

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

(повна назва інституту/факультету)

**Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації**

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Анатолій ЖУЧЕНКО

“18” грудня 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології хімічних виробництв»**

**зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

(код і назва)

**на тему: Керування процесами лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЛА-91мп

(шифр групи)

Волошин Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Ярошук Людмила Дем'янівна

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

Рецензент \_\_\_\_\_

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

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-хімічний факультет**

(повна назва)

**Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації**

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології хімічних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Анатолій ЖУЧЕНКО

«27» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Волошину Олександрю Сергійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Керування процесами лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу

науковий керівник дисертації Ярошук Людмила Дем'янівна, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «3» листопада 2020 р. №3207-С

2. Термін подання студентом дисертації 18 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження процес лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу \_\_\_\_\_

4. Вихідні дані температура у регенераторі до 80 °С, тиск у регенераторі 0,5 МПа, температура КТК на вході в абсорбер 30-50 °С, остаточний вміст сірководню у очищеному газі не більше 20 мг/м<sup>3</sup>, тиск вихідного газу, до у 0,2 МПа

5. Перелік завдань, які потрібно розробити проаналізувати процес лужно-каталітичного очищення ПНГ, створити модель абсорбера, створити систему керування абсорбером, створити базу знань, розробити стартап проекту, розробити схему автоматизацію процесу

---

---

6. Орієнтовний перелік графічного ( ілюстративного ) матеріалу технологічна схема процесу, схема автоматизації, перехідні характеристики замкнених систем керування, структурно-параметрична схема об'єкту керування, дерево аварійних ситуацій, графіки зміни параметрів імітаційної моделі абсорбера

---

7. Орієнтовний перелік публікацій Дослідження процесу абсорбції як методу очищення попутного нафтового газу; Застосування фільтра Калмана для керування абсорбером; Адаптивна система керування абсорбером.

---

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 30 жовтня 2020

---

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Збір та аналіз інформації про процес лужно-каталітичного очищення ПНГ	5.11.20	
2	Розробка моделі абсорбера	10.11.20	
3	Створення систем керування абсорбером	16.11.20	
4	Створення бази знань експертної системи	22.11.20	
5	Розробка схеми автоматизації процесу	25.11.20	
6	Розробка стартап проекту	2.12.20	
7	Оформлення дисертації	4.12.20	

Студент

Олександр ВОЛОШИН,

Науковий керівник дисертації

Людмила ЯРОЦУК

---

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Керування процесами лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу», містить 98 сторінки пояснювальної записки, 47 ілюстрацій, 26 таблиці, 4 додатки та 20 бібліографічних найменування.

Метою проекту є створення такої системи керування процесом очищення ПНГ від сірководню, яка б забезпечила потрібну якість очистки та економічну ефективність підприємства, зберегла стабільну роботу процесу та дозволила ефективно використовувати попутний нафтовий газ.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу.

Предмет дослідження – модель процесу абсорбції, системи керування процесом абсорбції.

Проведено аналіз хіміко-технологічної системи процесу: його апаратів, матеріальних потоків та технологічних змінних, розроблено імітаційну модель абсорбера засобами програми Trace Mode; створено дві конкуруючі системи керування об'єктом: адаптивна та комбінована з елементами нечіткої логіки; створено базу знань експертної системи для надання рекомендацій при виникненні порушень у виробничому процесі, створено та описано систему автоматизації процесів; запропоновано стартап-проект щодо використання методів та алгоритмів адаптації для різних галузей діяльності людини.

Під час роботи були використані такі спеціальні програми як Matlab, Mathcad, Trace Mode, Simulink, MS Office, MS Visio.

Ключові слова: попутний нафтовий газ, абсорбція, сірководень, нечітка логіка, адаптивна система керування, база знань, схема автоматизації.

## ABSTRACT

The master's dissertation is made on the topic "The control of processes alkaline-catalytic purification of associated petroleum gas", contains 98 pages of explanatory note, 47 illustrations, 26 tables, 4 appendices and 20 bibliographic titles.

The aim of the project is to create a control system for the process of purification of APG from hydrogen sulfide, which would ensure the required quality of purification and economic efficiency of the enterprise, maintain stable operation of the process and allow efficient use of associated petroleum gas.

The object of research is technological processes of alkaline-catalytic purification of associated petroleum gas.

The subject of research is a model of the absorption process, two control systems of the absorption process.

The analysis of the chemical-technological system of the process is carried out: its devices, material flows and technological variables, the simulation model of the absorber is developed; created two competing object management systems: adaptive and combined with elements of fuzzy logic; created a knowledge base of the expert system to provide recommendations in case of violations in the production process, created and described a system of process automation; the start-up project of using methods and algorithms of adaptation for various branches of human activity is offered.

During the work such special programs as Matlab, Mathcad, Trace Mode, Simulink, MS Office, MS Visio were used.

Key words: associated petroleum gas, absorption, hydrogen sulfide, fuzzy logic, adaptive control system, knowledge base, automation scheme.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛУЖНО-КАТАЛІТИЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПОПУТНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ.....	10
1.1. Аналіз і використання попутного нафтового газу.....	10
1.2. Опис технологічної схеми процесу.....	12
1.3. Аналіз абсорбера як об'єкта керування.....	14
1.4. Аналіз існуючих систем керування процесом абсорбції.....	17
1.5. Постановка задачі дослідження.....	21
2. МОДЕЛЮВАННЯ АБСОРБЕРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ.....	22
2.1. Приклади математичного моделювання абсорберів.....	22
2.2. Математичне моделювання абсорбції у процесі лужно-каталітичного очищення для використання засобами Trace Mode.....	25
2.3. Реалізація моделі об'єкта керування в програмному пакеті Trace Mode.....	30
Висновки до розділу 2.....	36
3. СИНТЕЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ АБСОРБЦІЇ.....	38
3.1. Створення системи керування з нечіткою логікою.....	39
3.1.1. Обґрунтування та створення системи керування з нечіткою логікою.....	39
3.1.2. Функції належності нечіткого контролера.....	41
3.1.3. Розробка продукційних правил та дослідження алгоритму нечіткого перетворення засобами <i>MathCAD</i> .....	45
3.1.4. Реалізація нечітких перетворень системи засобами <i>Matlab</i> .....	48
3.1.5. Моделювання системи керування з нечіткою логікою засобами <i>Simulink</i> .....	51
3.2. Створення адаптивної системи керування абсорбером.....	53

Висновки до розділу 3.....	56
4. СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ.....	58
4.1. Створення бази даних для аналізу стану процесу лужно-каталітичного очищення ПНГ .....	59
4.2. Формування дерева аварійних ситуацій з рекомендаціями по їх усуненню.....	62
4.3. Схема автоматизації процесу.....	69
4.4. Блокування, сигналізація, аварійний захист.....	74
Висновки до розділу 4 .....	75
5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	76
5.1. Опис ідеї стартап-проекту .....	76
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	79
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	80
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	89
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	93
Висновки до розділу 5 .....	96
ВИСНОВОК .....	98
Список використаної літератури.....	99
ДОДАТКИ.....	
Додаток 1. База знань для ЕС .....	103
Додаток 2. Специфікація устаткування, виробів і матеріалів .....	114
Додаток 3. Коди програм.....	140
Додаток 4. Схема автоматизації процесу .....	144

## ВСТУП

Раціональна утилізація видобутого попутного нафтового газу (ПНГ) є однією з найбільш актуальних завдань в області енерго- і ресурсозбереження. Згідно з прогнозами експертів, у найближче десятиліття основним напрямком розвитку енергетики буде не тільки альтернативна енергетика, а й більш ефективне та інтенсивне використання мінеральних енергоресурсів, насамперед - газу [1]. Це стосується і до ПНГ.

Супутній нафтовий газ за складом не поступається природному газу. Порівняно з ним у ньому міститься менше метану, але, натомість, більше етану, пропану, бутану та вищих вуглеводнів, що дозволяє в повному обсязі використовувати ПНГ в нафтохімії [2].

Попутний нафтовий газ родовищ ряду регіонів країн СНД характеризується відносно невисокими обсягами його виробництва при сепарації сірчистої нафти (100-1000 м<sup>3</sup> / год), низьким надлишковим тиском сепарації і високим (до 6-7% мас.) вмістом сірководню. Численні технології переробки природного і попутного газу, спрямовані на виробництво зріджених газів і рідких моторних палив, потребують попереднього видалення сірчистих домішок. Всі ці фактори в сукупності з недостатньо розвиненою системою газо-транспорту і відсутністю потужності для переробки є перешкодою для використання цього найціннішого вуглеводневого ресурсу в якості сировини нафтопереробки і нафтохімії. Через відсутність надійної технології промислової очистки ПНГ газ утилізують спалюванням на факелах, завдаючи значної екологічної шкоди токсичними сірчистими викидами. Тому використання ПНГ є не тільки вигідним з економічної точки зору, як гарний приклад енерго- та ресурсозбереження, а й з екологічної.

Одним з можливих варіантів використання попутного нафтового газу невеликих родовищ сірчистої нафти є його реалізація як палива, тобто використання для вироблення електричної і теплової енергії на газо-поршневих або турбінних станціях для отримання енергії, що піде на само підприємство,



тобто локально. Однак, і в цьому випадку наявність в складі ПНГ сірководню не дозволяє в повній мірі застосовувати його в якості паливного газу і значно скорочує термін служби печей підігріву нафти і парових котлів на промислах. Тому і тут необхідна якісна очистка ПНГ від сірководню.

Для даного дослідження бу обраний лужно-каталітичний спосіб очистки, як один з найбільш якісних. Цей процес не можна назвати простим. Існує велика кількість різних нюансів які треба враховувати для забезпечення ефективності системи. До таких належать кінцева концентрація залишкового сірководню, яка свідчить про якість ступеня очищення, надмірне використання сировини, що знижує його цінність та, відповідно, економічну ефективність підприємства, стабільність процесу та усього виробництва в цілому.

Отже, головною метою дисертації є створення такої системи керування процесом очищення ПНГ від сірководню, яка б змогла вирішити усі ці проблеми, забезпечивши стабільність виробництва, та дозволила ефективно використовувати ПНГ.

# 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛУЖНО-КАТАЛІТИЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПОПУТНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

## 1.1. Аналіз і використання попутного нафтового газу

**Попутний нафтовий газ (ПНГ)** — побічний продукт нафто добутку, суміш різних вуглеводневих газів (в основному насичені вуглеводні), яка розчинена у нафті [3].

Особливістю походження нафтового попутного газу є те, що він виділяється з нафти на будь-який з стадій роботи з нею: від розвідки і видобутку до процесу нафтопереробки і в кінцевій реалізації (попутно) [4].

До недавнього часу попутний газ в переважній більшості випадків просто спалювався на факелах. Такі дії завдавали значної шкоди навколишньому середовищу, забруднювали атмосферу викидом шкідливих речовини, що утворювалися при спалюванні ПНГ, не кажучи вже про суттєві економічні втрати викликані таким варварським знищенням цінної вуглеводневої сировини.

Нині за законодавством України ПНГ є товарною продукцією [5], тому за обсяги нафтового (попутного) газу, який виділяється при видобуванні нафти нараховується та сплачується рентна плата, навіть якщо ПНГ не використовується у виробничо-господарській діяльності, а згорає на факельних установках.

Основні елементи складу попутного нафтового газу це метан, етан, пропан, бутан та ізобутан. Їх кількість (та наявність додаткових елементів) різняться в залежності від типу родовища (нафтове, газове, нафтогазове) та періоду часу сепарації нафти

У таблиці 1.1 представлений склад ПНГ за трьома ступенями сепарації нафти: виділився газ після 1 ступені, після 2 ступені і після 3 ступені (кінцевий). Також в таблиці для порівняння наведено компонентний складом природного газу, щоб наочно оцінити відмінності між ними.

Таблиця 1.1 Компонентний склад ПНГ газонафтового родовища (у відсотках об'єму) [6]

Компонент	Формула	Природний газ	Попутний нафтовий газ		
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь
Метан	CH <sub>4</sub>	94,3442	88,3268	78,1036	68,0128
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,9114	4,0652	6,6898	9,9822
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,4312	2,7050	5,2149	9,3708
И-Бутан	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0457	0,6432	2,7913	2,5916
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0719	0,9803	2,0636	3,7911
И-Пентани	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0289	0,2769	0,8086	1,0854
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0258	0,2720	0,7923	1,0583
И-Гексани	iC <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,0014	0,0665	0,0715	0,2711
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,0180	0,0797	0,0857	0,3133
И-Гептани	iC <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,0082	0,0770	0,0827	0,2456
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,0261	0,0264	0,0484	0,0992
Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,0092	0,0414	0,0446	0,1814
И-Октани	iC <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,0017	0,0337	0,0362	0,0862
Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,0111	0,0032	0,0034	0,0040
Октан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,0058	0,0058	0,0062	0,0033
И-Нонани	iC <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,0035	0,0101	0,0130	0,0232
Нонан	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,0052	0,0121	0,0094	0,0256
И-Декани	iC <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,0148	0,0032	0,0045	0,0129
Декан	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,0074	0,0067	0,0012	0,0104
Вуглекислий газ	CO <sub>2</sub>	0,7379	1,2296	1,7089	2,5362
Азот	N <sub>2</sub>	1,2906	1,1349	1,4199	0,2943
Сірководень	H <sub>2</sub> S	0,0000	0,0003	0,0003	0,0011

Порівняно з природним газом, у складі якого, як правило, переважає метан, попутний нафтовий газ набагато багатіший. В нафтовому газі кількість гомологів метану (етан, пропан, бутан ...) на порядок вище, ніж в природному. Тому ПНГ може використовуватися не тільки як паливо; сфера його застосування набагато ширша. З нафтових газів шляхом хімічної переробки отримують, наприклад, стабільний газовий бензин, газове моторне паливо, азот, гелій. Також з нього можна зробити сировину (пропілен, бутилен, бутадиєн і ін.), яку використовують у виробництві пластмас і каучуків [7]. Переробка ПНГ по газо- і нафтохімічному виробництві - це головний напрямок його корисного використання.

## 1.2. Опис технологічної схеми процесу

Раціональна утилізація видобутого ПНГ є одним з найбільш актуальних завдань в області ресурсозбереження. Одним з найбільш перспективних варіантів промислової утилізації є його використання для вироблення електричної та теплової енергії. Однак, газ містить сірководень (до 6...7 % мас.), який викликає хімічну й електрохімічну корозію металів. Ця обставина не дозволяє застосовувати цей газ як паливо чи сировину для нафтопереробки. Актуальним є вибір найбільш ефективного методу очищення ПНГ.

Процес Серокс-Газ-1, розроблений Волжським науково дослідним інститутом вуглеводневої сировини (ВАТ «ВНІУС»), призначений для видалення сірководню з вуглеводневих газів до остаточного вмісту сірководню не більше 20 мг / м<sup>3</sup> (ГОСТ 5542-87). Процес оснований на поглинанні сірководню і частково діоксиду вуглецю розчином КТК в абсорбері. Насичений розчин піддається регенеративному знешкодженню киснем повітря в присутності гомогенного каталізатора ІВКАЗ, виробленого за технологією ВАТ «ВНІУС». Частина регенованого розчину направляється знову на очистку, а утворені нетоксичні сірчисті стоки утилізуються змішуванням із водою, що утворюється після поділу нафтової емульсії в сепараторі, і закачуванням в пласт для підтримання пластового тиску (в систему ППД) [8].

Технологічна схема лужно-каталітичного очищення ПНГ (процес Серокс-Газ-1) представлена на рис. 1.1.

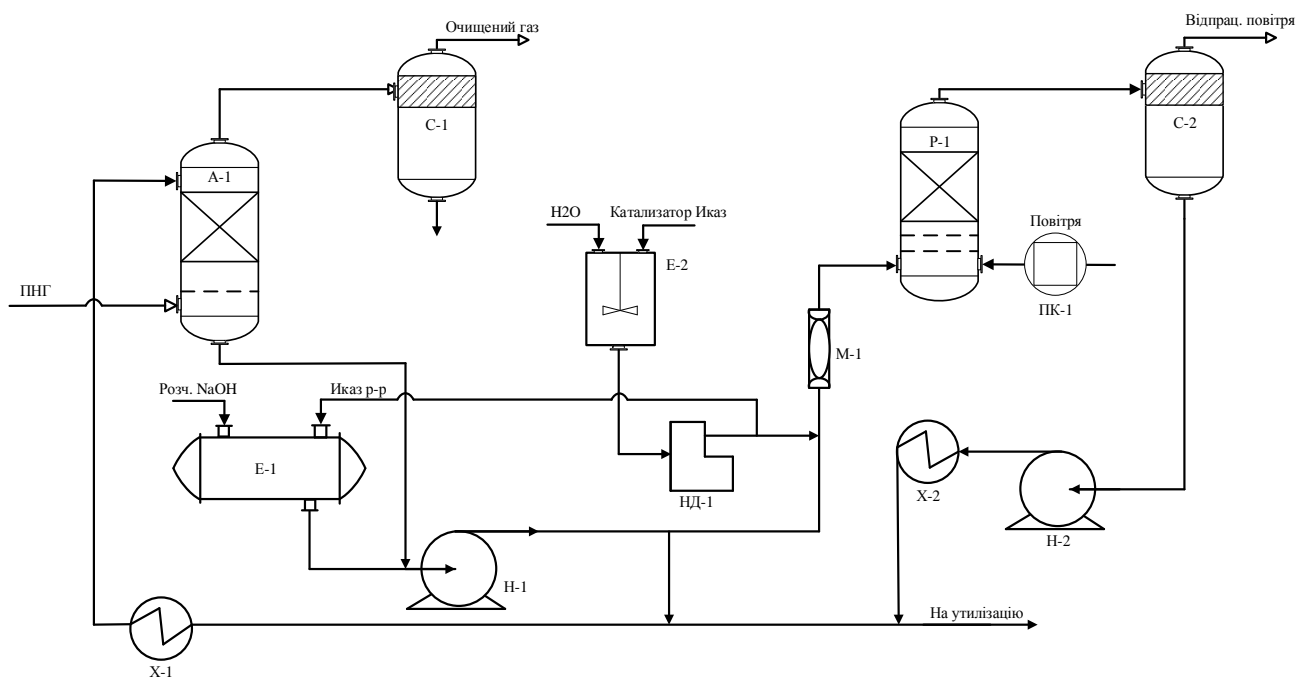
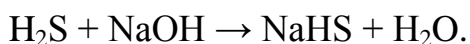
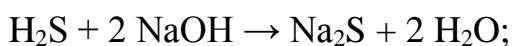


Рис.1.1. Технологічна схема процесу лужно-каталітичної очистки ПНГ:  
 А-1 – абсорбер; С-1,2 – сепаратор; Е-2 – ємність для приготування розчину каталізатору; Н-1,2 – насоси; Е-1 – ємність для приготування КТК; ПК-1 – повітряний компресор; Х-1,2 – холодильники; Р-1 – реактор; НД-1 – дозуючий насос;  
 М-1 – змішувач

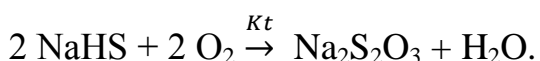
Вихідний газ, попередньо знижений до тиску 0,2 МПа (Хат.), через розподільний пристрій надходить в А-1. Ємність А-1 зрошується КТК, який готується в ємності Е-1. У А-1 відбувається вилучення сірководню з ПНГ по реакцій з утворенням сульфідів і гідросульфідів натрію:



Очищений від сірководню газ з А-1 направляється в сепаратор-каплевідбійник С-1 для звільнення від крапель розчину КТК. Далі очищений газ з С-1 направляється на використання в якості паливного газу.

Насичений розчин КТК насосом Н-1 подається через статичний змішувач М-1 в куб регенератора Р-1. В лінію подачі розчину КТК дозуючим насосом НД-1 з ємності Е-2 подається розрахункова кількість розчину каталізатора

ІВКАЗ для підтримки його концентрації в КТК. У куб регенератора Р-1 через розподільний пристрій компресором ВК-1 подається розрахункова кількість технологічного повітря. У регенераторі Р-1 за температури до 80 °С і тиску 0,5 МПа в присутності каталізатора ІВКАЗ відбувається окислення сульфїду і гїдросульфїду натрію до сульфату і тїосульфату натрію по реакціях:



Регенований розчин КТК спільно з відпрацьованим повітрям з верху регенератора Р-1 направляються в сепаратор С-2, в якому відбувається поділ відпрацьованого повітря і розчину КТК. З верху сепаратора С-2 відпрацьоване повітря надходить в трубу розсіювання або в піч на прогартовування, а розчин КТК насосом Н-2 направляється в холодильник Х-2, де охолоджується до температури 30-50 °С. Потім регенований КТК подається в А-1 для очищення газу, а балансова кількість періодично виводиться з дренажної водою на утилізацію. Термін відпрацювання розчину залежить від вмісту сірководню і діоксиду вуглецю в газі.

Утилізація відпрацьованого розчину, що містить нейтральні нетоксичні солі, здійснюється шляхом змішування з водою установки підготовки нафти і закачуванням далі в систему ППД.

### 1.3. Аналіз абсорбера як об'єкта керування

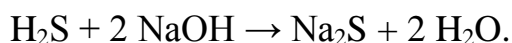
Абсорбція – вибіркоче поглинання газів або рідин, а також електромагнітних коливань (світла і звуку) [9]. На відміну від адсорбції, за якої масообмін відбувається в основному на поверхні поглинальної речовини, при абсорбції масообмін спостерігається по всьому об'єму рідини – абсорбента. Швидкість процесу абсорбції залежить від різниці концентрацій у газовій суміші та рідині.

Абсорбери – це спеціальні апарати, в яких протікає цей процес. Абсорбер це, як правило, колонка в якій знаходиться насадка або тарїлка, що має зазвичай

два входи (очищувальний газ, що подається у нижню частину апарату та абсорбент – у верхню) та два виходи (відпрацьований абсорбент виходить знизу, та газ, що пройшов очистку, виходить з абсорбера з верхньої його частини). Одною з основних завдань абсорбера це підтримка поверхні контакту газової та рідкої фаз максимально можливою.

Існує кілька технологій для досягнення цього, але найбільш поширеним варіантом є регулювання гідродинамічного режиму, тобто зміни витрат газу та рідини. Як наслідок, основними керувальними впливами є або вхідна витрата абсорбенту або співвідношення вхідних витрат газу та абсорбенту. Найкращою керованою величиною, виходячи з сутності апарату, можна вважати ступінь очищення вихідного газу.

Очищення складається з двох етапів. На першому етапі відбувається абсорбція сірководню розчином КТК, а на другому – сама реакція зв'язування  $\text{H}_2\text{S}$  лугом:



Оскільки швидкість хімічної реакції значно більша від швидкості абсорбції, то лімітуючим процесом є абсорбція  $\text{H}_2\text{S}$ .

До нижньої частини абсорбера надходить попутній нафтовий газ з витратою  $F_g$  та початковою концентрацією  $\text{H}_2\text{S}$   $y_0$ . Ця суміш рівномірно розподіляється по перетині колони і надходить на контактні елементи (насадку). У верхню частину колони подають КТК (розчин  $\text{NaOH}$  + спеціальний каталізатор) із витратою  $F_k$  та концентрацією  $x_0$ . У колоні здійснюється протиточна взаємодія газу та рідини. Стікаючи по насадці вниз, розчин  $\text{NaOH}$  з витратою  $F_k$ , вилучає  $\text{H}_2\text{S}$  із ПНГ (відбувається процес абсорбції) та виходить зі абсорбера з концентрацією  $\text{H}_2\text{S}$  у ньому  $x_1$ .  $F_{g\text{вих.}} = F_{g\text{вих.}}$  та  $F_{k\text{вих.}} = F_{k\text{вих.}}$  – витрата газу та рідини внаслідок перерозподілу  $\text{H}_2\text{S}$  між ними не міняється. Оцінкою результату очищення ПНГ від  $\text{H}_2\text{S}$  буде його концентрація на виході з апарату  $y_1$ . Вона є основним регульованим параметром, який забезпечує задану якість процесу.

На рис. 1.2. зображено спрощену схему абсорбера у процесі очистки ПНГ, а також вхідні і вихідні потоки для апарату.

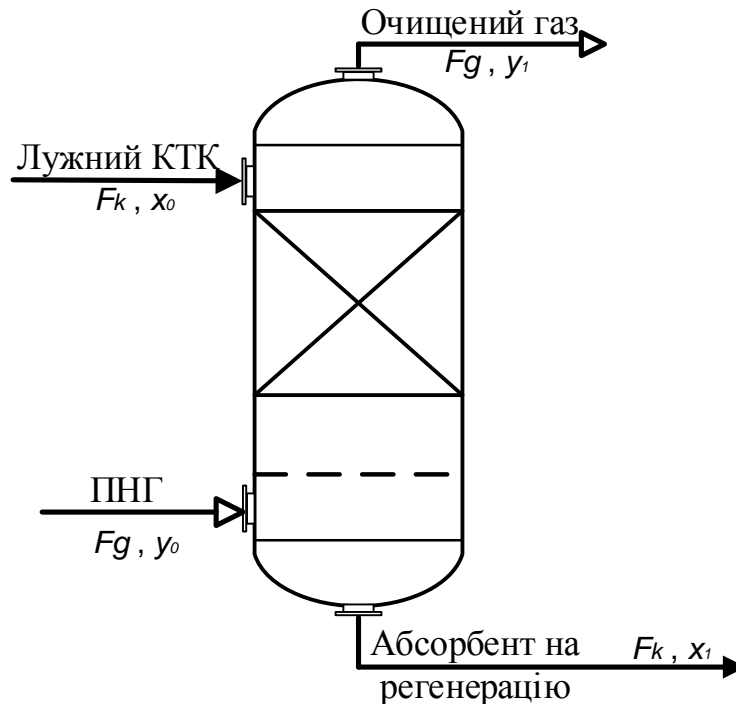


Рис.1.2. Спрощена схема абсорбера, де  $Fg$  – витрата попутного нафтового газу;  $Fk$  – витрата лужного каталізаторного комплексу;  $x_0, x_1$  – початкова та кінцева концентрація  $H_2S$  в лужному каталізаторному комплексі;  $y_0, y_1$  – початкова та кінцева концентрація  $H_2S$  в ПНГ.

