog/kak-gazirovat-vodu/> (дата звернения 1.06.2021).
16. Сатуратор с пассивной деаэрацией. URL: <https://www.prnc.ru/Pages/saturator-1.htm> (дата звернения 1.06.2021).
17. Сатуратор. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80> (дата звернения 1.06.2021).
18. Сатуратор. URL: <http://www.pack-line.ru/prod-saturator.htm> (дата звернения 1.06.2021).
19. Новая почта. Стоимость доставки. URL: <https://novaposhta.ua/ru/delivery> (дата звернения 1.06.2021).
20. Единый социальный взнос. URL: <https://index.minfin.com.ua/labour/social/> (дата звернения 1.06.2021).

21. Тарифи на послуги з розподілу електричної енергії. URL: [https://www.dtek-dnem.com.ua/ua/services-tariffs#:~:text=%D0%B7%2001.10.2019%20%D0%BF%D0%BE%2031.12,%D0%9C%D0%92%D1%82%C2%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%20\(%D0%B1%D0%B5%D0%B7%20%D0%9F%D0%94%D0%92\)%3B/](https://www.dtek-dnem.com.ua/ua/services-tariffs#:~:text=%D0%B7%2001.10.2019%20%D0%BF%D0%BE%2031.12,%D0%9C%D0%92%D1%82%C2%B7%D0%B3%D0%BE%D0%B4%20(%D0%B1%D0%B5%D0%B7%20%D0%9F%D0%94%D0%92)%3B/) (дата звернення 1.06.2021).

22. Основні засоби. URL: [https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka\\_grypu\\_oz.pdf](https://www.golovbukh.ua/files/2020/092020/Shpargalka_grypu_oz.pdf) (дата звернення 1.06.2021).

23. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Вид. офіц. м. Київ, 2010, 15 с.

24. Пожежна безпека на підприємстві: ПРАВИЛА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ. URL: <https://profiteh.ua/pozhezhna-bezpeka-na-pidprijemstvi-pravyla-ta-orhanizatsiia/> (дата звернення 6.06.2021).