Основними факторами, що впливають на процес абсорбції, є:

*Концентрація  $H_2S$  в очищеному газі – параметр якості, за яким керується весь процес.*

*Концентрація  $H_2S$  в ПНГ – параметр, що негативно впливає на хід процесу абсорбції.*

*Витрата КТК – відповідає за продуктивність виробництва та впливає на тривалість контакту КТК й ПНГ та рівень заповнення абсорбера.*

*Витрата ПНГ – відповідає за продуктивність виробництва та впливає на тривалість контакту КТК й ПНГ та тиск в абсорбері.*

*Властивості каталізатора: його концентрація, «свіжість», тобто число ітерацій виробничого циклу які він пройшов, активність – відповідає за те– наскільки він пришвидшує перебіг процесу абсорбції.*



Вище названі фактори належать до зовнішніх факторів, оскільки надходять апарат ззовні. Усі ці збурення проконтролювати та компенсувати теоретично можливо, але економічно дуже не вигідно. Наприклад, «свіжість». З кожною ітерацією вона падає, що має негативний вплив на перебіг процесу абсорбції, тому через деякий час абсорбент повністю зливають та замінюють на свіжий. А якщо зливати його одразу після 1-ої ітерації, щоб завжди мати найкращі показники, то витрати на сировину будуть колосальними.

Окрім зовнішніх факторів є ще внутрішні, що виникають всередині апарату в ході його роботи та впливають на конструктивні властивості об'єкта. До них можна віднести налипання матеріалу на стінки апарату, що зменшує площу контакту газу й абсорбенту, а отже й ефективність роботи абсорбера. На відміну від зовнішніх, внутрішні проконтролювати та стабілізувати майже неможливо.

Як можна побачити на апарат діє чимало різних факторів які необхідно враховувати для нормального функціонування роботи процесу. Можна дуже гарно налаштувати ПІД-регулятор, але немає гарантії що обрані параметри будуть оптимальним увесь час роботи апарату. Усе це спонукає до пошуку раціональних та нестандартних рішень. Можна використовуючи математичні алгоритми створити адаптивну систему для компенсації усіх внутрішніх і зовнішніх негативних факторів. Або можна скористатися досвідом експертів для емпіричного вирішення цієї проблеми. Кожний з варіантів має як переваги так і недоліки.

#### **1.4. Аналіз існуючих систем керування процесом абсорбції**

Існує величезна кількість різних систем керування таким типовими апаратом як абсорбер, які іноді, суттєво відрізняються від інших, в залежності від особливостей процесу та хімічних реакцій, що там протікають. Але для аналізу були відібрані ті варіанти, які зустрічаються найчастіше (рис. 1.3 – 1.5)

## 1) Типовий варіант автоматизації [10].

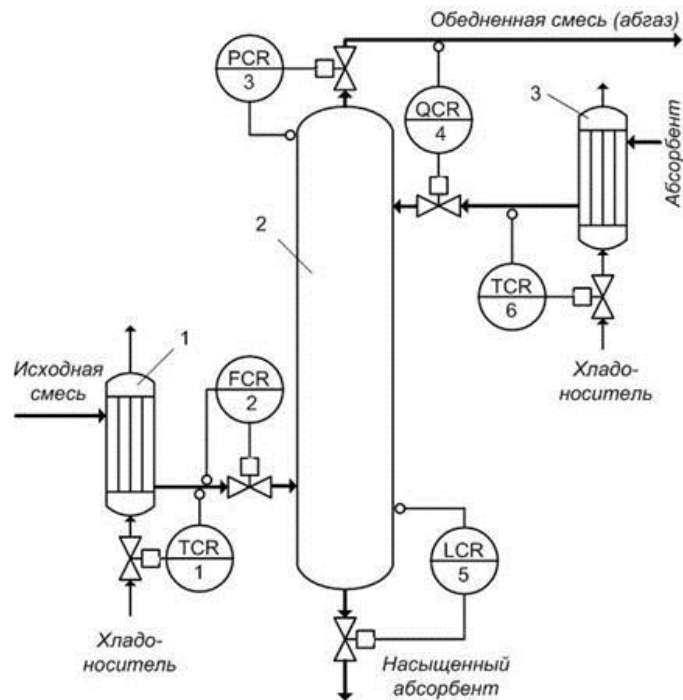


Рис.1.3. Схема автоматизації абсорбера варіант 1

Найбільш популярний варіант керування. Регульований параметр – вихідна концентрація очищеного газу, керуюча дія витрата абсорбента. Додатково ця схема регулює тиск і рівень заповнення апарату та вхідну витрату газу. Ще можна сказати про додаткові контури керування температурою вхідних потоків, але це тут не найголовніше. Схема керування в повній мірі дозволяє керувати процесами що перетікають в апараті. Щодо недоліків, то тут можна назвати відсутність інформації про величини вихідних потоків, та, напевно, запізнення регулювання, оскільки схема передбачає зміну витрати абсорбенту вже після виходу очищеного газу з апарату, тобто поки зміниться витрата абсорбенту певний об'єм газу з незадовольняючими нас параметрам вже вийде з процесу.

2) Варіант наведений Ф. Шинским [11].

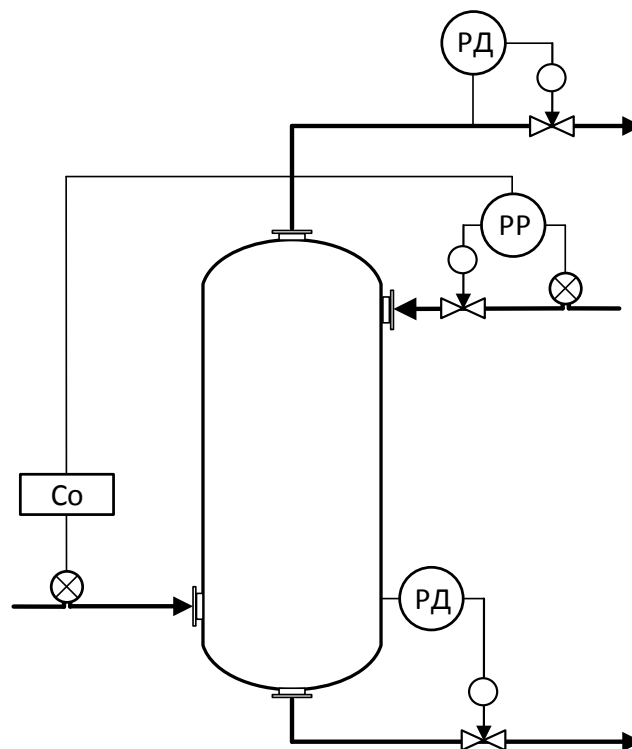


Рис.1.4. Схема автоматизації абсорбера варіант 2

Цей варіант передбачає в якості регульованого параметра не кінцеву концентрацію газу, а початкову. Такий варіант має як недоліки так і переваги. До мінусів слід віднести що немає точної інформації щодо якості вихідного газу, який ми очищуємо. Однак, необхідно й признати плюс такої схеми – її швидкодія: регулятор буде змінювати подачу абсорбенту ще на підході газу в абсорбер, а не тоді коли же він вийшов з апарату.

3) Контури керування запропоновані в навчальному посібнику  
 Казакова А. В. [12]

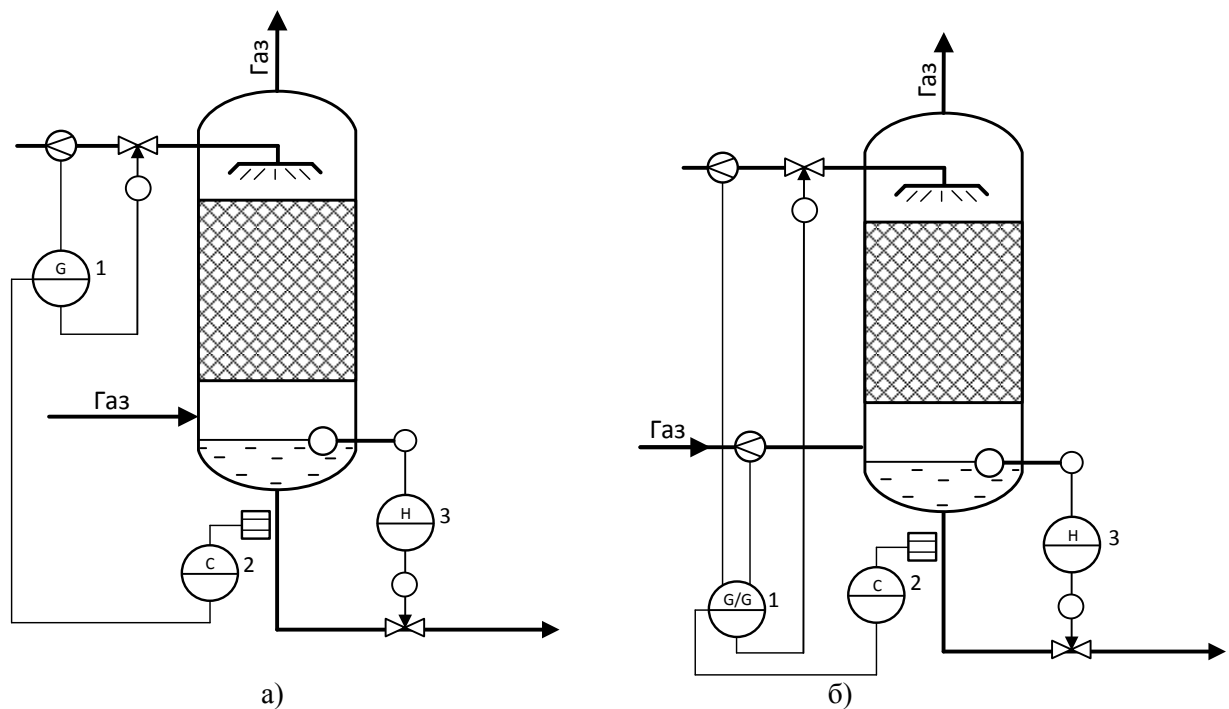


Рис.1.5. Схема автоматизації абсорбера варіант 3,

де а) Принципова схема автоматизації абсорбера з використанням двоконтурної системи автоматичного регулювання концентрації робочого розчину: 1 – регулятор витрати,

2 – регулятор концентрації, 3 – регулятор рівня; б) Принципова схема автоматизації

абсорбера з використанням комбінованої двоконтурної системи автоматичного регулювання концентрації робочого розчину: 1 – регулятор співвідношення, 2 – регулятор концентрації, 3 – регулятор рівня;

Тут зображено 2 варіанти керування апаратом, спільною рисою яких є керування за концентрацією в відпрацьованому абсорбенті. Гадаю, цей варіант буде доцільний в тих процесах, де зацікавленні не стільки в очищенні газу, скільки в добичі речовини поглинутої абсорбентом. Тому до досліджуваного процесу цей варіант не придатний. Цікавою є 2-а схема де керування відбуваються не просто витратою абсорбенту, а співвідношенням вхідних витрат (газу до абсорбенту). Думаю, що оскільки тут враховується вхідний потік газу, то абсорбенту витрачаються стільки скільки потрібно, без перевитрат, тобто цей варіант виглядає економічно оптимальнішим, бо дозволяє не витратити зайву сировину.

### 1.5. Постановка задачі дослідження

Для виконання головної мети дисертації необхідно:

- Змоделювати роботу абсорбера та дослідити його роботу
- Синтезувати систему керування абсорбером з використанням сучасних методів, яка забезпечить стабільність протікання процесу.
- Створити базу знань експертної системи про виникнення аварійних ситуацій на виробництві
- Розробити схему автоматизації процесу
- Розробити план реалізації стартап-пректу

Для цього необхідно провести детальний аналіз як досліджуваного об'єкта так і усього виробництва в цілому, використати спеціальними програмними пакетами для розрахунку таких як *Matlab*, *Mathcad* та *Trace Mode* та підібрати технологічні засоби для реалізації автоматизації процесу

## 2. МОДЕЛЮВАННЯ АБСОРБЕРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Для створення ефективної системи керування необхідно експериментально дослідити алгоритм керування. Але, оскільки безпосереднє дослідження таких апаратів на підприємстві пов'язане з низкою проблем, в більшості випадків для цього використовують спеціально розроблені моделі. Тому для дослідження роботи абсорбера у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ передбачено створити його імітаційну модель за допомогою спеціальної програми *Trace Mode*.

### 2.1. Приклади математичного моделювання абсорберів

Для аналізу та моделювання процесу абсорбції була створена структурно-параметрична схема технологічного об'єкта (рис. 2.1). На ній зображені впливи різних технологічних змінних на перебіг процесу. Від витрати КТК залежать такі параметри: об'єм заповнення абсорбера та концентрації сірководню у вихідних потоках газу та рідини. Схожий вплив має витрата ПНГ за єдиним виключенням: впливає на об'єм газу, а не рідини. Початкова концентрація сірководню в ПНГ має вплив на кінцеву в ПНГ та КТК. Окрім цього, сірководень, що не виділився в процесі регенерації абсорбенту та залишився в ньому, впливає також на концентрацію КТК та ПНГ на виході апарату.

Не зважаючи на те, що процес абсорбції є одним з основних в хімічній промисловості, називати його простим було б помилковим.

Щоб повніше розкрити проблему доцільно проаналізувати вже існуючі моделі процесу абсорбції в таких апаратах.

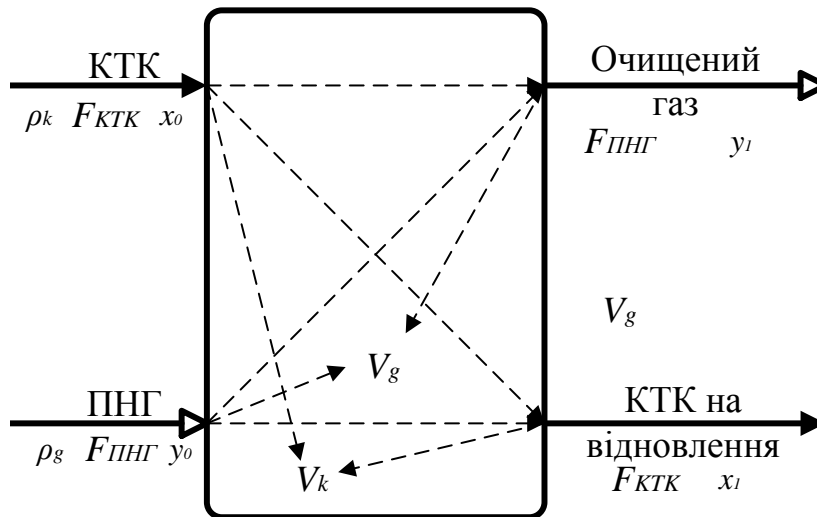


Рис.2.1. Структурно-параметрична схема:

$F_{ПНГ}$ , – витрата ПНГ на виході та вході в абсорбер;  $F_{КТК}$ , – витрата КТК ПНГ на виході та вході в абсорбер;  $V_g$ – об'єм газу в абсорбері;  $V_k$ – об'єм рідини в абсорбері;  $\rho_g$ – густина ;  $\rho_k$ – густина;  $x_0$ – концентрація сірководню в КТК на вході в абсорбер;  $x_1$ – концентрація сірководню в КТК на виході з абсорбера;  $y_0$ – концентрація сірководню в ПНГ на вході в абсорбер;  $y_1$ – концентрація сірководню в ПНГ на виході з абсорбера;

- 1) Математична модель абсорбера з урахуванням зміни температурного режиму [13]

$$dW_A = -G_0 dY_A = K_A (y_A - y_A^*) dF;$$

$$dW_B = -G_0 dY_B = K_B (y_B - y_B^*) dF;$$

$dW_A$ ,  $dW_B$  – зміна швидкості процесу передачі маси середовищ  $A$  та  $B$  (газового та рідкого);  $G_0$  – витрата;  $dF$  – зміна поверхні контакту середовищ  $A$  та  $B$ ;  $K_A$ ,  $K_B$  – коефіцієнти масопередачі середовищ  $A$  та  $B$ ;  $dY_A$ ,  $dY_B$  – зміна концентрації соляної кислоти;  $y_A$ ,  $y_B$  – кінцева концентрація соляної кислоти;  $y_A^*$ ,  $y_B^*$  – початкова концентрація соляної кислоти

Цей варіант через зміну швидкості масообміну та поверхні контакту речовин моделює сам процес абсорбції в місті безпосереднього контакту газового середовища з рідким. Вхідні та вихідні витрати не аналізуються повністю.

- 2) Розробка математичної моделі абсорбера [14].

$$\frac{dc_j}{dl} = -\frac{F_{e\Phi}}{v_r L} W_{j,F};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dc_{A_\Gamma}}{dl} = \frac{1}{\frac{Lv_\Gamma}{\beta_{A_\Gamma} F_{\text{еф}}}} c_{A_\Gamma}^\circ \\ \frac{dc_{C_\Gamma}}{dl} = \frac{1}{\frac{Lv_\Gamma}{\beta_{C_\Gamma} F_{\text{еф}}} + \frac{Lv_\Gamma}{\beta_{A_\Gamma} F_{\text{еф}}} H_c \frac{1}{\Phi}} c_{C_\Gamma}^\circ \end{array} \right. ;$$

де  $c$  – концентрація речовини, кмоль/м<sup>3</sup>;  $v$  – витрата речовини в нормальних умовах, м<sup>3</sup>/год;  $\beta$  – коефіцієнт масопереносу компонента, м/год;  $W$  – об'ємна характеристика інтенсивності газорідинної хемосорбції;  $F$  – ефективна поверхня контакту фаз, м<sup>2</sup>;  $\Phi$  – коефіцієнт прискорення масопередачі;  $L$  – рівень.

Ця модель працює через  $W$  – об'ємну характеристику інтенсивності газорідинної хемосорбції, тобто тут розглядається швидкість хімічної взаємодії між речовинами, тому цей варіант для даного об'єкту не є вдалим, оскільки, як же було сказано в 1.3, дуже швидке протікання хімічної реакції робить в процесі лімітуючим лише абсорбцію.

3) Моделювання абсорбції за умов невизначеності [15].

$$L(X_{\text{поч}} - X_{\text{кін}}) - K_p M_p F \left( \frac{(X_{\text{кін}} - X_p(Y_{\text{поч}})) + (X_{\text{поч}} - X_p(Y_{\text{кін}}))}{2} \right) = V_p \rho_p \frac{d}{dt} \left( \frac{X_{\text{поч}} + X_{\text{кін}}}{2} \right);$$

де  $L$  – витрата води;  $X_{\text{поч}}$ ,  $X_{\text{кін}}$  – початкова та кінцева масові концентрації окису етилену у воді;  $K_p$  – коефіцієнт масообміну;  $M_p$  – молярна маса води;  $X_{\text{рез}}(Y_{\text{поч}}) = mY_{\text{поч}}$ ,  $X_{\text{рез}}(Y_{\text{кін}}) = mY_{\text{кін}}$  – рівноважні концентрації окису етилену ( $m = 1,4$  – коефіцієнт розподілу),  $Y_{\text{поч}}$ ,  $Y_{\text{кін}}$  – початкова та кінцева об'ємні концентрації у газі,  $V_p$  – кількість рідини,  $\rho_p$  – густина рідини,  $F$  – поверхня масообміну в абсорбері

Проста модель, яка розглядає безпосередньо процес фізичного проникнення однієї речовини в іншу без хімічної взаємодії, тобто процес абсорбції. Для її роботи використовується лише різниця концентрацій речовини у рідини та газі. Цей варіант добре підходить для використання на даному технічному об'єкті. Єдиним недоліком є неповнота моделі: в ній розглядається



лише одне середовище – рідина, натомість повністю ігнорується газове середовище з усіма його властивостями.

## **2.2. Математичне моделювання абсорбції у процесі лужно-каталітичного очищення для використання засобами *Trace Mode***

Найважливішою технологічною змінною процесу абсорбції є концентрація сірководню в ПНГ на виході з абсорбера, оскільки вона є визначальною для процесу. З аналізу видно, що концентрацію можна регулювати зміною вхідних витрат ПНГ та КТК. За рахунок цього можна регулювати час контакту газового та рідкого середовища, а отже й тривалість абсорбції. Чим він більший, тим більш повно відбувається поглинання сірководню.

Іншою змінною, що теж характеризує абсорбцію є концентрація сірководню в КТК на виході з абсорбера. Ця змінна по важливості йде на другому місці після концентрації сірководню в ПНГ на виході. Від неї залежить подальший хід процесу у наступних апаратах, які відповідають за регенерацію старого та синтез нового абсорбенту. Окрім цього вона може ілюструвати проходження абсорбції.

Аналізуючи рис. 2.1 та опис процесу, маємо такі висновки:

*Керованою величиною* (регульований параметр) обираємо концентрацію  $H_2S$  в очищеному газі  $y_1$ , оскільки саме вона є основною змінною, за якою контролюють виконання заданої якості процесу, тому за нею виконують керування процесом.

*Керувальною величиною* (керувальною дією) обираємо витрату КТК на вході в абсорбер  $F_k$ , оскільки регулювання саме нею дозволить вивести концентрацію на потрібний нам рівень, не втручаючись у продуктивність апарату.

*Параметром стану* ходу процесу є  $x_1$  – концентрація  $H_2S$  в розчині КТК на виході з абсорберу.

Усі значення технологічних змінних та параметрів, що використовують при статичному моделюванні абсорбера, занесені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні змінні та параметри процесу

Назва	Позначення	Числове значення	Розмірність
Витрата ПНГ	$F_g$	873	кг/3600 с
Витрата КТК	$F_k$	100	кг/3600 с
Густина газової суміші	$\rho_g$	1,190	кг/м <sup>3</sup>
Густина рідкої фази	$\rho_k$	2130	кг/м <sup>3</sup>
Початкова концентрація H <sub>2</sub> S в КТК	$x_0$	0,005	кг речовини / кг розчину
Кінцева концентрація H <sub>2</sub> S в КТК	$x_1$	1,744	кг речовини / кг розчину
Початкова концентрація H <sub>2</sub> S в ПНГ	$y_0$	0,3	кг речовини / кг розчину
Кінцева концентрація H <sub>2</sub> S в ПНГ	$y_1$	0,1	кг речовини / кг розчину
Рівноважна концентрація у газі на вході	$y_r(x_0)$	0,0436	кг речовини / кг розчину
Рівноважна концентрація у газі на виході	$y_r(x_1)$	15,225	кг речовини / кг розчину
Рівноважна концентрація у розчині на вході	$x_r(y_0)$	0,034	кг речовини / кг розчину
Рівноважна концентрація у розчині на виході	$x_r(y_1)$	0,011	кг речовини / кг розчину
Стала Генрі	$m$	8,73	—
Кількість H <sub>2</sub> S, яка прийшла ПНГ у NaOH на одиницю рушійної сили в рідині	$SK_r$	3110	кг/3600 с
Кількість H <sub>2</sub> S, яка абсорбувалася у NaOH з ПНГ на одиницю рушійної сили в газовій фазі	$SK_g$	359,066	кг/3600 с
Об'єм, який займає газ	$V_g$	3,92	м <sup>3</sup>
Об'єм, який займає рідина	$V_k$	2	м <sup>3</sup>

При моделюванні статичного та динамічного режимів робимо такі припущення:

1. Лінійний (в напрямку руху газового потоку) розподіл концентрацій  $H_2S$  в рідинній і газовій фазах - одновимірний.

2. Вхідні витрати дорівнюють витратам на виході ( $Fg_{вх} = Fg_{вих} = Fg$  та  $Fk_{вх} = Fk_{вих} = Fk$ ), оскільки у вказаних точках відбору це витрати одних і тих самих матеріальних потоків.

4. Тиск в абсорбері постійний.

Рівняння матеріальних балансів складається на основі твердження: «Загальна кількість речовини, яка поступає у технологічний об'єкт керування дорівнює загальній кількості речовини, що виходить з ТОК і її кількості, що акумулювалась в ТОК» [16].

Основними акумулюючими ємностями, для яких складаються рівняння балансів, є розчин луку і газова суміш.

Статичний режим об'єкта представлений рівняннями матеріальних балансів:

$$F_g y_0 - F_g y_1 - SK_g \left( \frac{(y_0 - y_r(x_1)) + (y_1 - y_r(x_0))}{2} \right) = 0;$$

$$F_k x_0 - F_k x_1 + SK_r \left( \frac{(x_r(y_1) - x_0) + (x_r(y_0) - x_1)}{2} \right) = 0.$$

де  $SK_g \left( \frac{(y_0 - y_r(x_1)) + (y_1 - y_r(x_0))}{2} \right)$  – кількість  $H_2S$ , яка була віддана ПНГ;

$SK_r \left( \frac{(x_r(y_1) - x_0) + (x_r(y_0) - x_1)}{2} \right)$  – кількість  $H_2S$ , що була поглинута КТК;

$x_r(y), y_r(x)$  – рівноважні концентрації  $H_2S$  у розчині та у газі;

$$x_r(y) = y/m, y_r(x) = mx$$

$K_r, K_g$  – коефіцієнти масообміну між абсорбентом та сірководнем;

$S$  – поверхня масообміну;

Оскільки у статичному режимі:

$$SK_g \left( \frac{(y_0 - y_r(x_1)) + (y_1 - y_r(x_0))}{2} \right) = SK_r \left( \frac{(x_r(y_1) - x_0) + (x_r(y_0) - x_1)}{2} \right),$$

То можна звести рівняння статички до наступного виразу:

$$F_g y_0 - F_g y_1 + F_k x_0 - F_k x_1 = 0;$$

Звідки

$$y_1 = F_k \frac{(x_0 - x_1)}{F_g} + y_0. \quad (2.1)$$

На рис. 2.2 наведено документ *MathCAD* з розрахунком статичної характеристики каналу керування за отриманою залежністю:

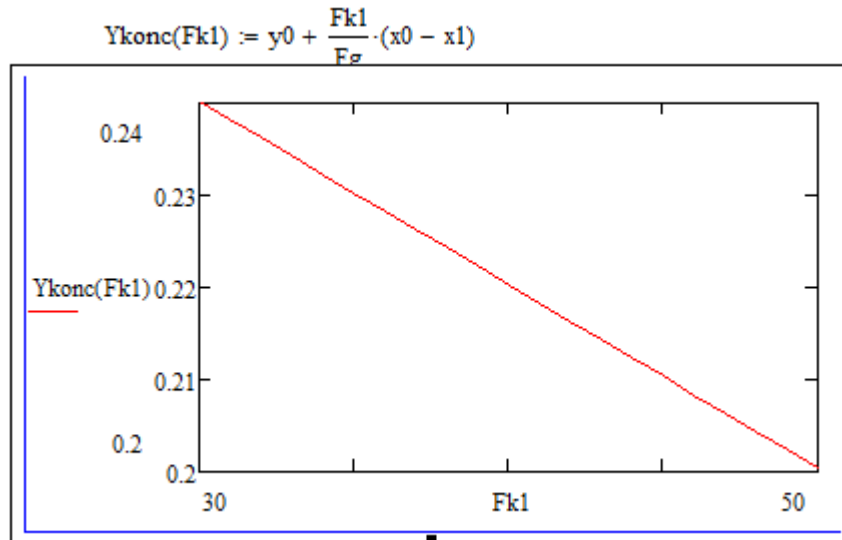


Рис.2.2. – Статична характеристика каналу керування  $F_k \rightarrow y_1$

Динамічний режим об'єкта представлений рівняннями:

$$F_g y_0 - F_g y_1 - SK_g \left( \frac{(y_0 - y_r(x_1)) + (y_1 - y_r(x_0))}{2} \right) = V_g \rho_g \frac{d}{dt} \left( \frac{y_0 + y_1}{2} \right); \quad (2.2)$$

$$F_k x_0 - F_k x_1 + SK_r \left( \frac{(x_r(y_1) - x_0) + (x_r(y_0) - x_1)}{2} \right) = V_k \rho_k \frac{d}{dt} \left( \frac{x_0 + x_1}{2} \right). \quad (2.3)$$

де  $V_k$  та  $V_g$  – об'єм, який займають рідина та газ відповідно;  $\rho_k$  та  $\rho_g$  – густина рідини та газової суміші відповідно.

Динамічну характеристику наведемо у вигляді передавальної функції. Для її створення потрібно провести лінеаризацію рівнянь матеріальних балансів.

Змінні, які підлягають лінеаризації:

- 1) Регульований параметр:  $y_1$ .
- 2) Керуюча дія:  $F_k$ .
- 3) Проміжна змінна:  $x_1$ .

Лінеаризація рівнянь (2.2) і (2.3) в точці статичного режиму:

$$y_1(t) = y_{1_0} + \Delta y_1(t);$$

$$F_k(t) = F_{k_0} + \Delta F_k(t);$$

$$x_1(t) = x_{1_0} + \Delta x_1(t).$$

Наведемо лінеаризовані рівняння:

$$-F_g \Delta y_1 - \frac{SK_g}{2} (\Delta y_1 - \Delta x_1 m) = \frac{V_g \rho_g}{2} \frac{d\Delta y_1}{dt}$$

$$\Delta F_k x_0 - \Delta F_k x_1 - F_k \Delta x_1 + \frac{SK_r}{2} \left( \frac{\Delta y_1}{m} - \Delta x_1 \right) = \frac{V_k \rho_k}{2} \frac{d\Delta x_1}{dt}$$

Виконаємо перетворення Лапласа:

$$\frac{SK_g m}{2} \Delta x_1 = \Delta y_1 \left( F_g + \frac{SK_g}{2} \right) + \frac{V_g \rho_g}{2} \frac{d\Delta y_1}{dt}$$

$$\Delta F_k (x_0 - x_1) + \frac{SK_r}{2m} \Delta y_1 = \Delta x_1 \left( F_k + \frac{SK_r}{2} \right) + \frac{V_k \rho_k}{2} \frac{d\Delta x_1}{dt}$$

$$\Delta y_1 \rightarrow y_1(p); \Delta F_k \rightarrow F_k(p); \Delta x_1 \rightarrow x_1(p).$$

$$K_{xy} x_1(p) = y_1(p)(T_y p + 1)$$

$$K_{Fx} F_k(p) + K_{yx} y_1(p) = x_1(p)(T_x p + 1),$$

де значення коефіцієнтів розраховується за такими формулами:

$$K_{xy} = \frac{SK_g m / 2}{F_g + SK_g / 2}.$$

$$K_{Fx} = \frac{x_0 - x_1}{F_k + SK_r / 2}.$$

$$K_{yx} = \frac{SK_r / 2m}{F_k + SK_r / 2}.$$

$$T_y = \frac{V_g \rho_g / 2}{F_g + SK_g / 2}.$$

$$T_x = \frac{V_k \rho_k / 2}{F_k + SK_r / 2}.$$

Можемо записати передавальну функцію за каналом керування:

$$W_{F_k \rightarrow y_1}(p) = \frac{K_{xy} K_{Fx}}{(T_x p + 1)(T_y p + 1) - K_{xy} K_{yx}};$$

Якщо підставити числові значення з табл. 2.1 в рівняння, то отримуємо таку передавальну функцію та перехідну характеристику каналу керування (рис. 2.3):

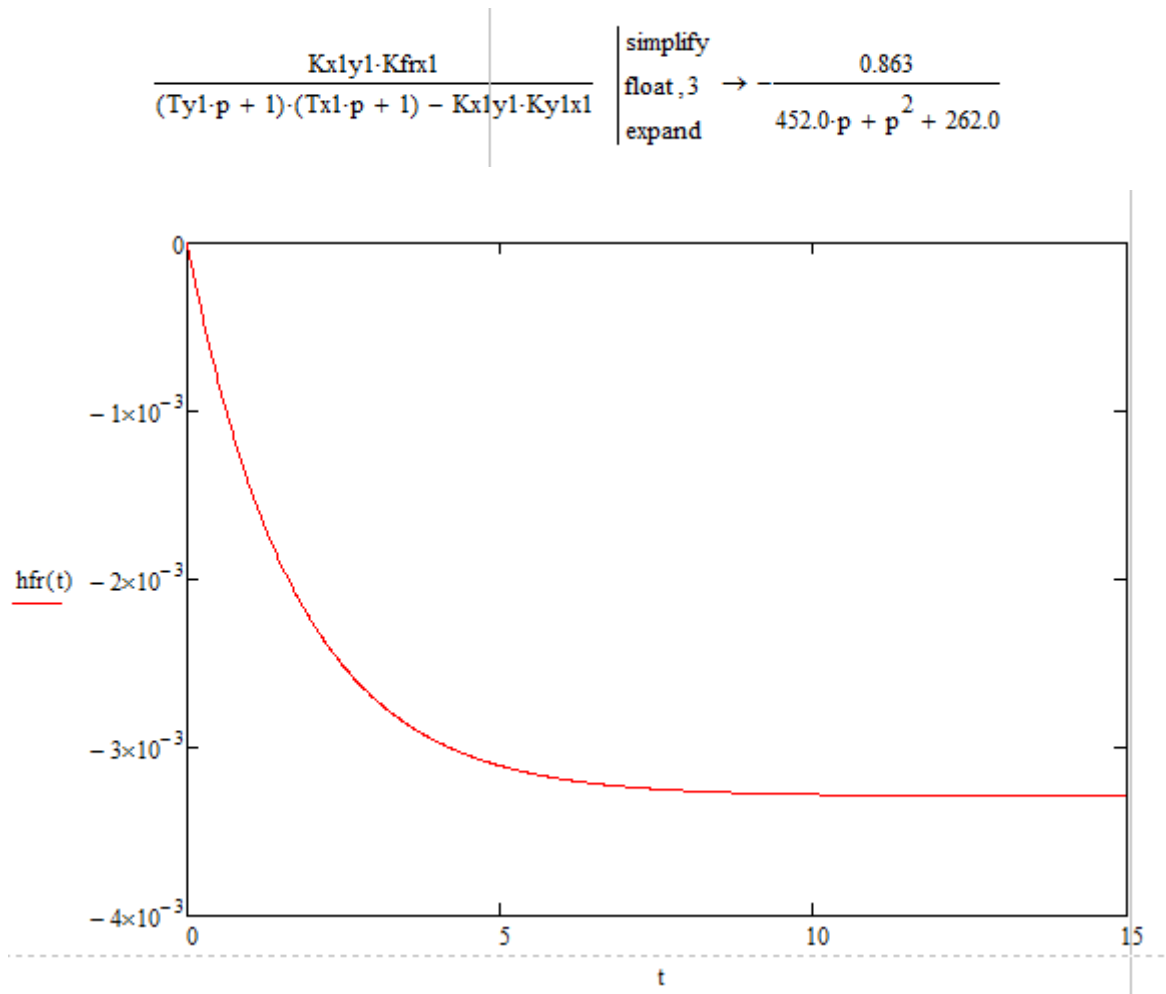


Рис.2.3. Перехідна характеристика за каналом керування  $F_k \rightarrow y_1$

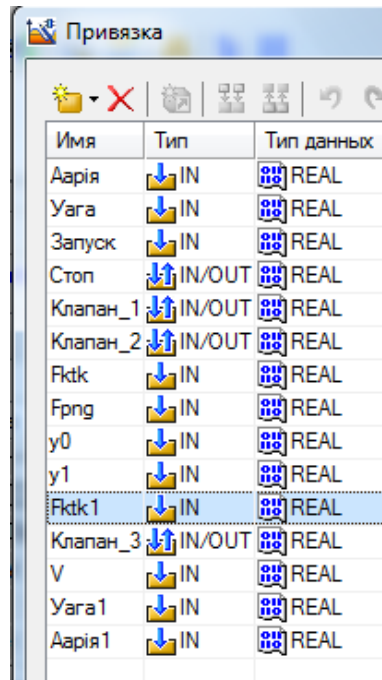
### 2.3. Реалізація моделі об'єкта керування в програмному пакеті *Trace*

#### *Mode*

Використаємо розраховану математичну модель статички об'єкту (2.1) для створення його симуляції в програмі *Trace Mode*.

Об'єкт керування має два контури керування, що працюють за каналами: «витрата КТК на вході – концентрація сірководню в очищеному газі» та «витрата КТК на виході – рівень заповнення розчином абсорбера». Тому змодельюємо ці канали для реалізації об'єкту керування.

В компоненті Экран#1:1 створюємо операторський інтерфейс проекту. Потім створюємо аргументи екрану (Клапан\_1, Клапан\_2, Клапан\_3, у0, у1, Увага, Аварія, Увага1, Аварія1, Ftkk, Fpng), організуємо прив'язку цих аргументів до відповідних компонентам екрану (рис 2.4)



Имя	Тип	Тип данных
Аварія	IN	REAL
Увага	IN	REAL
Запуск	IN	REAL
Стоп	IN/OUT	REAL
Клапан_1	IN/OUT	REAL
Клапан_2	IN/OUT	REAL
Ftkk	IN	REAL
Fpng	IN	REAL
у0	IN	REAL
у1	IN	REAL
Ftkk1	IN	REAL
Клапан_3	IN/OUT	REAL
V	IN	REAL
Увага1	IN	REAL
Аварія1	IN	REAL

Рис.2.4. Аргументи екрану

Відобразимо схему об'єкту керування з динамічними елементами для наочного подання перебігу процесу. Отриманий операторський інтерфейс представлений на рис. 2.5. Зліва розташоване графічне зображення моделі абсорбера, напрямки руху матеріальних потоків та їх значення. З правої сторони зображено пульт керування оператора. На ній є кнопки пуску та зупинки процесу, сигнальні аварійні лампочки та, найголовніше, «повзунки» за допомогою яких можна безпосередньо змінювати значення витрат матеріальних потоків. Додатково на пульті дублюється значення параметрів процесу. Окрім цього, на ньому розташована спеціальна кнопка, яка виводить на екран графіки зміни основних параметрів процесу. Код програмної реалізації об'єкту знаходиться у додатку 3.

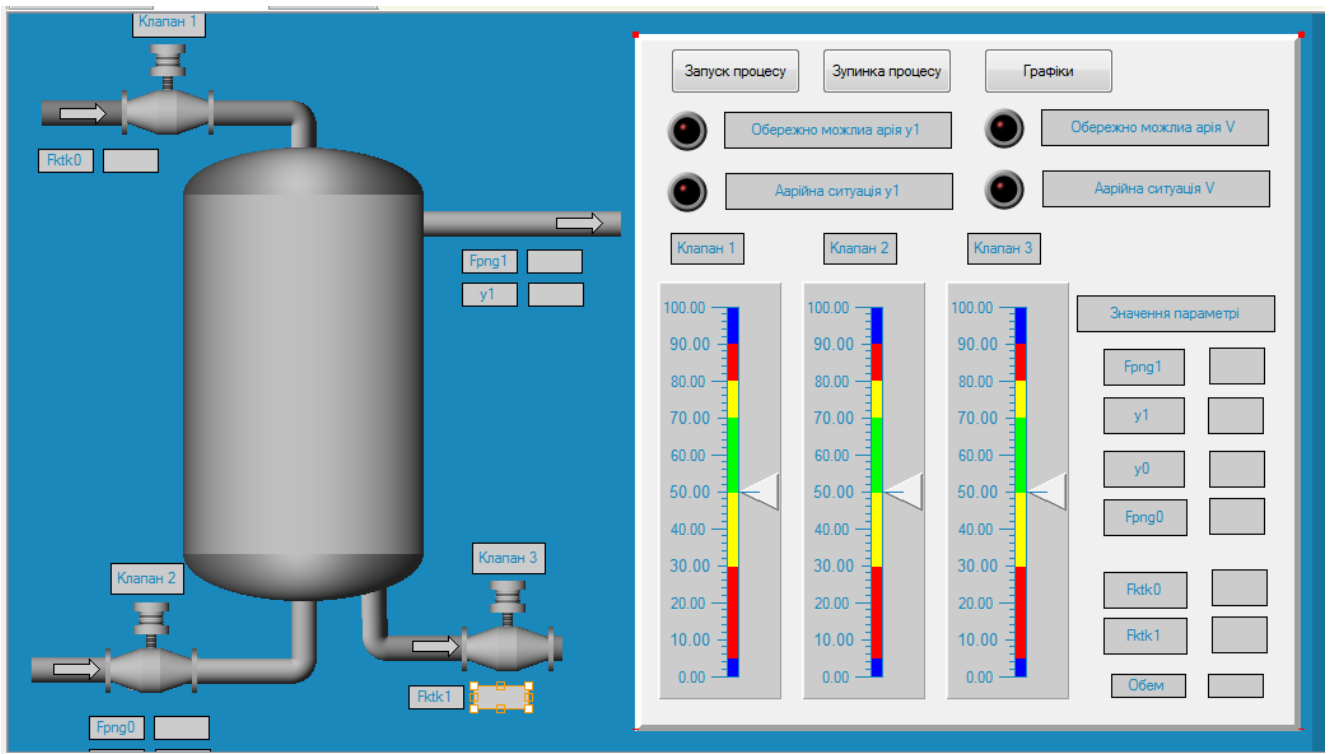


Рис.2.5. Графічне зображення інтерфейсу керування моделі абсорбера та графічне зображення абсорбера

Запустивши імітаційну модель ми отримаємо можливість керувати матеріальними потоками ПНГ та КТК, що надходять в об'єкт. Для початку, варто розташувати показники витрат посередині, для отримання нормального ходу процесу. Вигляд роботи моделі в звичайному стаціонарному режимі представлений на рис. 2.6 та рис. 2.7. Варто сказати, що це далеко не оптимальніший варіант, як з точки зору витрат матеріальних потоків так і параметра якості процесу – концентрації сірководню в очищеному газі. Хоча в заданий діапазон вимог до якості продукту попадає.



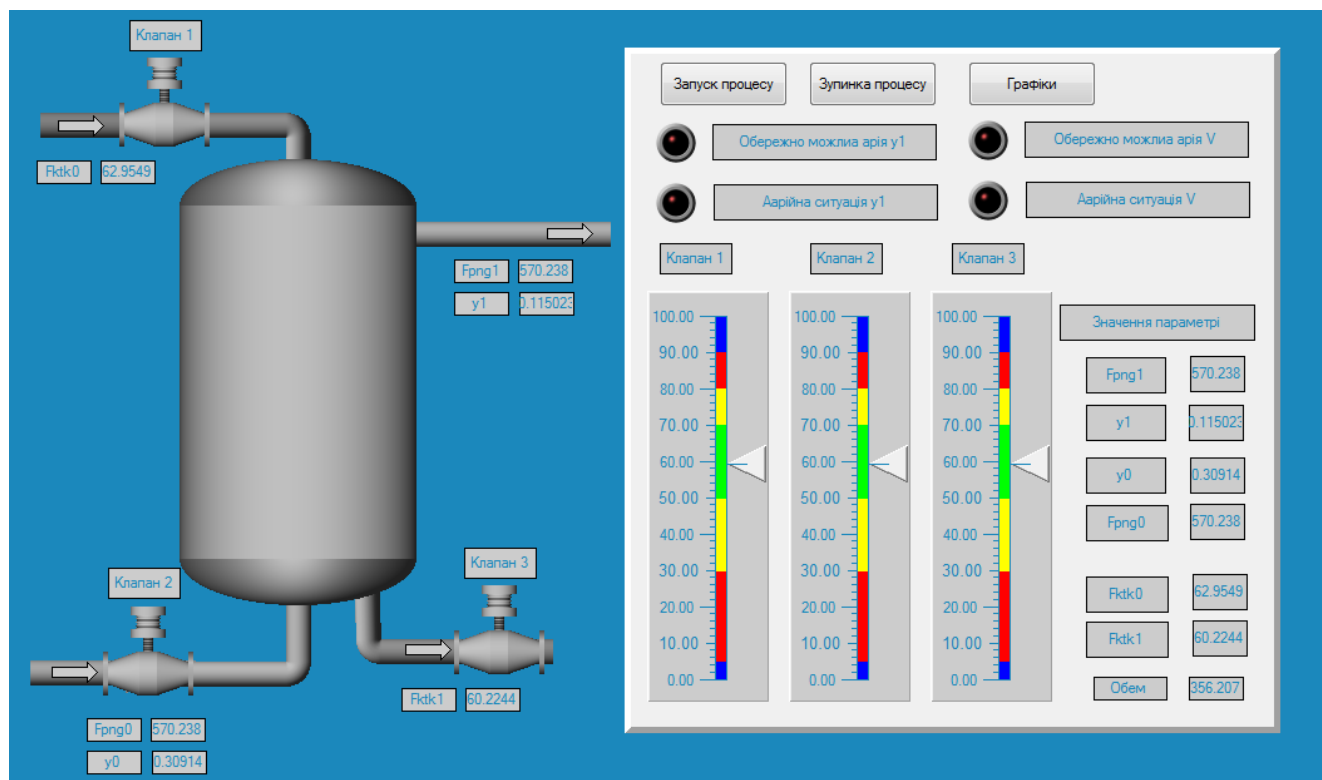
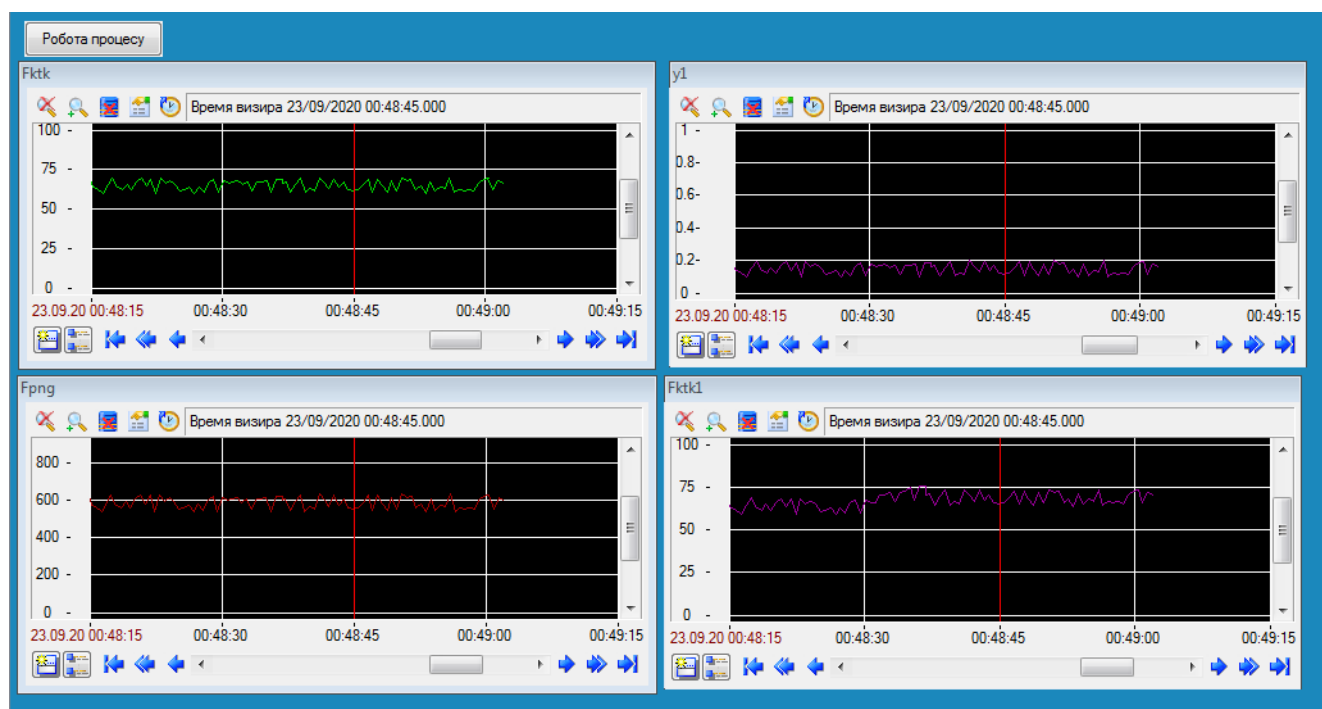


Рис. 2.6. Робота процесу в нормальному режимі

Рис. 2.7. Графіки зміни параметрів абсорбера(вхідна витрата КТК, кінцева концентрація  $H_2S$  в ПНГ, витрата ПНГ, вихідна витрата КТК)

Як можна побачити на вище наведених графіках під час роботи апарату абсорбер зазнає впливу з боку різних збурень, які б варто компенсувати. До таких в найголовніше відносяться нестатичність вхідних потоків. Тобто, як

приклад, ми не можемо точно сказати що на вході весь час буде саме така витрата ПНГ, яка нам потрібна або концентрація сірководню, яка в цьому ж потоці не буде сталою, а буде різнитись в залежності від місця видобування нафтового газу.

Тепер можна дослідити вплив на роботу об'єкту вхідних та вихідних витрат. Змінюючи величину витрат вхідних потоків ми дізнаємося наскільки сильно та яким саме чином вони впливають на абсорбер та процеси в ньому. Результати цих досліджень представлені на рис.2.8 – 2.10.

Оскільки мала витрата ПНГ дає відповідно малу продуктивність виробництва, ми зацікавлені в тому щоб максимально збільшити її. Але тут виникає проблема: при великому значенню витрати ПНГ газ проходить через апарат не встигаючи повністю очиститись, тобто можна сказати якість продукції не відповідає заданим стандартам (рис.2.8): сигнальні аварійні лампочки попереджають про загрозу аварійної ситуації.

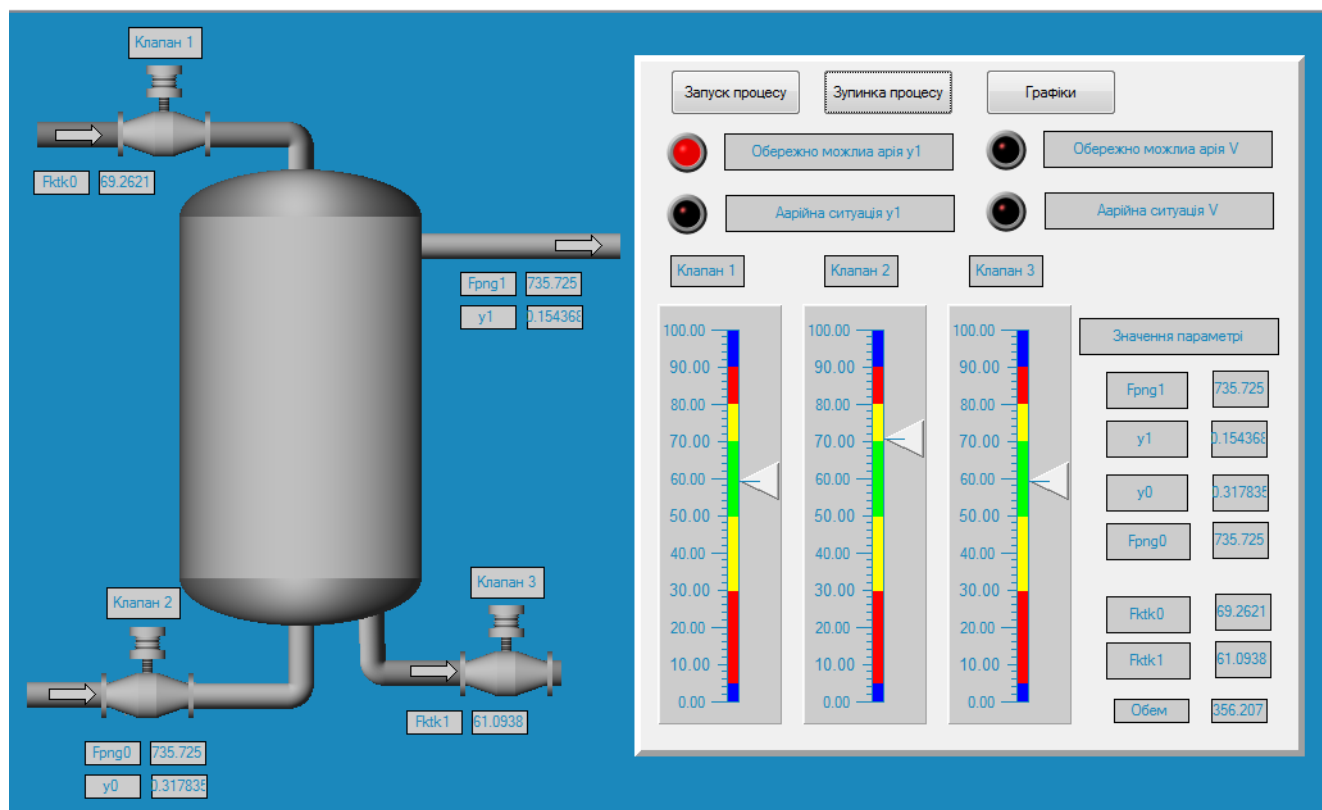


Рис.2.8. Результат роботи процесу: перевищення допустимої норми концентрації сірководню в очищеному газі

Такий самий результат, з загрозою виникнення аварії, ми отримуємо, якщо з метою економії сировини на виробництві зменшимо витрату КТК (рис.2.9).

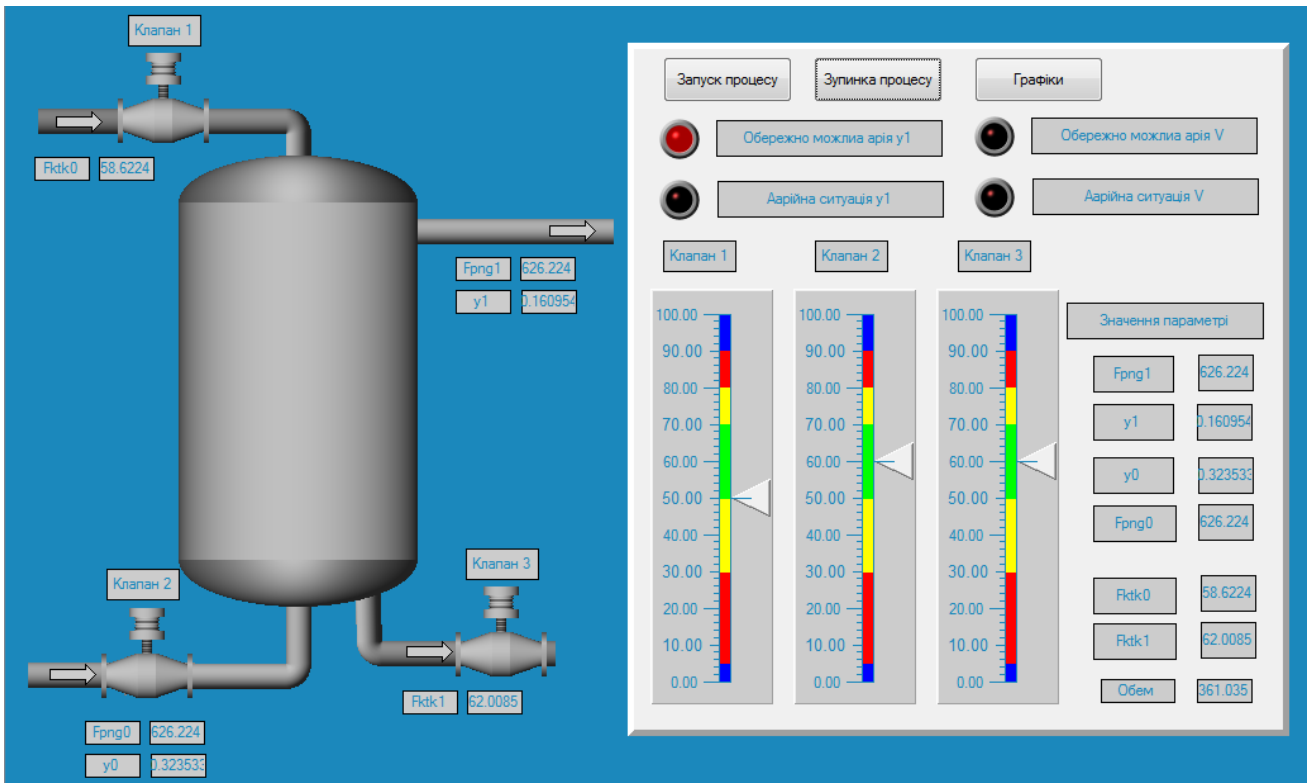


Рис.2.9. Результат роботи процесу: перевищення допустимої норми концентрації сірководню в очищеному газі

Якщо ж витрата КТК занадто висока може виникнути аварія від переповнення апарату (рис.2.10).

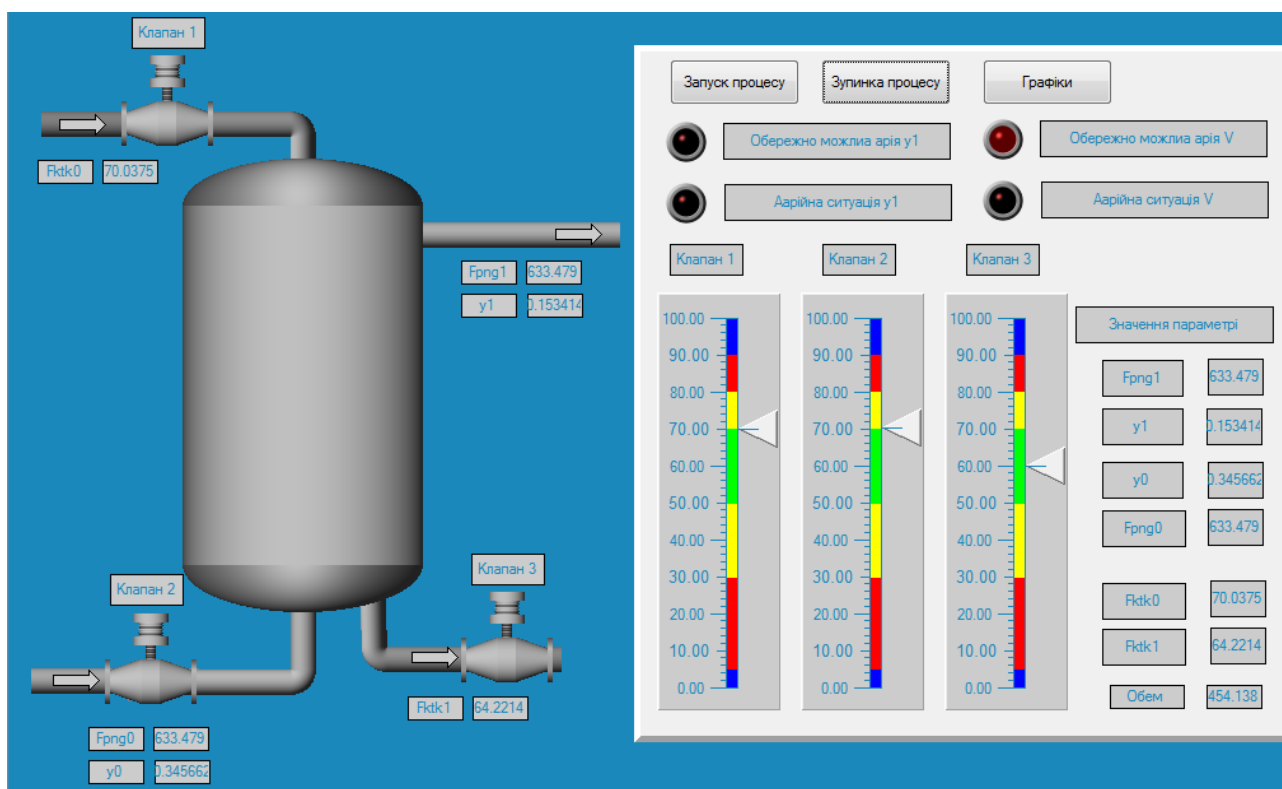


Рис.2.10. Результат роботи процесу: перевищення допустимої норми заповнення рідиною абсорбера

Як показали експерименти на створеній моделі об'єкту в середовищі *TM* обидві витрати дуже сильно впливають як на регульований параметр, так і на роботу усього об'єкту. Отже, для нормального перебігу процесу потрібно підтримувати певне співвідношення витрат  $F_{\text{ПНГ}}$  та  $F_{\text{КТК}}$ . Якщо його порушити зміниться, наприклад, тривалість контакту КТК й ПНГ, що негативно вплине на основну характеристику  $x_{\text{ПНГ},1}$ , або зміниться такий показник як рівень  $L_{A1}$  (чи тиск  $P_{A1}$ ), порушення нормального стану якого не тільки завадить процесу абсорбції, а й може зашкодити самому апарату. Це призведе до браку продукції та необхідності проходити цей процес ще раз, спочатку. Є декілька варіантів вирішення цієї проблеми: зробити 1-шу витрату постійною, а керувати процесом за 2-ою або регулювати за обома, підтримуючи правильне їх співвідношення.

## Висновки до розділу 2

При роботі над цим розділом був проведений аналіз основних взаємозв'язків між параметрами апарату, були розглянуті різні математичні

моделі абсорберів та, найголовніше, були розроблені статична динамічна та імітаційна моделі абсорбера для використання у засобі *ТМ*. З допомогою останньої, були проведені дослідження, які показали взаємопов'язаність вхідних потоків та їх впливів на хід процесу.

### 3. СИНТЕЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ АБСОРБЦІЇ

Певно, немає жодного технологічного об'єкту, властивості якого не змінюються з часом. Іноді такі зміни можуть мати дуже помітний негативний вплив на систему керування (зменшується ефективність, знижується якість продукції).

Абсорбер належить саме до таких нестационарних об'єктів. Параметри передатних функцій, що відповідають різним режимам абсорбера, змінюються в 4-8 разів. Як реакційні, так і масообмінні процеси в промислових умовах піддаються впливу істотних зовнішніх збурювань [17]. Керування подібними нестационарними об'єктами за допомогою звичайних регуляторів, які не передбачають реагування на ці зміни, не є ефективним, оптимальним, та, найважливіше, не є безпечним. Тому для таких об'єктів застосовується адаптивне керування, що здатне вирішити цю проблему зі змінними параметрами.

Процес лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу (ПНГ) має декілька факторів, які стабілізувати або неможливо (налипання речовини на стінки апарату) або економічно не вигідно (концентрації вхідних потоків). Так, наприклад на структурно-параметричній схемі об'єкту за каналом керування: «витрата КТК → концентрація сірководню в ПНГ» (рис. 3.1) можна побачити зовнішні збурення які впливають на нормальне функціонування процесу [18].

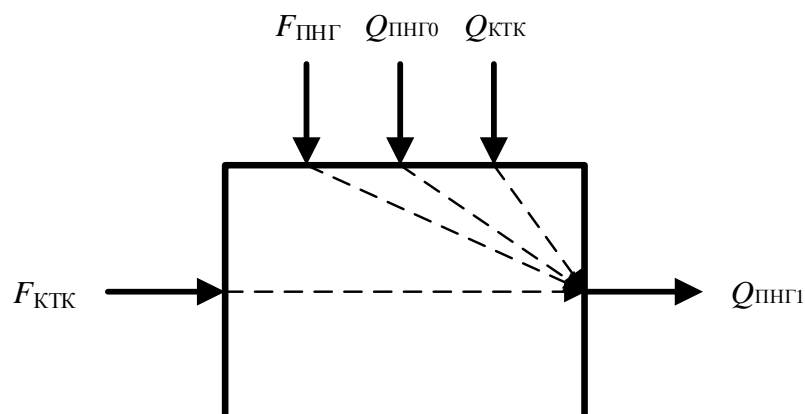


Рис.3.1. Структурно-параметрична схема досліджуваного каналу керування абсорбера

### 3.1. Створення системи керування з нечіткою логікою

#### 3.1.1. Обґрунтування та створення системи керування з нечіткою логікою

Основною метою виробництва є очищення ПНГ від сірководню. Його склад на вході невідомий, а він в свою чергу має пряму негативну дію на вихідну концентрацію  $x_{\text{ПНГ.1}}$ , яку використовують для контролю ходу цього процесу. Іншою важливою проблемою є нестационарність об'єкту що вимагає використання не типових засобів керування. Одним з виходів є корекція завдання системи у динамічному режимі. в залежності від поточної концентрації змінюється завдання регулятора.

За керувальну змінну в цьому випадку доцільно використати співвідношення між витратами вхідних потоків, а саме розчину КТК та нафтового газу. Але у виробничих умовах неможна точно сказати, якою повинна бути ця величина. Цією інформацією володіють оператори-технологи, які знають цей процес та мають достатній досвід роботи з ним. Нечітка система керування дозволить скористатися цими знаннями та досвідом, що є достатньою причиною для її створення.

Фрагмент схеми автоматизації з вказаним контуром керування концентрацією сірководню в очищеному газі на виході з А1 наведено на рис. 3.2. Для подальшого дослідження обираємо дві змінні:  $F_{\text{КТК}}/F_{\text{ПНГ}}$  - значення співвідношення витрат КТК та ПНГ на вході в А1 та  $x_{\text{ПНГ.1}}$  - значення концентрації  $\text{H}_2\text{S}$  на виході з А1

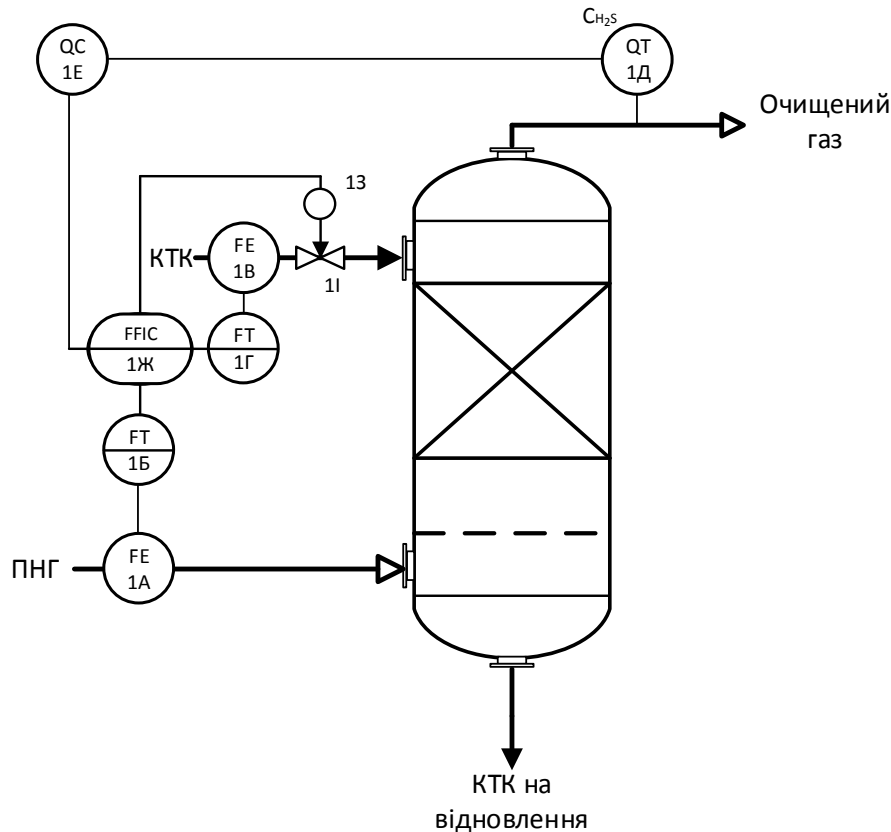


Рис.3.2. Фрагмент схеми автоматизації з контуром керування концентрації

Опишемо алгоритм функціонування системи керування концентрацією  $\text{H}_2\text{S}$  в очищеному газі. Головний елемент контуру це регулятор співвідношення між витратами потоків КТК та ПНГ на позиції 1Ж. Отримуючи сигнали, що прямують до нього з позицій 1А та 1Г, він порівнює співвідношення. Оскільки керувати співвідношенням змінюючи обидві витрати, по-перше, не економічно (витрата ПНГ, а отже і очищеного газу не буде постійною) і, по-друге, не доцільно (значно легше змінювати співвідношення за однією витратою, не торкаючись іншої), то виконуючий механізм розташовуємо на трубі з КТК. На нього й приходить сигнал з 1Ж, що змінює витрату КТК, а отже й співвідношення.

Окрім цього, регулятор ще враховує кінцеву концентрацію сірководню в очищеному газі, для чого отримує сигнал від газоаналізатора 1Д, перетворений нечітким контролером 1Е. Сигнал від 1Е потрібен для коригування співвідношення між витратами зазначених вище матеріальних потоків. Якщо отримане значення буде незадовільним то регулятор користуючись простими



правилами нечіткого керування розрахує нове значення потрібного співвідношення, яке він буде підтримувати. Тобто система стає комбінованою – адаптивною на базі ПІ-регулятора та Fuzzy Logic.

### 3.1.2. Функції належності нечіткого контролера

Лінгвістичними змінними для подальшого дослідження обрано: співвідношення витрат КТК та ПНГ на вході в АІ ( $F_{КТК}/F_{ПНГ}$ ) та значення концентрації  $H_2S$  на виході з АІ ( $x_{ПНГ.1}$ ).

Опис корегованої лінгвістичної змінної:

Назва: Співвідношення ( $FF$ )

«Мале»

Терм множина:  $T1 = \{\text{«Нормальне»}\}$

«Велике»

Універсум:  $8 < FF \leq 9,5$

Опис корегувальної лінгвістичної змінної:

Назва: Концентрація ( $x$ )

«Низька»

Терм множина:  $T2 = \{\text{«Нормальна»}\}$

«Висока»

Універсум:  $0,01 < x \leq 0,1$

Тепер необхідно описати нечіткі змінні та навести функції належності.

На рис. 3.3 – 3.5 наведені функції належності для термів: «Низька», «Нормальна», «Висока» лінгвістичної змінної *значення концентрації  $H_2S$  на виході з АІ* в середовищі MathCAD:

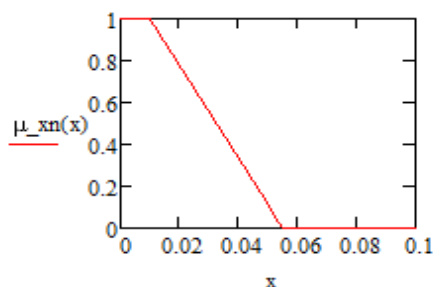


Рис.3.3. Функція належності Концентрація  $H_2S$  на виході з АІ «Низька»

Функцію належності Концентрація «Низька» описано наступним чином:

$$\mu_{x_{\text{Низька}}}(x) = \begin{cases} 1, & x < 0,01 \\ \frac{0,055 - x}{0,045}, & 0,01 \leq x \leq 0,055 \\ 0, & x > 0,055 \end{cases}$$

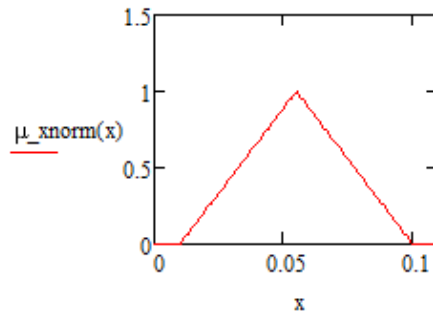


Рис.3.4. Функція належності Концентрація  $\text{H}_2\text{S}$  на виході з А1 «Нормальна»

Функцію належності Концентрація «Нормальна» описано наступним чином:

$$\mu_{x_{\text{Нормальна}}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,01 \text{ або } x > 0,1 \\ \frac{x - 0,01}{0,045}, & 0,01 \leq x \leq 0,055 \\ \frac{0,1 - x}{0,045}, & 0,055 \leq x \leq 0,1 \end{cases}$$

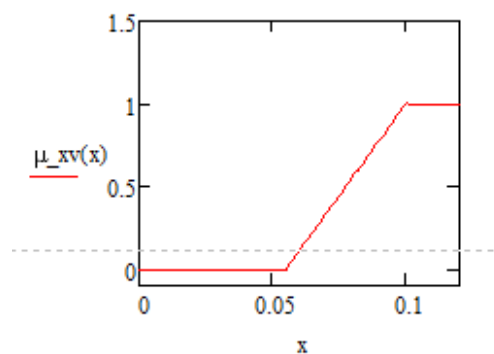


Рис.3.5. Функція належності Концентрація  $\text{H}_2\text{S}$  на виході з А1 «Висока»

Функцію належності Концентрація «Висока» описано наступним чином:

$$\mu_{x_{\text{Висока}}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,055 \\ \frac{x - 0,055}{0,045}, & 0,055 \leq x \leq 0,1 \\ 1, & x > 0,1 \end{cases}$$

На рисунку 3.6 зображено документ MathCAD, в якому наведено функції належності для всіх термів змінної Концентрація.

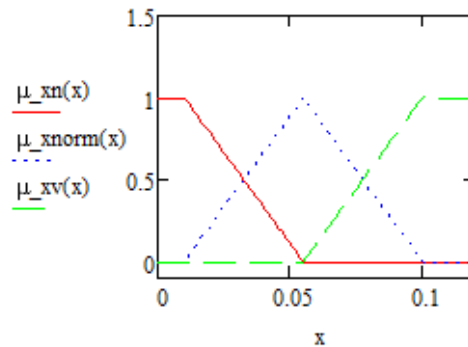


Рис.3.6. Документ MathCAD із функцією належності для всіх термів змінної значення Концентрації H<sub>2</sub>S на виході з А1 (μ<sub>xn</sub> – «Низька», μ<sub>xnorm</sub> – «Нормальна», μ<sub>xv</sub> – «Висока»)

На рис. 3.7 – 3.9 наведені функції належності для термів: «Мале», «Нормальне», «Велике» лінгвістичної змінної *співвідношення витрат КТК та ПНГ на вході в А1* в середовищі MathCAD:

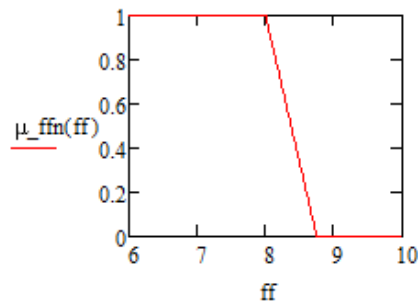


Рис.3.7. Функція належності Співвідношення «Мале»

Функцію належності Співвідношення «Мале» описано наступним чином:

$$\mu_{FF_{\text{Мале}}}(FF) = \begin{cases} 1, & FF < 8 \\ \frac{8,75 - FF}{0,75}, & 8 \leq FF \leq 8,75 \\ 0, & FF > 8,75 \end{cases}$$

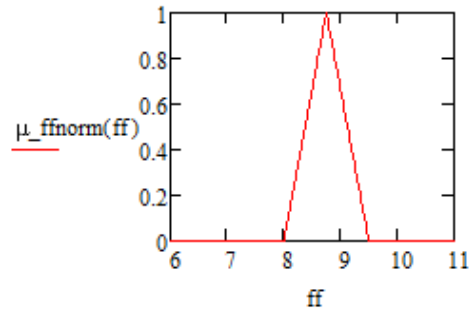


Рис.3.8. Функція належності Співвідношення «Нормальне»

Функцію належності Співвідношення «Нормальне» описано наступним чином:

$$\mu_{FF\_Нормальный}(FF) = \begin{cases} 0, FF < 8 \text{ або } FF > 9,5 \\ \frac{FF - 8}{0,75}, 8 \leq FF \leq 8,75 \\ \frac{9,5 - FF}{0,75}, 8,75 \leq FF \leq 9,5 \end{cases}$$

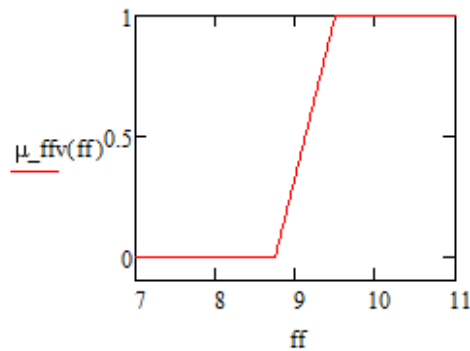


Рис.3.9. Функція належності Співвідношення «Велике»

Функцію належності Співвідношення «Велике» описано наступним чином:

$$\mu_{FF\_Високий}(FF) = \begin{cases} 0, FF < 8,75 \\ \frac{FF - 8,75}{0,75}, 8,75 \leq FF \leq 9,5 \\ 1, FF > 9,5 \end{cases}$$

На рисунку 3.10 зображено документ MathCAD, у якому наведено функції належності для всіх термів змінної Співвідношення:

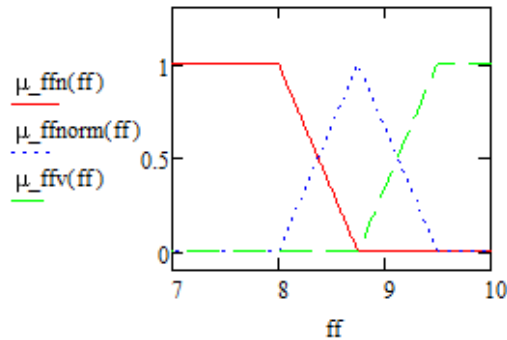


Рис.3.10 – Документ MathCAD із функцією належності для всіх термів змінної Співвідношення витрат КТК та ПНГ на вході в А1 ( $\mu_{ffn}$  – «Мале»,  $\mu_{ffnorm}$  – «Нормальне»,  $\mu_{ffv}$  – «Велике»)

### 3.1.3. Розробка продукційних правил та дослідження алгоритму нечіткого перетворення засобами *MathCAD*

Наступним кроком фаззифікації є формування нечітких правил керування:

**ЯКЩО** Концентрація «низька», **ТО** Співвідношення повинно бути «мале».

**ЯКЩО** Концентрація «нормальна», **ТО** Співвідношення повинно бути «нормальне».

**ЯКЩО** Концентрація «висока», **ТО** Співвідношення повинно бути «високе».

Наприклад, Концентрація  $H_2S$  на виході з А1 становить 0.048. Знайдемо ступінь входження цього значення  $x_{ПНГ.1}$  у кожний  $i$  – й терм,  $\mu(0.048)$  (рис. 3.11):

$$\begin{aligned} n_m &:= \mu_{xn}(0.048) = 0.156 \\ norm_m &:= \mu_{xnorm}(0.048) = 0.844 \\ v_m &:= \mu_{xv}(0.048) = 0 \end{aligned}$$

Рис.3.11. Коефіцієнт входження  $x$  в функції належності

За допомогою нього модифікуємо наші функції належності для керувальної змінної Співвідношення витрат КТК та ПНГ на вході в А1 та проведемо суперпозицію – об'єднання отриманих нечітких множин, після чого розглянемо етап дефаззифікації – перехід до числового значення керувальної

змінної. На етапі дефазифікації треба знайти одне її значення, яке повинно бути реалізоване при Концентрації  $H_2S$  на виході з  $A1 = 0.048$ .

Для проведення усіх цих розрахунків:

1. Використаємо **метод об'єднання** при суперпозиції нечітких множин та **метод добутків** при модифікації правих частин правил. А також за допомогою розрахунку центра ваги визначмо значення співвідношення витрат, яке відповідає заданому значенню Концентрації (рис. 3.12).

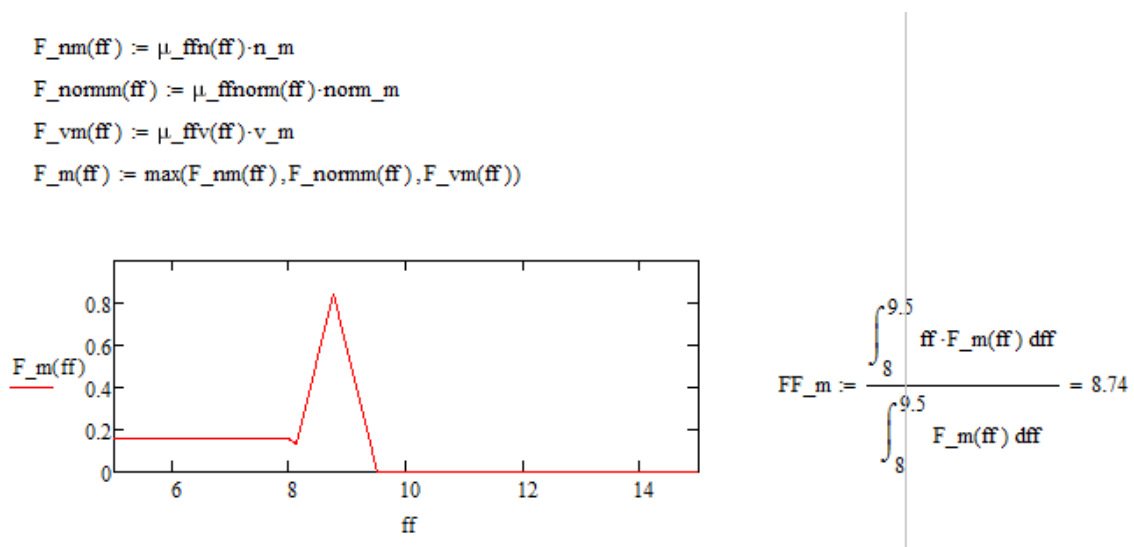


Рис.3.12. Функція належності при використанні методів добутку та об'єднання

2. Використаємо **метод підсумовування** при суперпозиції нечітких множин та **метод добутків** при модифікації правих частин правил. А також за допомогою розрахунку центра ваги визначмо значення співвідношення витрат, яке відповідає заданому значенню Концентрації (рис. 3.13).

$$F_{m2}(ff) := F_{nm}(ff) + F_{normm}(ff) + F_{vm}(ff)$$

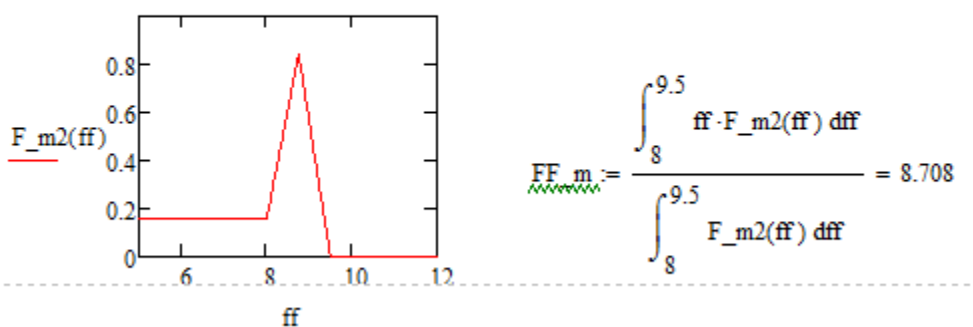


Рис.3.13. Функція належності при використанні методів підсумовування та добутків

3. Використаємо **метод об'єднання** при суперпозиції нечітких множин та **метод мінімуму** при модифікації правих частин правил. А також за допомогою розрахунку центра ваги визначмо значення співвідношення витрат, яке відповідає заданому значенню Концентрації (рис. 3.14).

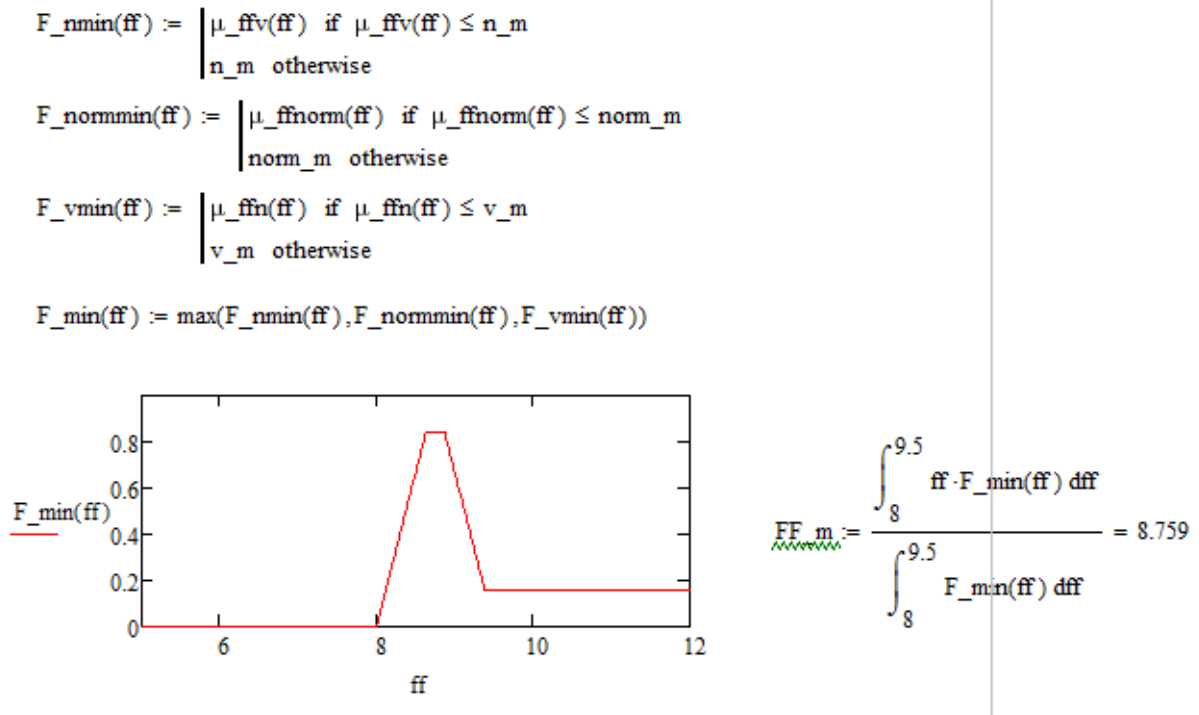


Рис.3.14. Функція належності при використанні методів добутків об'єднання та мінімуму

4. Використаємо **метод підсумовування** при суперпозиції нечітких множин та **метод мінімуму** при модифікації правих частин правил. А також за допомогою розрахунку центра ваги визначмо значення співвідношення витрат, яке відповідає заданому значенню Концентрації (рис. 3.15).

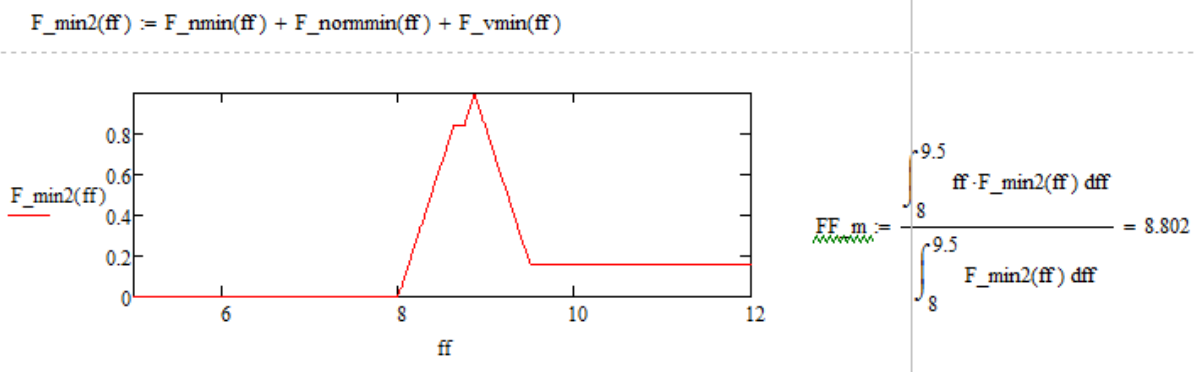


Рис.3.15. Функція належності при використанні методів підсумовування та мінімуму

### 3.1.4. Реалізація нечітких перетворень системи засобами *Matlab*

Для подальшої роботи застосуємо програмний пакет *MatLab*. Для створення нечіткої системи він має спеціальний набір інструментів *Fuzzy Logic Toolbox*, що має гарну інтеграцію з іншими компонентами *MatLab*.

Реалізація нечітких перетворень засобами *MatLab* подано на рис. 3.16.

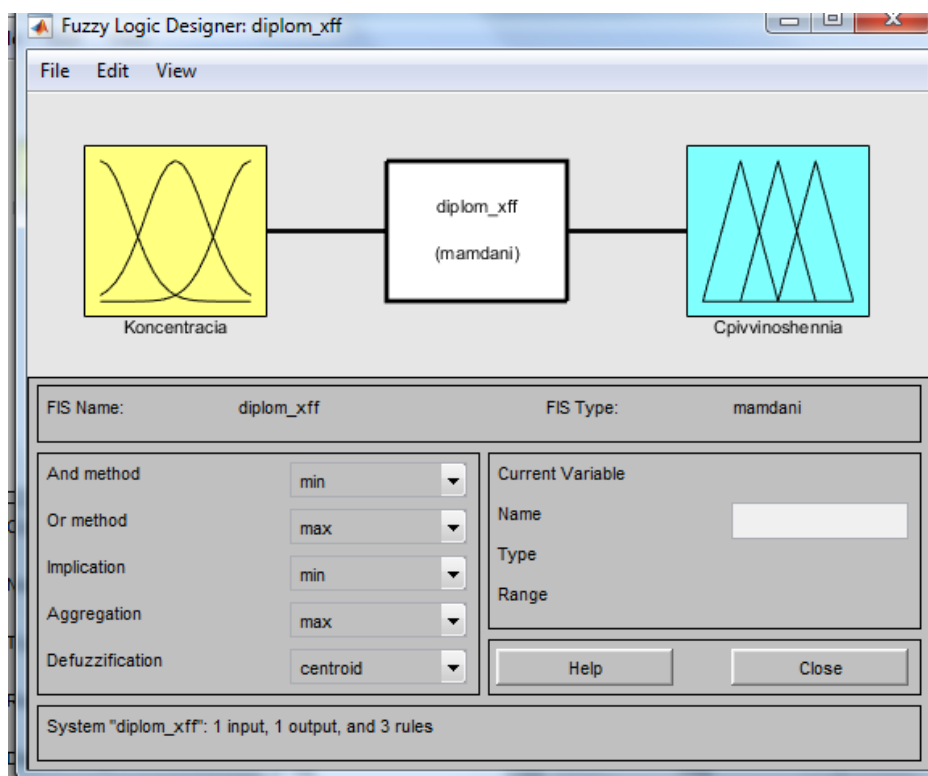


Рис.3.16. Схема взаємодії лінгвістичних змінних

На рис. 3.17 та рис 3.18 зображено функції належності для вхідної та вихідної змінних відповідно.



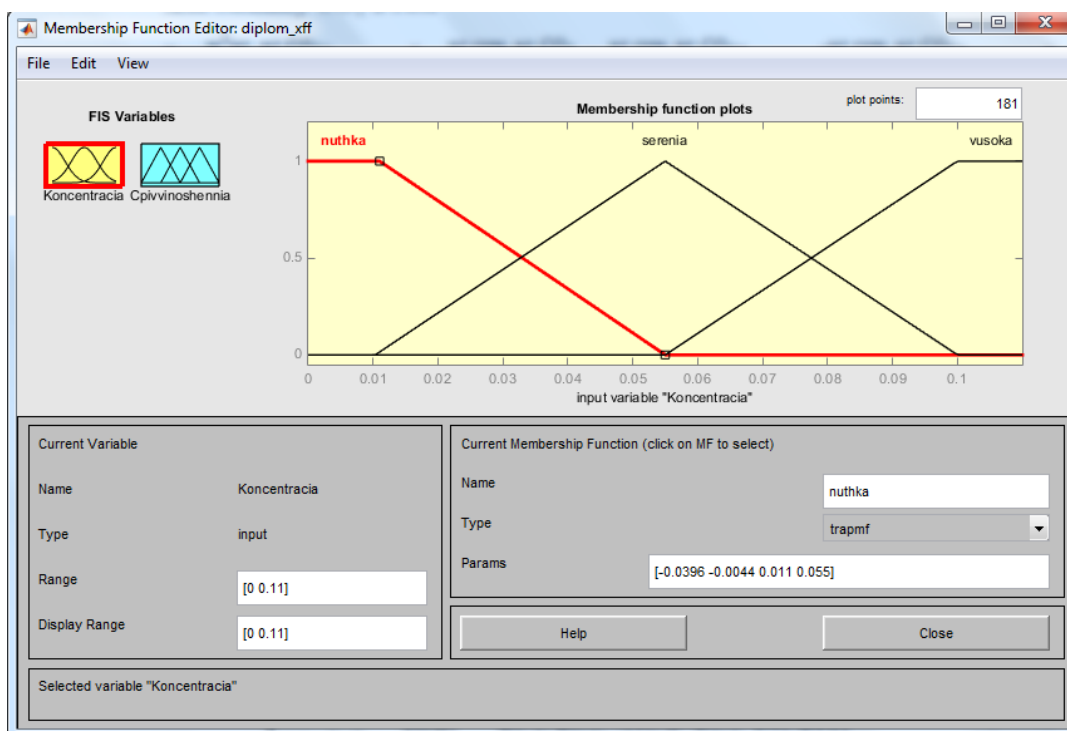


Рис.3.17. Функції належності для вхідної змінної

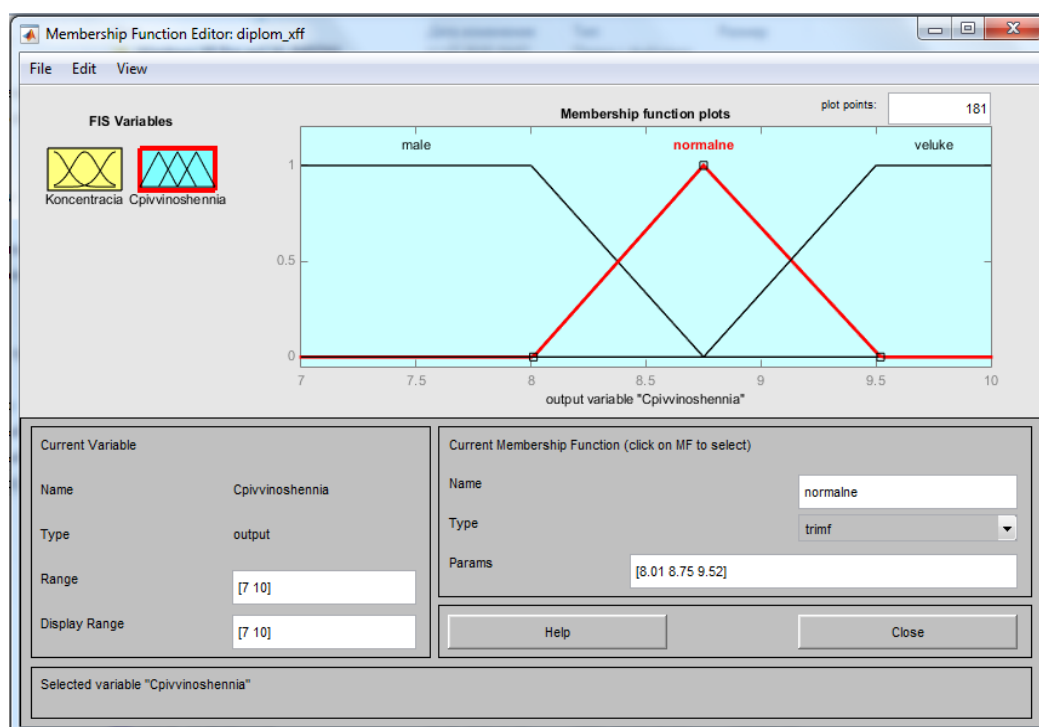


Рис.3.18. Функції належності для вихідної змінної

На рис. 3.19 знаходиться редактор правил продукції. Результати їх використання можна побачити на рис. 3.20

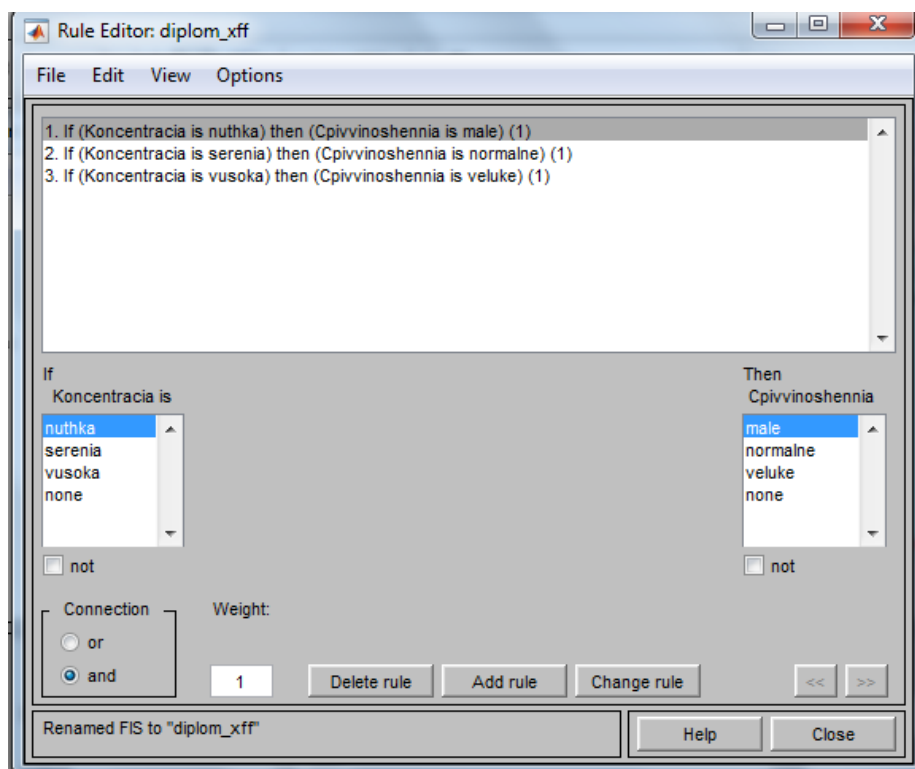


Рис.3.19. Вікно редактора правил продукції

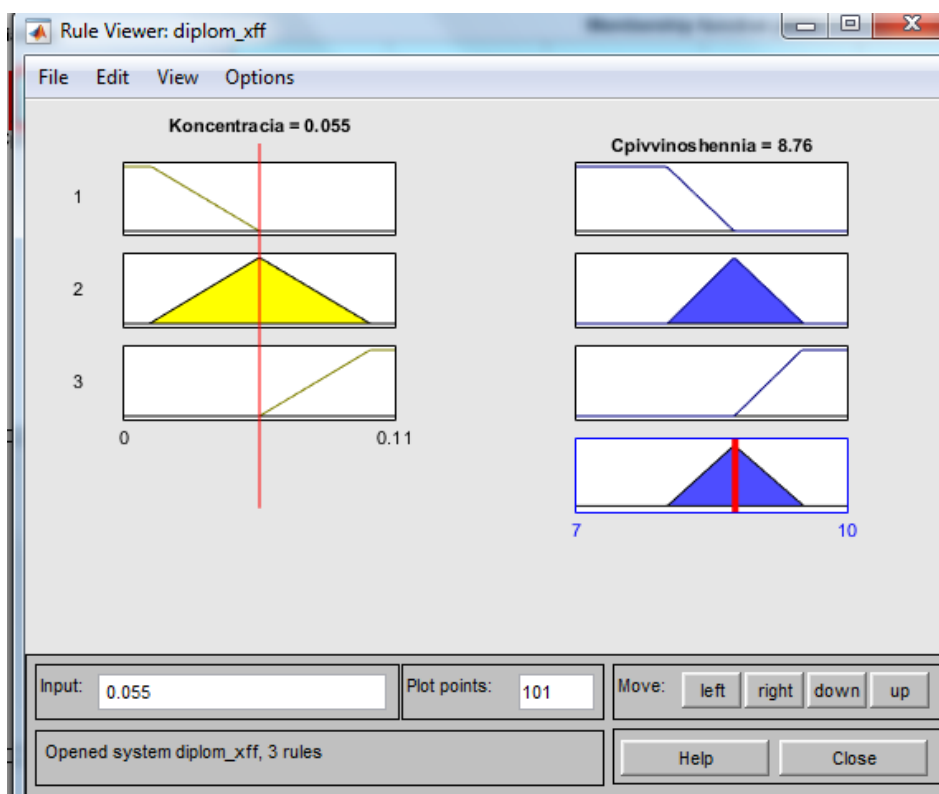


Рис.3.20. Результат використання правил продукції

Поверхня нечіткого висновку для нечіткого контролера системи керування процесу лужно-каталітичної очистки ПНГ має вигляд (рис.3.21):

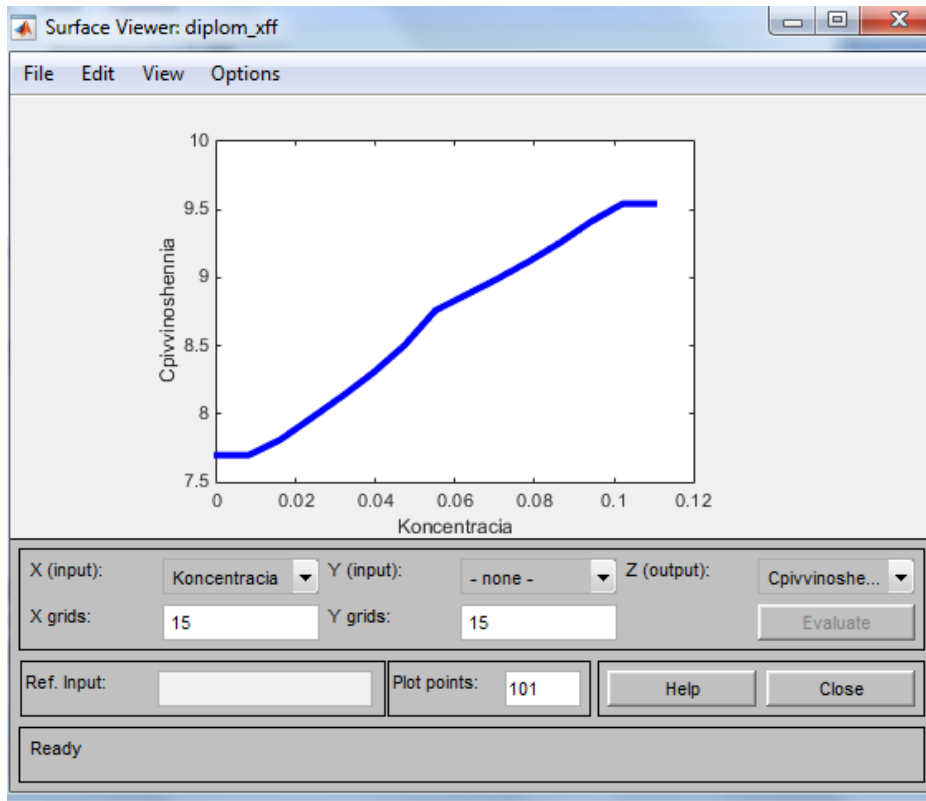


Рис.3.21. Вікно перегляду поверхні нечіткого висновку

### 3.1.5. Моделювання системи керування з нечіткою логікою засобами *Simulink*

Створений блок нечіткого висновку як і всю комбіновану систему керування потрібно перевірити на працездатність. Для цього засобами програмного середовища *Simulink* була створена модель керувального контуру (рис 3.22)

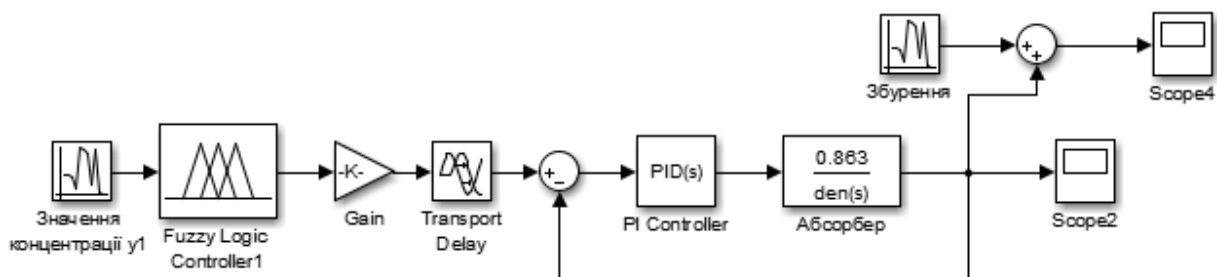


Рис.3.22. Система керування абсорбером з нечіткою корекцією завдання

Алгоритм її роботи повністю аналогічний алгоритму роботи контуру, що зображений на рис. 3.1: значення кінцевої концентрації сірководню за допомогою нечіткої логіки формує завдання для ПІ-регулятора.

Перехідні характеристики даної системи наведено на рис 3.23, 3.24. Як можна побачити з рис. 3.23 (Score 2) система працює досить непогано: швидко досягається уставлений рівень, немає перерегулювання. Однак, якщо увести у систему такий елемент як збурення, присутній усім без винятку технологічним об'єктам, то результат вже буде гіршим (рис. 3.24 (Score 4)): система доволі чутлива до дії збурень, що обмежує її використання. Тому її слід використовувати в комбінації з спеціальними фільтрами які здатні зменшити вплив збурень на сигнал системи, зокрема фільтр скористатися фільтром Калмана.

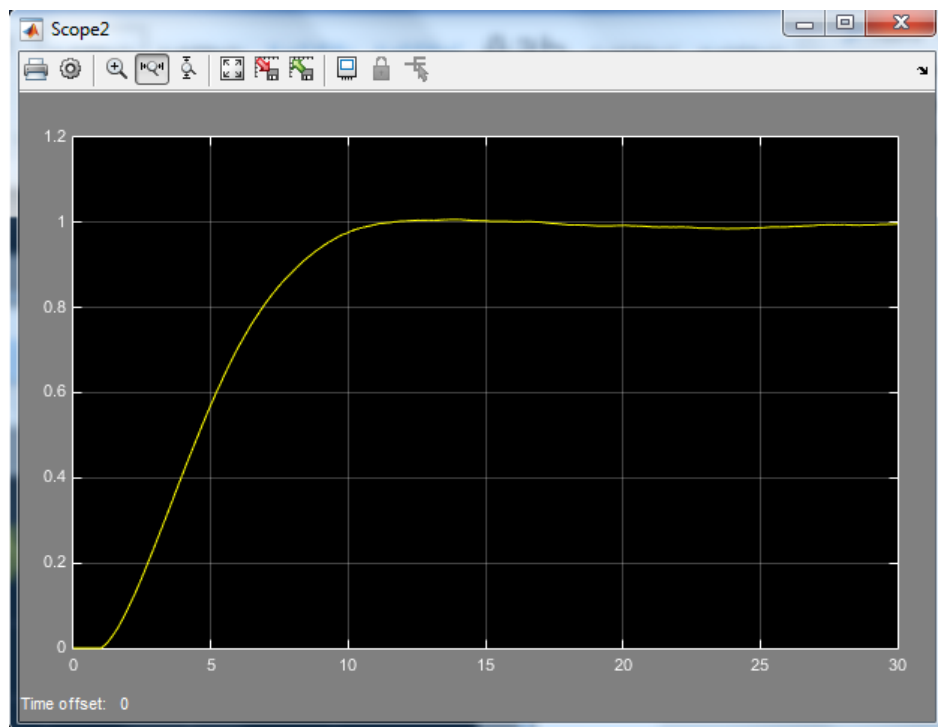


Рис. 3.23. Перехідна характеристика замкненої системи керування з нечіткою логікою

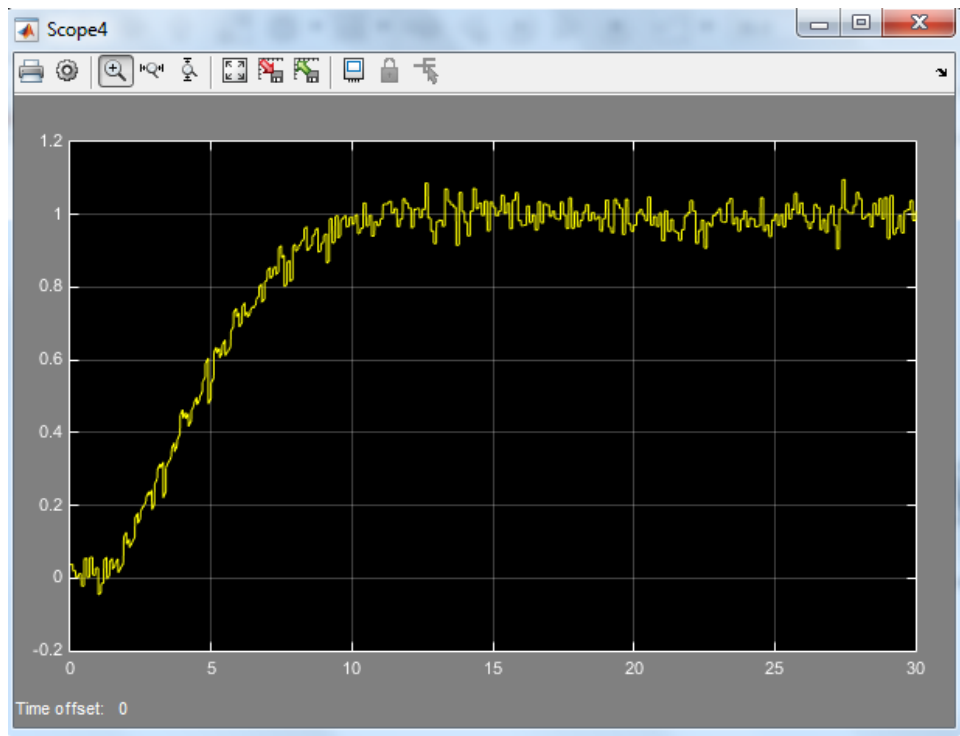


Рис. 3.24. Перехідна характеристика замкненої системи керування з нечіткою логікою з урахуванням дії збурень

### 3.2. Створення адаптивної системи керування абсорбером

Раніше створена комбінована система керування з нечіткою логікою виглядає доволі непогано, але чи можна її назвати найкращою? Без порівняння з можливою альтернативою – однозначно ні. Тому для об'єктивного висновку необхідно розробити та дослідити таку альтернативу. Такий варіант має бути більш стійкий до впливу збурень, оскільки комбінована система особливо не відзначилася цією властивістю.

Зовсім інший спосіб керування абсорбером є використання адаптивної системи. Контур керування для такого варіанту наведено на рис. 3.25. На відміну від попередньої системи ця на пряму змінює параметри налаштування регулятора. Ще однією різницею є те що система використовує тільки чіткі математичні алгоритми для зміни своїх властивостей без поєднання різних технологій обробки інформації.

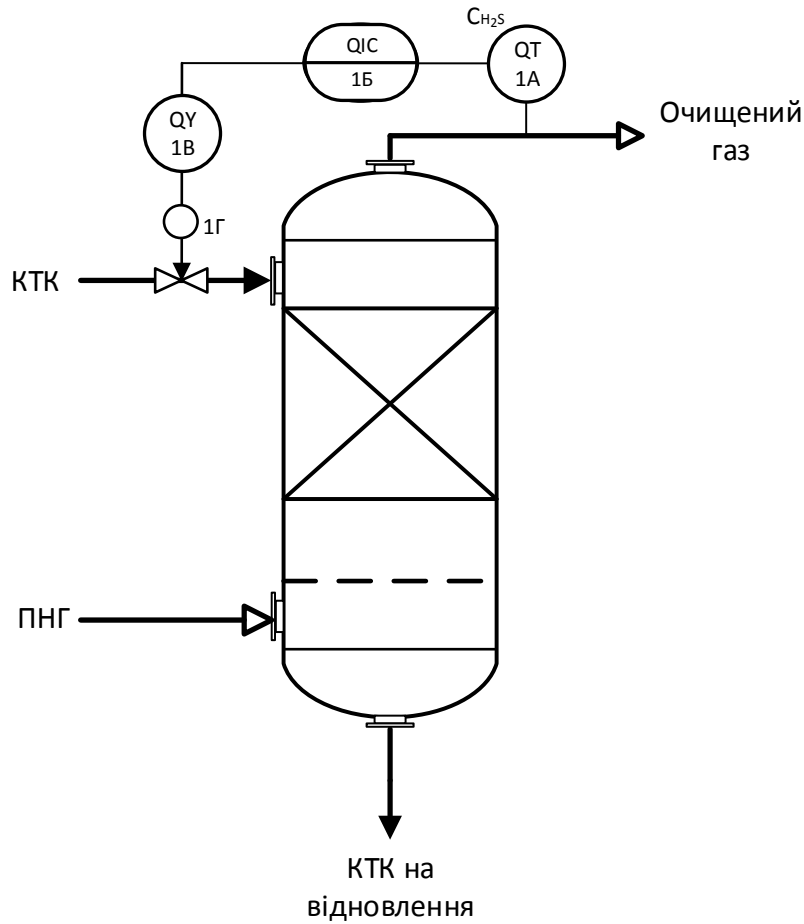


Рис. 3.25. Фрагмент схеми автоматизації з контуром керування концентрації

Основна ідея адаптивного управління полягає в коригуванні параметрів регулятора в залежності від поточного стану керованого об'єкту. За основу досліджень візьмемо систему керування з ПІ регулятором та блоком адаптації, що зображена на рис. 3.26.

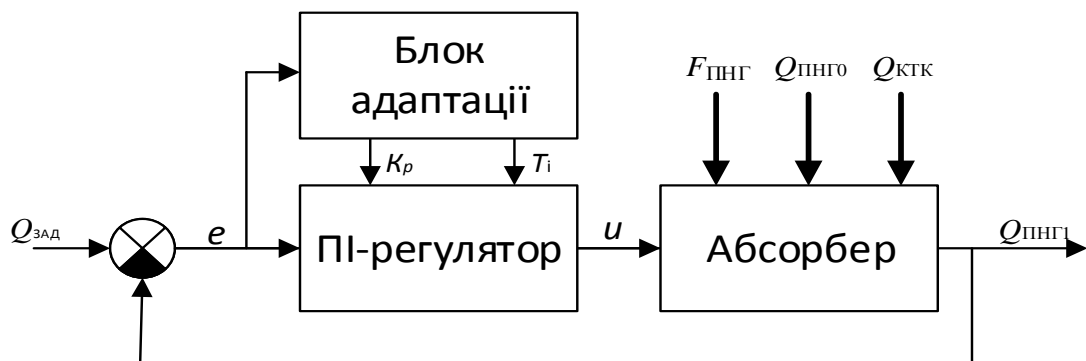


Рис. 3.26. Схема системи керування концентрації з адаптивним ПІ регулятором:  $Q_{\text{зад}}$  – задане значення концентрації,  $Q_{\text{ПНГІ}}$  – поточне значення концентрації,  $u$  – керування,  $e$  – різниця між заданим та поточним значеннями концентрацій,  $K_p$  – загальний коефіцієнт підсилення регулятора,  $T_i$  – час інтегрування

Для роботи схеми необхідно ввести початкові наближені значення параметрів регулятора. Можна використати будь-який метод для цього, оскільки усе одно параметри досягнуть оптимального рівня. Потім розрахована у суматорі похибка  $e$  спрямує одночасно до регулятора та блоку адаптації. В регуляторі за формулою (3.1) розраховується керування. Одночасно в блоці адаптації за формулами (3.2) та (3.3) визначаються нові параметри регулятора, які надходять до нього на новій ітерації. Ця процедура повторюється циклічно, з кожним разом зменшується різниця похибок (4), чим досягається оптимальне значення параметрів.

$$u = K_p (e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt), \quad (3.1)$$

де  $e(t)$  - похибка між заданим та поточним значенням,  $K_p$  - загальний коефіцієнт передачі регулятора,  $T_i$  - час інтегрування.

Параметри налаштування регулятора розраховуються в блоці адаптації за такими формулами:

$$K_p^{n+1} = K_p^n + \alpha \cdot \Delta e, \quad (3.2)$$

$$T_i^{n+1} = T_i^n + 3\alpha \cdot \Delta e, \quad (3.3)$$

$$\Delta e = e^n - e^{n+1}.$$

де  $\alpha$  – ваговий коефіцієнт,  $\Delta e$  – різниця між поточною та минулою похибкою,  $K_p^{n+1}$ ,  $T_i^{n+1}$  – поточні значення коефіцієнтів регулятора,  $K_p^n$ ,  $T_i^n$  – минулі значення коефіцієнтів регулятора.

За допомогою програмного середовища *Matlab* було реалізовано наведену на рис. 3.26 схему за контуром керування «витрата КТК → концентрація сірководню» та отримано перехідні характеристики досліджуваної системи, а також системи з традиційним ПІ регулятором (див рис. 3.27). Обидві системи зазнали впливу однакових зовнішніх збурень (див рис. 3.1); мають однакове налаштування регулятора та одне й те саме задання.

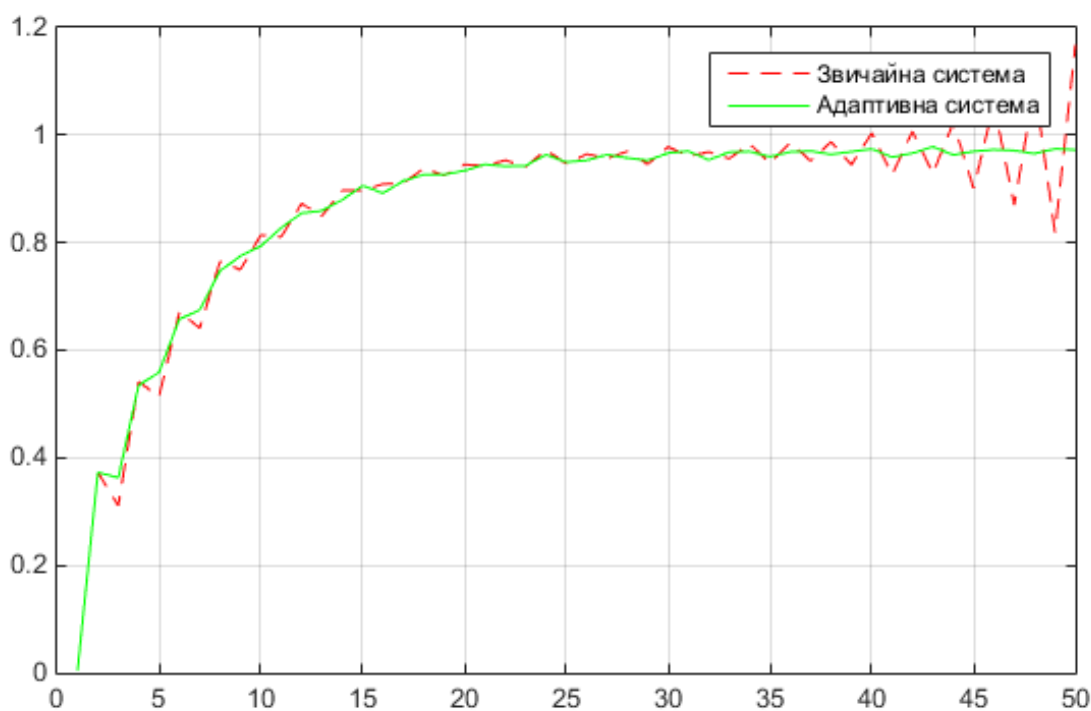


Рис. 3.27. Перехідні характеристики адаптивної та звичайної систем керування

Як можна побачити з графіків перехідних процесів традиційної та адаптивної замкнених систем керування: за нестационарних умов процесу лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу розроблений адаптивний ПІ-регулятор функціонує значно стабільніше за класичні системи керування, побудовану з використанням звичайного ПІ-регулятора; та забезпечує потрібну якість процесу управління в умовах, коли параметри керованого апарата змінюються. Тобто, використання адаптивних систем для керування абсорбером в цьому процесі є не просто бажаним, а необхідним для стабільної роботи процесу.

Код програмної реалізації системи керування знаходиться у додатку 3.

### Висновки до розділу 3

При роботі над цим розділом був проведений синтез систем керування абсорбера. Через особливості апарату використання простих регуляторів є не ефективним, тому були запропоновані два адаптивні контури керування, що в



своїй основі використовують різні технології: нечітку логіку корегування завдання та поточну адаптацію параметрів регулятора.

Обидві системи по своєму вирішували поставлену задачу, мають як свої недоліки та переваги. Як можна побачити з перехідної характеристики, обох варіантів нечітка система працює значно краще за адаптивну: не витрачає зайвий час на розрахунок параметрів регулятора на кожному кроці, доходить до умовної одиниці, працює швидше. Але, її працездатність в умовах значних збурень об'єкту керування викликає в мене сумніви, не кажучи вже про нестационарність. Адаптивна система за рахунок зміни параметрів значно краще переносить вплив збурень.

Вибір кращої системи залежить від конкретних умов виробництва та основної поставленої задачі. Якщо об'єкт зазнає сильного впливу збурень, то головною метою є його стабільна робота, отже варто обрати адаптивну систему. Якщо вплив збурень не значний і найголовнішою метою виступає продуктивність та швидкодія, то взяти слід комбінований варіант.

Щодо моєї суб'єктивної думки, то тут треба врахувати важливий фактор – нестационарність об'єкту. В абсорберах це більше залежить від того наскільки часто змінюють розчин КТК, від якого залежить хід процесу. Якщо його доволі часто оновлюють, тобто ми пересвідчилися, що його властивості визначені як однорідні на різних ітераціях, то я б віддав перевагу комбінованій системі. Але, оскільки в довгостроковому плані така політика економічно не вигідна, бо витрачається забагато сировини, малоймовірно що на підприємстві роблять саме так. Тому, на мою думку, більш прийнятною для абсорбера є адаптивна система, оскільки властивості об'єкту змінюються в дуже широких межах, а саме у таких випадках застосовують адаптивні системи. Емпіричний досвід експерта, суб'єктивно, є доволі ефемерним поняттям та не зможе якісно коригувати керування таким нестационарним об'єктом.

#### **4. СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ**

На будь-якому виробництві може статися аварія. Навіть якщо взяти усі можливі заходи безпеки така ймовірність більша за 0%. Що ж робити у таких випадках? У разі виникнення аварії найважливішим ресурсом є час. Потрібно якнайскоріше застосувати заходи щодо усунення причини аварійної ситуації та мінімізації її наслідків. Але багато працівників не мають достатньо досвіду у подібних ситуаціях, тому панікують, губляться та не знають, що саме робити, за що братися в першу чергу, втрачаючи чим дорогоцінний час. Це може призвести до дуже негативних наслідків. Саме щоб запобігти цього у виробництві слід застосувати інтелектуальну систему, а саме експертну систему. Вона допоможе надати потрібні в такому разі рекомендації, які спрямують діяльність людини та не дозволять витратити час марно.

Експертна система (ЕС) – це спеціальна програма, яка має знання та аналітичні здібності фахівців, набутих ними в результаті тривалої роботи, їхньої інтуїції, тобто емпіричний досвід експертів, у певній сфері діяльності людини [19]. На основі цих знань ЕС здатна робити певні висновки (видавати рекомендації) для менш кваліфікованих користувачів, тим самим замінюючи експерта. Ефективність роботи системи залежить не від алгоритмів її роботи, а від тих знань, якими вона володіє, тобто рівня досвідченості опитуваних експертів.

Умовно ЕС можна поділити на 2 частини: безпосередньо знання та механізм їх отримання (виведення). До 1 частини відносять базу знань. Це оформлений та структурований перелік можливих ситуацій описаних як набір характерних фактів та висновків щодо кожної ситуації. До 2 відноситься такі елементи як диспетчер, що встановлює послідовність висновків, та інтерпретатор, що визначає яким чином висновки треба застосовувати. Окрім цих складових ще можна виділити інтерфейс, що оформлює висновки у зручній для людини формі.

#### 4.1. Створення бази даних для аналізу стану процесу лужно-каталітичного очищення ПНГ

Основна мета створення бази – допомога менш досвідченим людям знайти процедуру вирішення якої-небудь проблеми на виробництві. Тому необхідно врахувати всі фактори, які можуть впливати на хід роботи процесу, проаналізувати їх причин та наслідки до яких вони можуть привести.

В рамках даного дослідження з процесу лужно-каталітичної очистки ПНГ (рис. 1.1) було обрано основні апарати, неполадки на яких суттєво зашкодять виробництву: абсорбер, ємність для приготування розчину лугу, ємність для приготування КТК, повітряний компресор, реактор, дозувальний насос, холодильник.

Абсорбер (А-1) є основним апаратом, призначеним для очищення нафтового газу від сірководню за допомогою розчину NaOH з лужно-каталітичним каталізатором (КТК). Це центральний апарат у всьому процесі, усі інші необхідні лише для підтримки його нормального функціонування.

Повітряний конденсатор (ПК-1). Прилад підтримує стабільну подачу технічного повітря на регенератор, забезпечуючи чим процес регенерації.

Ємність для розчину каталізатора (Е-2) забезпечує постійну подачу свіжого розчину каталізатору «ІВКАЗ» що потрібен як для нового так і для старого розчину КТК.

Холодильник (Х-1, Х-2) охолоджує розчин КТК що надходить в абсорбер.

Ємність для розчину КТК (Е-1) змішуючи розчин NaOH з розчином каталізатора «ІВКАЗ» створює свіжий розчин КТК, який є абсорбентом та забезпечує протікання процесу.

Насос дозувальний (НД-1), простий прилад якій відповідає за розподіл розчину каталізатора: частина йде на відновлення старого розчину КТК, інша на синтез нового.

Регенератор (P-1). Апарат де відбувається відновлення використаного розчину КТК. Це важливий у виробництві апарат, що забезпечує економічну доцільність процесу значно зменшуючи витрати на сировину.

Сепаратор для очищеного газу (C-1). Тут очищений від сірководню газ позбувається залишків крапель розчину КТК які забрав з собою потік з абсорбера

Сепаратор для відновленого КТК (C-2). В цьому апараті розділяється потік з регенератора: повітря йде в навколишнє середовище, а відновлений КТК прямує знову до абсорбера

Структурно – параметрична схема досліджуваної технологічної системи процесу Серокс-Газ-1 представлена на рис. 4.1

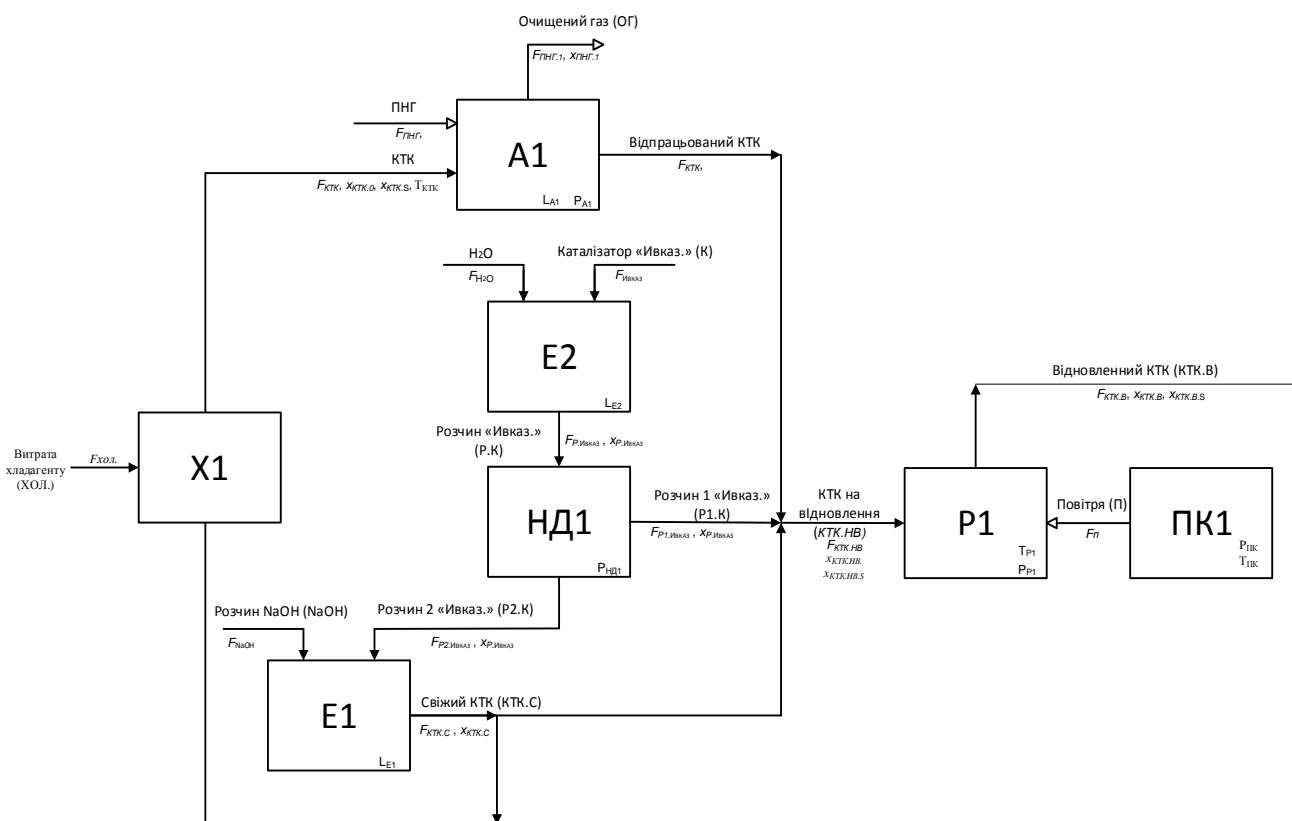


Рис.4.1. Структурно – параметрична схема технологічної системи

До матеріальних потоків, що циркулюють в цих об'єктах належать:

- 1) ПНГ – попутний нафтовий газ, основна сировина яка підлягає очищенню;
- 2) КТК – абсорбент, завдяки якому відбувається очищення ПНГ;
- 3) Очищений газ – ПНГ позбавлений сірководню;

- 4) Відпрацьований КТК – абсорбент, що вже поглинув сірководень, та залишає абсорбер. прямує в регенератор на відновлення;
- 5) КТК на відновлення – суміш Відпрацьованого КТК та розчину 1 «ІВКАЗ», що надходить в регенератор для позбавлення від поглинутого сірководню;
- 6) H<sub>2</sub>O – вода;
- 7) Каталізатор «ІВКАЗ» – каталізатор що необхідний для швидкого протікання хімічних процесів в абсорбері;
- 8) Розчин «ІВКАЗ» - водний розчин каталізатору, що ділиться на дві частини, одна з яких йде на створення свіжого розчину КТК (розчин 2), інша використовується для підтримки концентрації каталізатора у відпрацьованому розчині КТК (розчин 1);
- 9) Повітря – потік теплого повітря що необхідний для регенерації КТК;
- 10) Відновлений КТК – розчин абсорбенту що позбавився поглинутого сірководню та прямує назад у абсорбер;
- 11) Свіжий КТК – тільки не створений розчин КТК, що заміняє вже неодноразово використаний непридатний до відновлення;
- 12) Витрата холодоагенту – потік води, що охолоджує розчин КТК після регенерації до потрібного рівня.

База знань є структурованою формою подачі інформації про наведені вище матеріальні потоки та усі пов'язані з ними можливі порушення/аварії. Одним з найзручніших способів подачі цієї інформації – табличний.

База знань для аналізу стану процесу лужно-каталітичного очищення ПНГ наведена в додатку 1. Її фрагмент зображено на рис 4.2.

З таблиці одразу можна дізнатися про такі показники змінної як: її назва та ідентифікатор, місця реєстрування потоку, його початок та кінець, межі допустимих границь, ознаки та наслідки можливої аварії. За допомогою такої подачі даних (знань) доволі просто можна дізнатися усю основну інформацію про ту чи іншу змінну.

: Таблиця Д1.1: База знань для аналізу стану процесу лужно-каталітичного очищення ПНГ

№	Назва змінної	Ідент змінної	Реєстрація потоку	Реєстрація попереднього апарату	Реєстрація наявності апарату	Місце спостереження	Одиниці вимірювання	Спосіб вимірювання	Періодичність вимірювання	Допустимі границі	Показник якості	Перелік показників якості, що пов'язані зі змінною	Зміна причина аварії?	Ознаки порушення (аварії)	Наслідки порушення (аварії)	Імовірність порушення (аварії)	Визначення придатності змінної для прогнозування аварії
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	витрата ПНГ на вході	$F_{ПНГ}$	ПНГ	з резервуара	A1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	80	Ні	Концентрація $x_{ПНГ1}$ ; Співвідношення витрат $F_{ЕЛК}/F_{ПНГ}$	Так	витрата ПНГ на вході $F_{ПНГ} < 80$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{ЕЛК}/F_{ПНГ} < 8$	15%	+
										120				витрата ПНГ на вході $F_{ПНГ} > 120$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{ЕЛК}/F_{ПНГ} > 9,5$	25%	
2	витрата ПНГ на виході	$F_{ПНГ2}$	ОГ	A1	C1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	80	Ні	---	Ні	---	---	---	---
										120							
3	концентрація сірководню в очищеному газі	$x_{ПНГ1}$	ОГ	A1	C1	Трубопровід	%	Авт.	Неп.	0,01	Так	---	Так	концентрація сірководню в очищеному газі $x_{ПНГ1} > 0,1$ %	Брак продукції	30%	+
										0,1							

Рис.4.2. Фрагмент бази знань (Таблиця Д1.1)

До ситуацій погіршення в процесі слід віднести брак продукції, тобто: значення концентрації сірководню, що перевищує норму. Додатково сюди ж варто віднести порушенням процесу абсорбції та порушення процесу регенерації які також негативно вплинуть на кінцевий продукт процесу.

Окрім цього погіршення в процесі також може бути викликано зменшенням продуктивності виробництва, що негативно вплине на економічні показники підприємства. До цього може призвести: вихід з ладу НД-1, порушення співвідношень витрати та надлишкове використання каталізатору.

#### 4.2. Формування дерева аварійних ситуацій з рекомендаціями по їх усуненню

Використовуючи перелік погіршення якості, їх причини і наслідки, було побудовано дерево причин браку продукції, можливих у досліджуваному процесі, яке наведено на рис.4.3 -4.9.

Дерево складається з вузлів та зв'язків між ними. У вузлах записується певна ознака аварії, наприклад «концентрація сірководню в очищеному газі

$x_{\text{ПНГ.1}} > 0.1\%$ ». Зв'язки, у свою чергу, відображають причинно-наслідкову пов'язаність цих ознак, тобто яка з них веде до наступної.

Дерево будується в зворотному порядку від наслідку до першопричини. Починаючи з результату будь-якої неполадки, а саме аварійної ситуації, ми рухаємося назад, конкретизуючи цю неполадку та досягаємо її причини. В кінці дерева, коли те що конкретно призвело до аварійної ситуації виявлено, знаходиться список рекомендацій щодо їх усунення.

На рис. 4.3 наведено «вершину» дерева аварій, тобто основні проблеми, що викликають аварійну ситуацію.

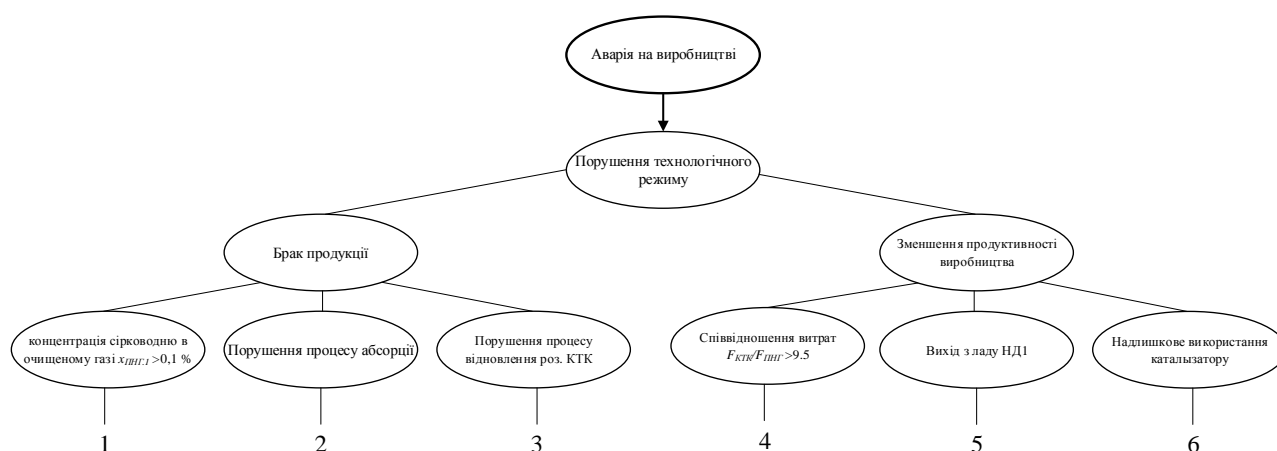


Рис.4.3. Фрагмент дерева аварійних ситуацій 0-го та 1-го рівнів у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ

На рис. 4.4 наведено одну із «гілок» дерева аварій, де можна побачити які саме неполадки можуть стати причиною перевищення допустимої концентрації сірководню в очищеному газі. Так, наприклад, концентрація сірковмісних речовин у відновленому розчині може стати зовеликою, якщо в розчині КТК на відновлення знаходиться занадто багато сірководню, або якщо концентрація катализатора в розчині катализатора стала замалою. Перший випадок означає, що використовуваний розчин абсорбенту вже перейшов межі своєї регенерації, тому його слід замінити на свіжий. Другий випадок в свою чергу може бути викликаний зовеликою витратою води або замалою самого катализатора. Кожний варіант має свій список рекомендацій щодо усунення причини неполадки.

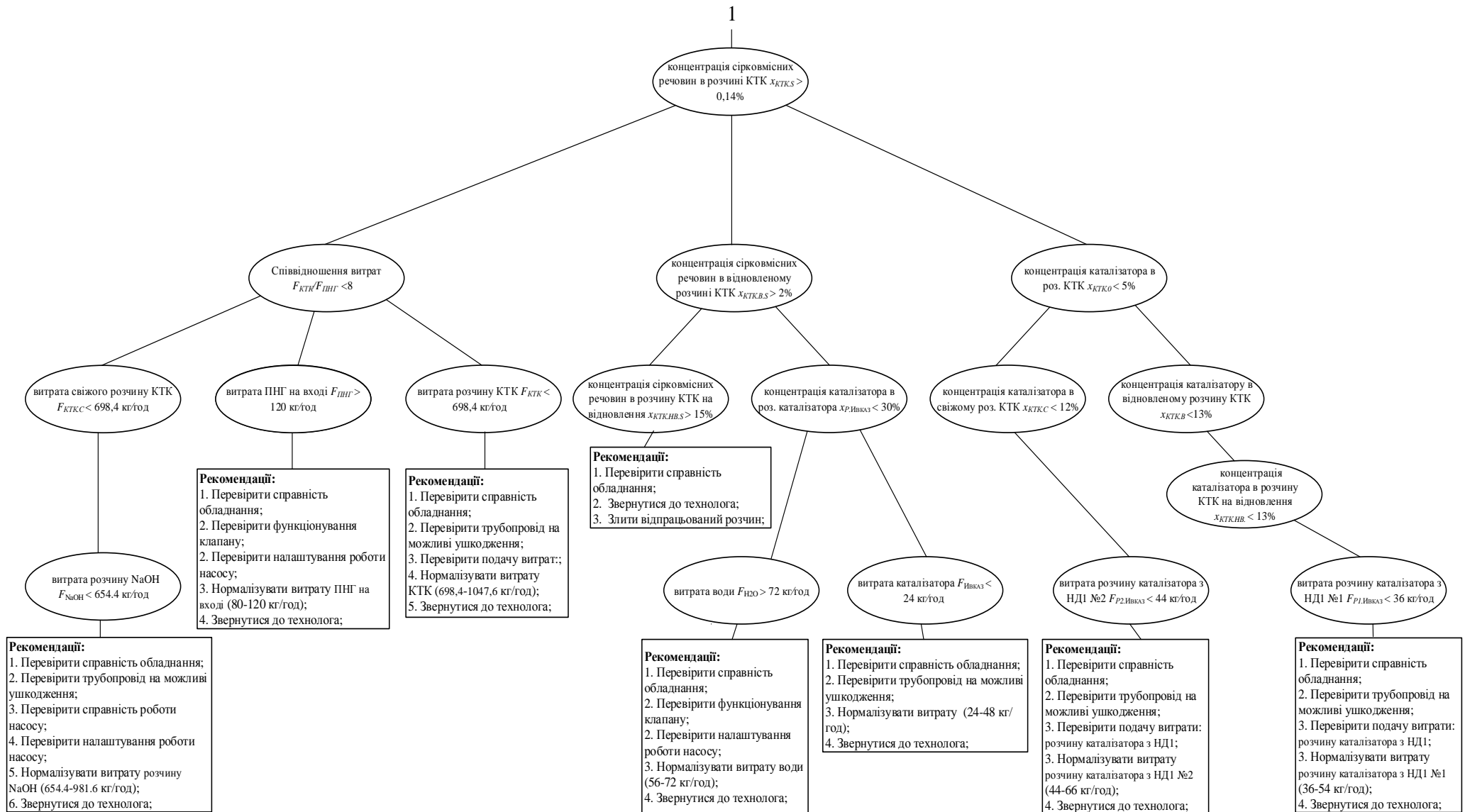


Рис.4.4. Фрагмент №1 дерева аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ



Для коректного перебігу процесу абсорбції необхідно підтримувати правильні значення технічних змінних процесу. Рекомендації, щодо усунення неполадок в разі порушення умов абсорбції наведено на рис. 4.5.

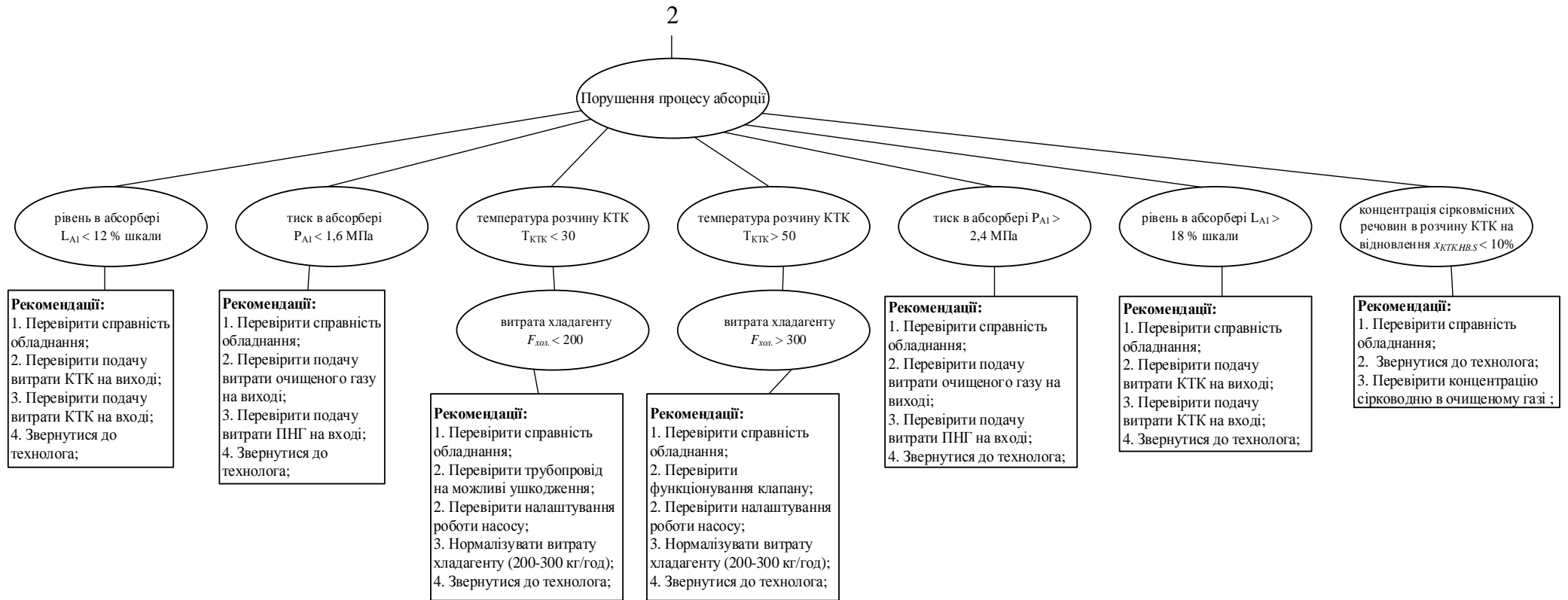


Рис.4.5. Фрагмент №2 дерева аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ

На рис. 4.6 знаходиться та «гілка» дерева аварій, що зображає фактори які шкодять процедурі відновлення розчину абсорбенту.

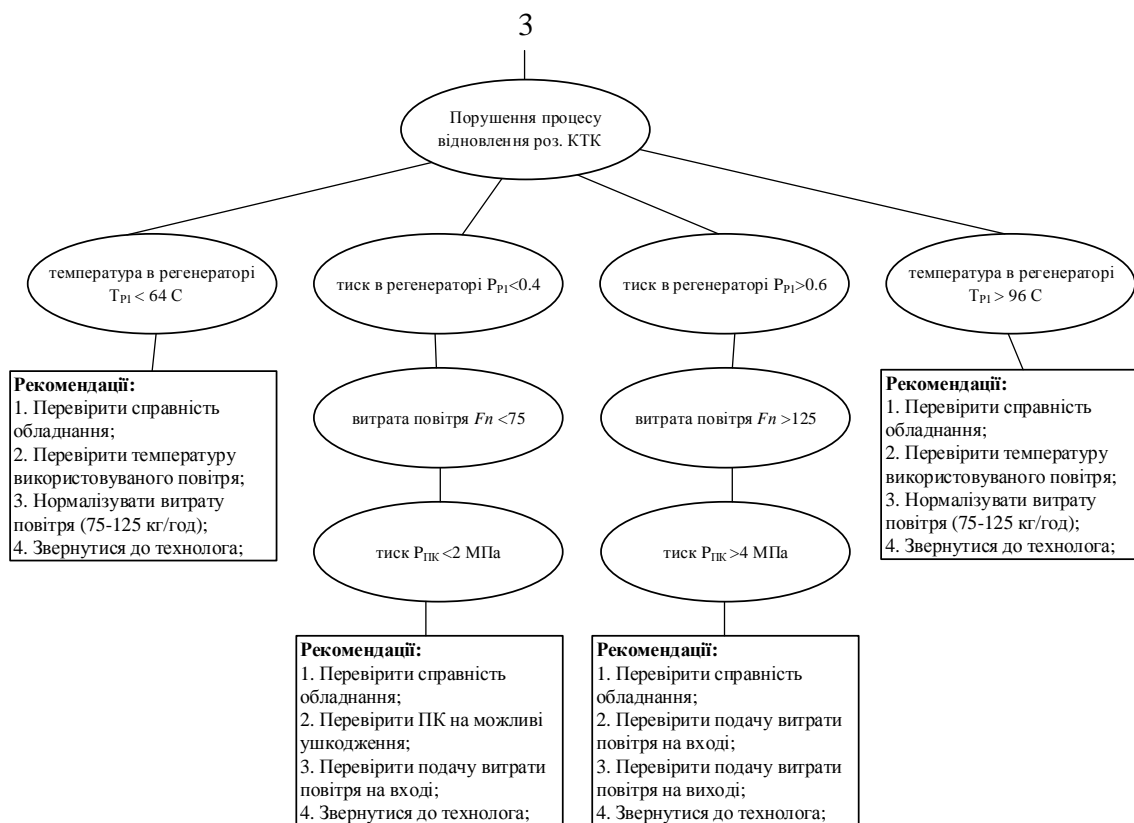


Рис.4.6. Фрагмент №3 дерева аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ

Іншим негативним фактором, що призводить до порушення технологічного режиму є зменшення продуктивності виробництва. Причини виникнення такої ситуації та рекомендації їх усунення наведено на рис. 4.7 - 4.9.

Для пояснення способу використання дерева, розглянемо наприклад таку ситуацію. Сталася якась неполадка на виробництві, що призвело до порушення технологічного режиму. Якщо сказати конкретно, то суттєво зменшилась його продуктивність. Є 3 основні можливі причини для цього, а саме порушення співвідношення витрат, вихід з ладу НД-1 та надлишкове використання каталізатору. Перша подія є найімовірнішою, тому обираємо її. Причини такого порушення наведені на 4 «гілці»: це різні порушення допустимих меж витрат матеріальних потоків на виробництві. Обираємо, наприклад, другий варіант оскільки на пульт керування прийшов сигнал про ненормальну витрату одного

з параметрів та отримуємо список рекомендацій щодо усунення неполадки(аварійної ситуації). Першою в списку завжди йде перевірка справності обладнання: від датчиків до вторинних вимірювальних пристроїв. Перевірка показала, що прилади справні, але витрата ПНГ не в нормі. Тому слідуємо другій рекомендації – перевірці на цілісність трубопроводу. Ці пошкодження є, певно, причиною неполадки. Отже, нам слід перевірити його цілісність на ділянці між Регенератором та Абсорбером, оскільки сигналів про ненормальну витрату до Регенератора чи після абсорбера не було.

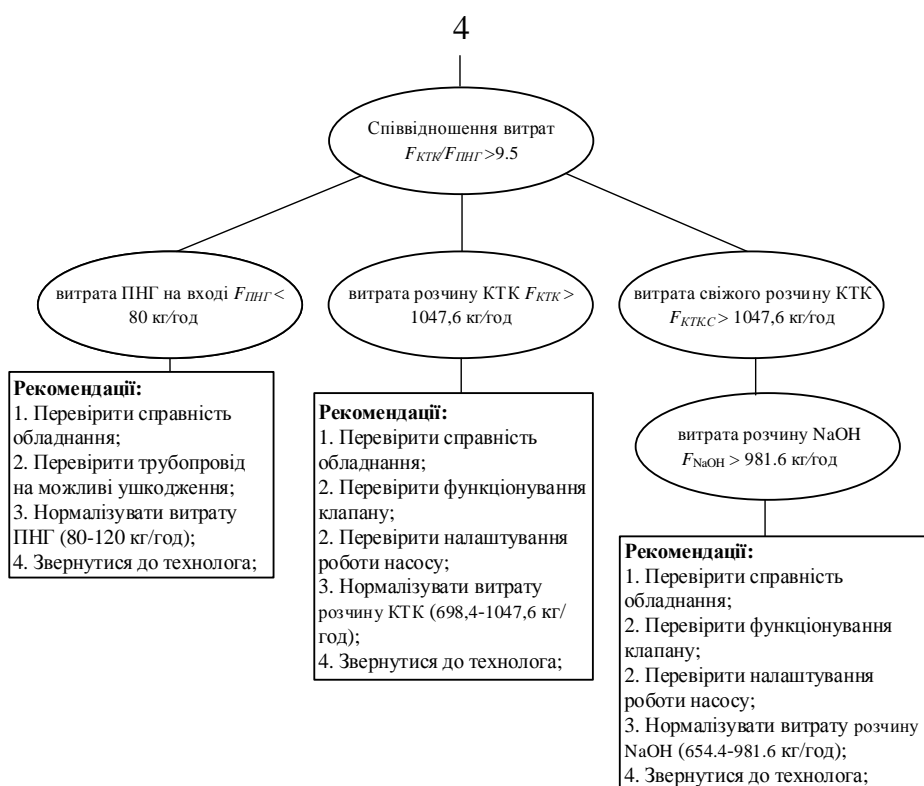


Рис.4.7. Фрагмент дерева №4 аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ



Рис.4.8. Фрагмент №5 дерева аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ

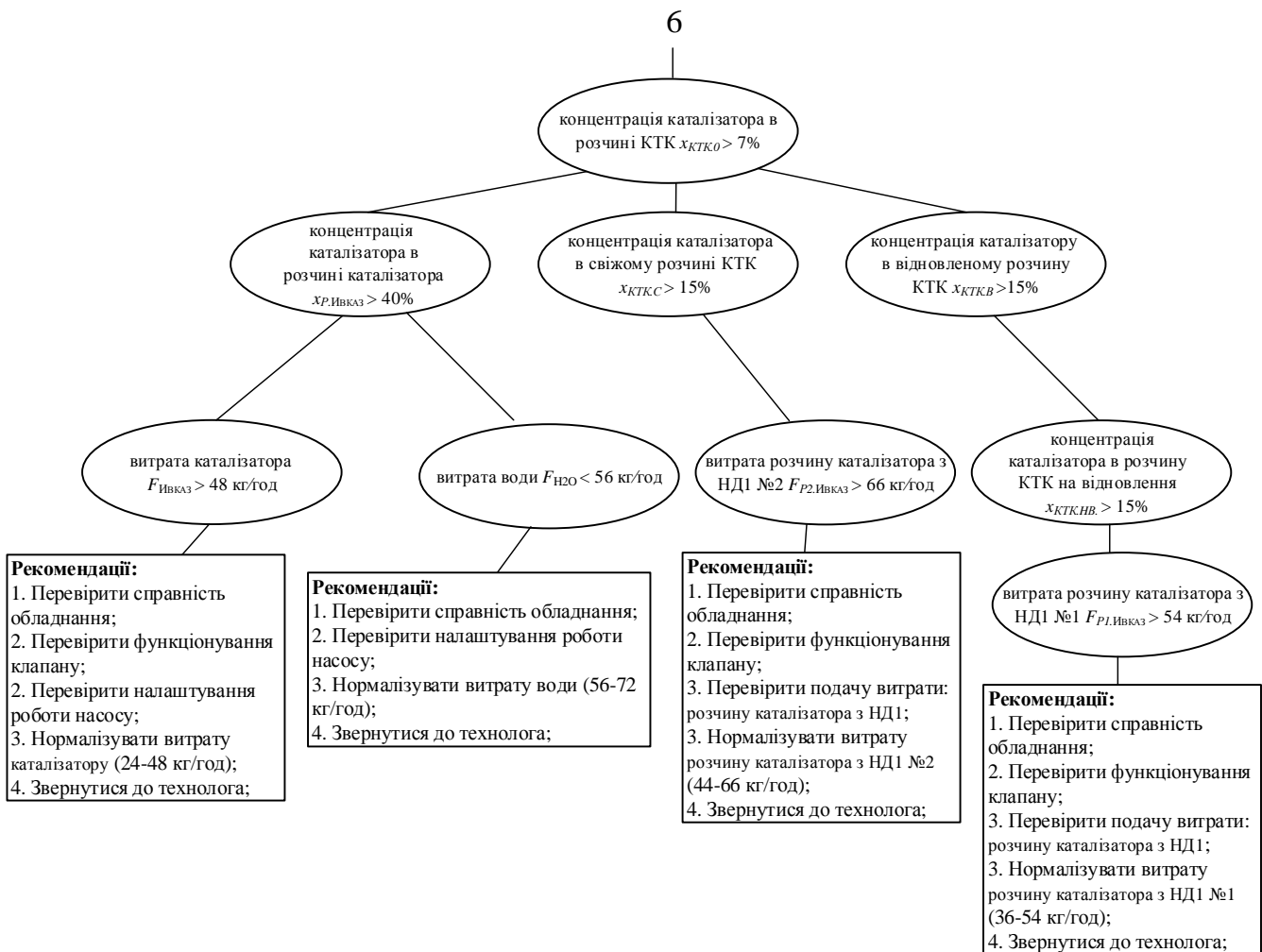


Рис.4.9. Фрагмент №6 дерева аварійних ситуацій у процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ

### 4.3 Схема автоматизації процесу

Схема автоматичного контролю абсорбера в процесі лужно-каталітичного очищення ПНГ (креслення *МД ЛА91мн.08.01.000*) містить низку контурів контролю та регулювання. До контурів контролю належать контури контролю витрати, рівня.

Контур 1 контролює витрату ПНГ, що надходить в абсорбер А-1 та включає:

(1А) – діафрагму камерну; (1Б) – тензометричний дифманометр; (1В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний;

Контур 2 контролює витрату КТК, що надходить в абсорбер А-1 та включає:

(2А) – діафрагму камерну; (2Б) – тензометричний дифманометр; (2В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 3 відповідає за керування концентрацію сірководню в очищеному газі на виході з абсорбера А-1 та включає:

(3А) - датчик-газоаналізатор стаціонарний оптичний; (3Б) – мікропроцесорний контролер; (3В) – блок ручного управління; (3Г) – перетворювач електропневматичний, (3Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 5 відповідає за керування рівнем абсорбера А-1 та включає:

(4А) – радарний рівнемір; (4Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (4В) – регулятор мікропроцесорний; (4Г) – блок ручного управління; (4Д) – перетворювач електропневматичний; (4Е) – механізм регулювальний електричний ; К1 та К2 – електромагнітні реле-перемикачі; НЛ1, НЛ2 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 7 відповідає за керування витратою розчину NaOH, що надходить в ємність Е-1 та включає:

(5А) – діафрагму камерну; (5Б) – тензометричний дифманометр; (5В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (5Г) – мікропроцесорний

регулятор; (5Д) – блок ручного управління; (5Е) – перетворювач електропневматичний; (5Ж) – механізм регулювальний електричний.

Контур 9 відповідає за керування рівнем заповнення ємності Е-1 та включає:

(6А) – радарний рівнемір; (6Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (6В) – регулятор мікропроцесорний; (6Г) – блок ручного управління; (6Д) – перетворювач електропневматичний; (6Е) – механізм регулювальний електричний; К3 та К4 – електромагнітні реле-перемикачі; НЛ3, НЛ4 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 11 відповідає за керування витратою розчину «ІВКАЗ», що надходить в ємність Е-1 та включає:

(7А) – діафрагму камерну; (7Б) – тензометричний дифманометр; (7В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (7Г) – мікропроцесорний регулятор; (7Д) – блок ручного управління; (7Е) – перетворювач електропневматичний; (7Ж) – механізм регулювальний електричний.

Контур 13 відповідає за керування тиском всередині сепаратора С-1 та включає:

(8А) – перетворювач тиску, (8Б) – мікропроцесорний контролер; (8В) – блок ручного управління; (8Г) – перетворювач електропневматичний; (8Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 15 контролює вихідну витрату очищеного газу, що надходить з сепаратора С-1 та включає:

(9А) – діафрагму камерну; (9Б) – тензометричний дифманометр; (9В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 16 відповідає за керування рівнем заповнення сепаратора С-1 та включає:

(10А) – радарний рівнемір; (10Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (10В) – регулятор мікропроцесорний; (10Г) – блок ручного управління; (10Д) – перетворювач електропневматичний; (10Е) – механізм

регулювальний електричний; К5 та К6 – електромагнітні реле-перемикачі; HL5, HL6 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 18 контролює вихідну витрату залишків розчину КТК, що надходить з сепаратора С-1 та включає:

(11А) – діафрагму камерну; (11Б) – тензометричний дифманометр; (11В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 19 відповідає за керування співвідношенням витрат води та каталізатору на вході в ємність Е-2 та включає

(12А), (13А), – діафрагму камерну; (12Б), (13Б) – тензометричний дифманометр; (12В), (13В) – прилад вторинний, показувальний; (12Г) – мікропроцесорний регулятор; (12Д) – блок ручного управління; (12Е) – перетворювач електропневматичний; (12Ж) – механізм регулювальний електричний.

Контур 22 відповідає за керування рівнем заповнення ємності Е-2 та включає:

(14А) – радарний рівнемір; (14Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (14В) – регулятор мікропроцесорний; (14Г) – блок ручного управління; (14Д) – перетворювач електропневматичний; (14Е) – механізм регулювальний електричний; К7 та К8 – електромагнітні реле-перемикачі; HL7, HL8 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 24 відповідає за керування концентрацією каталізатору та включає:

(15А) - датчик-аналізатор рідини; (15Б) – мікропроцесорний контролер; (15В) – блок ручного управління; (15Г) – перетворювач електропневматичний, (15Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 26 контролює вихідну витрату суміші очищеного КТК та технологічного повітря, що надходить з регенератора Р-1 та включає:

(16А) – діафрагму камерну; (16Б) – тензометричний дифманометр; (16В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 27 відповідає за керування тиском всередині сепаратора С-2 та включає:

(17А) – перетворювач тиску, (17Б) – мікропроцесорний контролер; (17В) – блок ручного управління; (17Г) – перетворювач електропневматичний; (17Д) – механізм регулюючий електричний.

Контур 29 контролює температуру в середині регенератора Р-1 та включає:

(18А) – термоелектричний перетворювач ТП; (18Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 30 контролює вихідну витрату технологічного повітря, що надходить з повітряного конденсатора ПК-1 та включає:

(19А) – діафрагму камерну; (19Б) – тензометричний дифманометр; (19В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 31 відповідає за керування витратою розчину КТК на відновлення, що надходить в регенератор Р-1 та включає:

(20А) – діафрагму камерну; (20Б) – тензометричний дифманометр; (20В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (20Г) – мікропроцесорний регулятор; (20Д) – блок ручного управління; (20Е) – перетворювач електропневматичний; (20Ж) – механізм регулювальний електричний.

Контур 33 контролює вихідну витрату відпрацьованого повітря, що надходить з сепаратора С-2 та включає:

(21А) – діафрагму камерну; (21Б) – тензометричний дифманометр; (21В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 34 відповідає за керування рівнем заповнення сепаратора С-2 та включає:

(22А) – радарний рівнемір; (22Б) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний; (22В) – регулятор мікропроцесорний; (22Г) – блок ручного управління; (22Д) – перетворювач електропневматичний; (22Е) – механізм регулюючий електричний; К9 та К10 – електромагнітні реле-перемикачі; НЛ9, НЛ10 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.



Контур 36 контролює вихідну витрату очищеного КТК, що надходить з сепаратора С-2 та включає:

(23А) – діафрагму камерну; (23Б) – тензометричний дифманометр; (23В) – прилад вторинний, показувальний, реєструвальний.

Контур 37 відповідає за керування концентрацією каталізатору в розчині КТК на відновлення та включає:

(24А) – датчик-аналізатор рідини; (24Б) – вторинний прилад датчика-аналізатора; (24В) – мікропроцесорний контролер; (24Г) – блок ручного управління, (24Д) – перетворювач електропневматичний, (24Е) – механізм регулювальний електричний.

Контур 39 відповідає за керування температурою в середині регенератора Р-1 та включає:

(25А) – термоелектричний перетворювач ТП; (25Б) – мікропроцесорний контролер; (25В) – блок ручного управління; (25Г) – перетворювач електропневматичний, (25Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 41 відповідає за керування концентрацією сірководню у відновленому розчині КТК та включає:

(26А) – датчик-аналізатор рідини; (26Б) – мікропроцесорний контролер; (26В), (26Г) – блок ручного управління; (26Д), (26Е) – перетворювач електропневматичний, (26Ж), (26З) – механізм регулювальний електричний.

Контур 44 відповідає за керування концентрацією каталізатора в розчині КТК та включає:

(27А) – датчик-аналізатор рідини; (27Б) – мікропроцесорний контролер; (27В) – блок ручного управління; (27Г) – перетворювач електропневматичний, (27Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 46 відповідає за керування температурою в середині регенератора Р-1 та включає:

(28А) – термоелектричний перетворювач ТП; (28Б) – мікропроцесорний контролер; (28В) – блок ручного управління; (28Г) – перетворювач електропневматичний, (28Д) – механізм регулювальний електричний.

Контур 48 контролює електродвигун насоса 1.

Контур 49 контролює тиск ПНГ на вхідному трубопроводі абсорбера та включає:

(29А) - вимірювальний тензоперетворювач тиску; (29Б) - прилад вторинний, показувальний; HL13 - лампу електричну сигнальну зеленого кольору, HL14 - лампу електричну сигнальну червоного кольору.

Контури 50, 52, 54, 56, 58, 60 за структурою та принципом роботи аналогічні 48

Контури 51, 53, 54, 57, 59, 61 за структурою та принципом роботи аналогічні 49

#### **4.4. Блокування, сигналізація, аварійний захист**

Система автоматизації містить сигналізацію рівня та тиску. Контури 5, 9, 16, 22, 34 забезпечують сигналізацію рівня апаратів. Сигнальними пристроями виступають: HL1, HL3, HL5, HL7, HL9 – лампи електрична сигнальна верхніх границь, HL2, HL4, HL6, HL8, HL10 – лампи електрична сигнальна нижніх границь

Система аварійного захисту спрацьовує в разі досягнення максимального/мінімального значення контрольованого параметра (тиск в трубопроводі після насосів М1). Замикається контакт в приладі і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ1. Реле КМ спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт КМ1-1 (нормально замкнений) розмикається і гасне лампочка HL11, а контакт КМ1-2 (нормально розімкнутий) замикається і загоряється лампочка HL12. Після того як тиск в реакторі унормовується, контакт в приладі розмикається і ланцюг живлення електромагніту КМ1 розривається. Реле спрацьовує і контакти перемикаються назад.

В схему автоматизації закладений аварійний захист і технологічні блокування.

Якщо виникає аварія у відцентрованому насосі або двигуні і формується сигнал аварійного захисту електродвигуна за допомогою аварійного сигналу, то

в цьому випадку повинна спрацювати система технологічних блокувань, яка повинна відключити вихідний сигнал регулятора, тобто регулюючі клапани повинні повністю закрити трубопроводи.

Блокування можуть спрацювати якщо відсутній тиск в трубопроводі на виході з насосів М1, М2, М3, М4, М5, М6, М7.

#### **Висновки до розділу 4**

При роботі над цим розділом був проведений аналіз основних факторів які мають вплив на перебіг процесу абсорбції, можливих аварійних ситуацій та причин їх виникнення. На основі цього було розроблено базу знань для аналізу причин та наслідків аварійних ситуацій у процесах лужно-каталітичного очищення ПНГ.

Також, спираючись на цю ж інформацію була побудована схема автоматизації процесу (креслення МДЛА91мп.08.01.000 – додаток 4, специфікація наведена у додатку 2), були обрані технічні прилади для контролю та керування основних параметрів.

## 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

### 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

Основна ідея: набір алгоритмів та їх реалізацій для створення адаптивних систем в широких межах людської діяльності.

Вірогідно, що у світі немає таких процесів, не важливо з якої галузі, параметричні характеристики яких б залишалися стійкими впродовж їх функціонування. Це може призвести до непередбачуваного та, певно, небезпечного результату процесу. Саме тому людство намагалося компенсувати подібні негативні впливи скоріше за всього ще до появи промисловості як такої. Сьогодні наука розкинулася дуже далеко, а тому ми отримали значно більший набір інструментів для цього. Одним з найбільш ефективних інструментів є так звані адаптивні системи.

Адаптивні системи це такі системи що здатні до зміни своїх параметрів, внутрішньої структури або режиму функціонування в залежності від впливу. Існує велика кількість різних систем, але кожна з них має алгоритм – певну чітку послідовність дій яким саме чином змінювати систему. Створення таких алгоритмів та їх налаштування є задачею, що вимагає багато часу та багато знань з різних областей, тобто для якісної роботи адаптивної системи потрібен експерт.

Тут і допоможе наш стартап-проект, що представляє собою універсальне програмне забезпечення, здатне працювати з найрізноманітнішими системами, має простий та зрозумілий інтерфейс для їх створення та налаштування і велику кількість вже готових алгоритмів адаптації. Тобто не треба витрачати багато часу, усі важливі розрахунки налаштування вже були зроблені з нашого боку. Це допоможе клієнтам швидко досягти бажаного результату. Окрім цього, можлива індивідуальна розробка алгоритмів під конкретного користувача. Якщо ж виникли питання ми завжди допоможемо та надамо кваліфіковану та безкоштовну консультацію щодо продукту.

Назва компанії: «Advanced and Adaptive Technologies». Логотип стартап-проекту знаходиться на рис.5.1.



Рис.5.1 Логотип підприємства

Структурований вигляд змісту ідеї та можливі напрямки її застосування знаходяться у табл 5.1 [20].

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап- проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Застосування алгоритмів адаптації до автоматичних та автоматизованих систем у різних галузях людської діяльності	1. Хімія	Ефективне керування нестационарними об'єктами та циклічними технологічними процесами. Збільшення продуктивності виробництва.
	2. Нафтопромисловість	Оптимізація керування процесами добутку нафти в залежності від того яку фракцію викачують в даний момент; процесами попередньої обробки нафти в залежності від того яка фаза триває та який склад добутої сировини.
	4. Навігація	Збільшення точності автоматичних систем керування (автопілот), зменшення витрат при транспортуванні вантажів; зниження вірогідності аварійної ситуації у разі виникнення непередбачуваних ситуацій.
	6. Сільське господарство	Збільшення продуктивності господарства, зменшення вірогідності неврожаю, зменшення витрат на робочий персонал.

Висновок: Існує безліч галузей людської діяльності застосування в яких адаптивних систем дозволить збільшити їх рівень автоматизації та оптимізації, підвищити продуктивність та суттєво полегшити перебіг процесів в цілому. Тому, можна сказати, що головна ідея стартап-проекту має шанси на успіх та придатна для подальшого дослідження економічного середовища, розробки бізнес-плану та ін. операція збільшення вірогідності успішної реалізації проекту.

Перед розробкою стратегій виходу на ринок та маркетингової компанії продукту необхідно провести попередній аналіз пропозицій прямих та непрямих конкурентів з метою виявлення їх слабких та сильних сторін (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п	Технікоеконімічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	AdAstra Research Group	Falcon	Каскад-ГРУП			
1	Точність	Середня	Середня	Висока	Середня		+	
2	Швидкодія	Низька	Середня	Висока	Висока	+		
3	Ціна	Низька	Середня	Висока	Висока			+
4	Зручність до користування	Висока	Висока	Низька	Середня			+
5	Підтримка споживачів	Висока	Низька	Середня	Середня			+
6	Стабільність роботи	Висока	Середня	Висока	Середня			+
7	Здатність до інтеграції з іншими системами	Висока	Висока	Середня	Середня			+

Висновок. Сильними сторонами продукту, порівняно з конкурентами, є його ціна та зручність до користування, або простіше кажучи простота, зрозумілість.

Ще однією перевагою є активна підтримка споживача та інтеграційна здатність (наскільки легко продукт взаємодіє з іншими системами). Слабкою стороною можна назвати його швидкодію, оскільки треба витратити додатковий час на пошук найкращого алгоритму, але з запровадженням нових технологій цей недолік буде подолано.

## 5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Створення нового проекту вимагає перевірки технологічної здійсненності ідей, тобто можливості існуючих технологій реалізувати основні пункти стартап-проекту (табл. 5.3).

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проект

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Підвищення точності роботи	Використання нових приладів вимірювання, алгоритмів зменшення впливу шуму	Присутня	Доступна
2	Розробка алгоритму під конкретну галузь	Привернути увагу спеціалістів для отримання повної інформації; розробка конкретного алгоритму алгоритму	Необхідно створити	Доступна
	Збільшити швидкодію продукту	Оптимізувати програмний код продукту; використати більш сучасне обладнання для швидших розрахунків	Присутня	Теоретично доступна
	Програмна реалізація алгоритмів	Використання сучасних мов програмування	Присутня	Доступна
	Створення широкої бази даних алгоритмів	Накопичення розроблених алгоритмів адаптації	Необхідно створити	Доступна
Технологія реалізації ідеї проекту: Реалізація нових алгоритмів адаптації та їх налаштування за допомогою сучасних мов програмування та програмних пакетів.				

### 5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для того щоб правильно спланувати напрями розвитку проекту необхідно: врахувати стан ринкового середовища, потреби вірогідних покупців та пропозиції конкурентних компаній, визначити можливі загрози та перспективи (табл. 5.4).

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	225000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Ціна; новизна
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	В залежності від клієнта-покупця
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	68

Висновок: головними перевагами показників стану ринку є його позитивна динаміка росту, порівняно мала кількість конкурентів та доволі непогану норму рентабельності. Натомість, до недоліків ринку чи загроз для виходу на ринок можна віднести високий рівень ціноутворення та його суттєву залежність від сучасних технологій. їх імплементації та рівня освіти.

Одним з найважливіших пунктів аналізу ринкової ситуації є визначення кола потенційних покупців нашого продукту, особливостей їх поведінки та їх вимог до товару (табл. 5.5).



Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап- проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Керування нестационарними об'єктами та технологічними процесами	Компанії-виробники з області хімічної промисловості	В залежності від особливостей виробництва компанії-клієнта	Стабільність роботи, здатність до інтеграції з іншими системами, точність, ціна, простота експлуатації
2	Коригування курсу кораблів у випадку непогоди, зміна маршруту автомобілей у разі виникнення загрози ДТП чи інших непередбачуваних ситуацій.	Компанії, що спеціалізуються на транспортуванні велико- та середньогабаритних вантажів; Компанії-виробники сучасних електрокарів	В залежності від конкретного напрямку діяльності компанії-клієнта	Швидкодія, точність, надійність.
3	Своєчасне реагування на негативні (засухи, повені) зміни клімату для покращення процесу вирощування різноманітних агрокультур	Компанії, що спеціалізуються на вирощуванні агрокультур у великих обсягах	В залежності від вирощуваної агрокультури та географічного розташування компанії-клієнта	Стабільність роботи, ціна, простота експлуатації

Висновок: Найголовнішою потребою ринку, що об'єднує усі групи потенційних покупців, не залежно від напрямку їх діяльності – це потреба в адаптації, тобто

пристосуванні до змінних умов. Запропонований продукт спеціалізується саме на цьому, тобто він здатний задовольнити потреби потенційних клієнтів що є найголовнішим.

Аналіз сприяючих та навпаки перешкоджаючих факторів наведено на табл. 5.6 та табл. 5.7

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Технічний	Виникнення неполадок в роботі продукту, в роботі мережі Інтернет, в роботі електропостачання...	Своєчасна підтримка компаній-клієнтів, створення системи захисту для стабільної роботи не залежно від зовнішніх умов
2	Людський	Некомпетентне використання продукту, що створює ризик виникнення аварії на підприємстві.	Створення «системи захисту від дурня»; супровід продукту докладною документацією.
2	Економічний	Економічна криза, як наслідок спад обсягів виробництва, що веде до зменшення кола покупців; конкуренція	Створення фінансових резервів на такий випадок, залучення інвесторів, допомога держави; надання більш вигідної ціни та/або більш якісного продукту ніж конкуренти
3	Внутрішньовиробничий	Некомпетентність розробників продукту, несвоєчасна допомога з боку технічної підтримки,	Наймання на важливі посади тільки компетентних спеціалістів
5	Технологічний	Поява нових більш досконалих та дешевших технологій	Ретельне вистежування можливих ноу-хау та запровадження їх у власне виробництво

Висновок: головними факторами загроз є технічний, а саме виникнення яких небудь неполадок з самим продуктом або з системами необхідними для його

роботи (електропостачання) та людський: некомпетентність співробітників компанії-клієнта. Інші загрози маловірогідні або несуттєві

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Маркетинговий	Зростання числа покупців	Застосування маркетингової компанії
2	Інформаційний	Створення гарного іміджу компанії	Робота з клієнтами для створення гарного іміджу та отримання хорошої репутації
	Технічний	Порівняно малі витрати для виробництва продукту; можливість знаходити необхідних спеціалістів та потенційних клієнтів по всьому світу	Використання переваг сучасних технологій: пошук потенційних клієнтів та робітників по всій території земної кулі, робота з дому.
4	Економічний	Ріст економіки, як наслідок збільшення обсягів виробництва, що веде до збільшення кола покупців	Якісне та кількісне збільшення обсягів виробництва, активніша маркетингова компанія

Висновок: головними факторами можливостей є маркетинговий та інформаційний. Тобто, успішна маркетингова компанія та гарна репутація, що здобувається активною співпрацею з клієнтами. Також важливим є технічний фактор, що дозволяє значно зекономити витрати та дає можливість не залежати від місця розташування у питаннях пошуку нових кадрів чи клієнтів.

Після визначення факторів можливостей та загроз треба проаналізувати загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції чиста	Не має єдиної корпорації або групи компаній поменше що б контролювала ринок	Створення конкуренто спроможного продукту
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Компанії, що зараз займаються сучасними технологіями (інформаційними, комп'ютерно-інтегрованими і т.д.) працюють в різних країнах	2 альтернативні стратегії:  Орієнтація на локальний ринок України або рівняння на світових лідерів для чого необхідне залучення фінансування різних інвесторів, підтримка держави
3. За галузевою ознакою міжгалузева	Продукт, як самої компанії так і конкурентів, може використовуватися у різних галузях.	Співпраця з потенційними компаніями-клієнтами з різних галузей
4. Конкуренція за видами то варів: товарновидова	Товари, як самої компанії так і конкурентів, належать до одного виду	Створення адаптивної маркетингової компанії, співпраця з клієнтами
5. За характером конкурентних переваг нецінова	Виробники намагаються привабити потенційних покупців не тільки ціною, а й якістю (точність, швидкодія, здатність до інтеграції з різними технічними приладами та ПО)	Створення особливої риси в продукті яка б зацікавила потенційних клієнтів та для забезпечення належної маркетингової компанії
6. За інтенсивністю немарочна	Поки немає великих брендів, які купують тому що це бренд	Виробництво продукції з гарною якістю

Висновок: Ринок характерний чистою немарочною конкуренцією, оскільки досі нема жодної компанії чи групи компаній, яка б мала домінуючі на ньому позиції; за масштабом конкурентної боротьби – ринок є міжнародним та

міжгалузевим, бо гравці знаходяться в різних країнах та співпрацюють з підприємствами різних галузей;

Тепер необхідно детальніше дослідити конкуренцію та її властивості на ринку, для чого доцільно скористатися спеціально розробленою моделлю М. Портера (табл. 5.9).

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	AdAstra Research Group, Falcon, Каскад-ГРУП	Микрол, Логикон	Сила постачальників відсутня	Сила споживачів в доволі значна	Товари замінники для продукту відсутні, є лише продукція прямих та потенційних конкурентів
Висновки: Ринок не можна назвати насиченим, але й називати його «порожнім» або «вільним» буде помилкою. Ринок суттєво залежить від клієнтів, що помітно посилює конкуренцію, яка за інших умов була б незначною.	Конкуренція на ринку присутня, її інтенсивність не критична.	Вхід на ринок можливий; потенційні конкуренти присутні; строки входу на ринок залежать від ряду обставин пов'язаних з його функціонуванням, ситуації на ринку на момент входження, орієнтовно, за вдалих умов, в межах 7 місяців	Постачальники для нашого підприємства не потрібні, тому вони не диктують умови роботи.	Клієнти диктують умови роботи: продукт має чітко відповідати їх потребам	Через необхідність відповідати певним стандартам компаній-клієнтів обмеження для роботи через товари замінники відсутні, грають роль лише товари конкурентів, що працюють саме у цьому ринку та відповідають вимогам.

Після аналізу конкуренції на ринку за методикою М. Портера (табл. 5.9) на її основі необхідно визначити та обґрунтувати фактори

конкурентоспроможності (табл. 5.10). Для цього слід скористатись основними ідеями проекту (табл. 5.2) та врахувати вже виконаний аналіз вимог споживачів до продукту (табл. 5.5). Також не варто ігнорувати вплив з боку маркетингово середовища, аналіз факторів якого був проведений раніше (табл. 5.6-5.7)

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Порівняно низька ціна має привабити більше клієнтів
2	Зручність до користування	Використання продукту є порівняно простим та не вимагає від робітників компанії-клієнта глибокого знання в області алгоритмів, мов програмування чи адаптації.
3	Здатність до інтеграції з іншими системами	Здатність продукту до роботи на різних системах від різних виробників.
4	Стабільність роботи	Продукт просто так не вийде з ладу.
5	Підтримка споживачів	Консультації та технічна підтримка клієнтів
6	Точність	Точність роботи алгоритму не поступається конкурентам.

Висновок: було проведено дослідження основних фактори конкурентоспроможності, визначення конкретно їх суті та обґрунтування того чи іншого фактору. Основними факторами є низька ціна порівняно з конкурентами, порівняна простота експлуатації продукту та можливість продукту інтегруватися з іншими системами. Усе це є привабливими для клієнта рисами та дає доволі широкі межі використання продукту у різних сферах..

Після визначення факторів конкурентоспроможності потрібно провести загальний аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту у порівнянні з конкурентами (табл. 5.11.1-5.11.3). Наведені нижче таблиці показують особливості продукту, те що відрізняє його від аналогів у числовій формі.

Таблиця 5.11.1 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін у порівнні з «AdAstra Research Group»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1- 20	Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з AdAstra Research Group							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Ціна	20	+							
2	Зручність до користування	17			+					
3	Здатність до інтеграції з іншими системами	18				+				
4	Стабільність роботи	16					+			
5	Підтримка споживачів	16						+		
6	Точність	15								+

Таблиця 5.11.2 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін у порівнні з «Falcon»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1- 20	Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з Falcon							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Ціна	20			+					
2	Зручність до користування	17			+					
3	Здатність до інтеграції з іншими системами	18				+				
4	Стабільність роботи	16				+				
5	Підтримка споживачів	16					+			
6	Точність	15				+				

Таблиця 5.11.3 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін у порівннні з «Каскад-ГРУП»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1- 20	Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з Каскад-ГРУП						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	20		+					
2	Зручність до користування	17			+				
3	Здатність до інтеграції з іншими системами	18			+				
4	Стабільність роботи	16					+		
5	Підтримка споживачів	16						+	
6	Точність	15				+			

Висновок: як можна побачити з проведеного аналізу сильних та слабких сторін у порівнянні з основними конкурентами, продукт має більш високий сумарний рейтинг. Основними перевагами є такі фактори як ціна, зручність до користування та здатність до інтеграції з іншими системами.

Останній крок аналізу ринкового середовища – це створення SWOT-матриці – таблиці, де відображено аналіз сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін і загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities). Для цього застосовують дані з вже проведених раніше аналізів та досліджень. Так наприклад знання про ринкові загрози та можливості береться від відповідного аналізу з табл. 5.6 та табл. 5.7.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап- проекту

Сильні сторони:: низька ціна, зручність до використання, здатність до інтеграції з іншими системами.	Слабкі сторони: Мала відомість підприємства на початку, потреба в значних інвестиціях на початку, швидкодія
Можливості: Зростання числа покупців, створення гарного іміджу компанії, можливість знаходити необхідних спеціалістів та потенційних клієнтів по всьому світу, збільшення обсягів виробництва.	Загрози: Загрози: Економічна криза, некомпетентне використання продукту, недостатня кваліфікованість співробітників підприємства, поява нових більш досконалих та дешевших технологій.



SWOT-аналіз ринку дає можливість розробити альтернативи ринкової стратегії виводу стартап-проекту на ринок, приблизного оптимального часу що буде витрачений на це та імовірної ефективності тієї чи іншої стратегії. Цей аналіз проводиться з огляду на конкурентів та їх діяльність на ринку (табл. 5.13).

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап- проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Індивідуалізм (максимація власного виграшу)	Висока	13 місяців
2	Кооперація (максимізація спільного виграшу)	Середня	10 місяців
3	Суперництво	Вище середнього	15 місяців

Висновок: після проведеного аналізу можливих стратегій обрано такі дві стратегії: індивідуалізм (висока імовірність отримати ресурси) та кооперація (вимагає найменшого часу на реалізацію). Ці варіанти є найбільш перспективними.

#### 5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Для розробки ринкової стратегії проекту слід спочатку описати цільові групи потенційних покупців, що у свою чергу дасть можливість визначитись з методом охоплення ринку (табл. 5.14).

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Компанії-виробники з області хімічної промисловості	+	Високий	Середня	Середня
2	Компанії, що спеціалізуються на транспортуванні велико- та середньо-габаритних вантажів	-	Середній	Середня	Важко
3	Компанії, що спеціалізуються на вирощуванні агрокультур у великих обсягах	+	Високий	Помірна	Просто
Які цільові групи обрано: В ході аналізу цільових груп було обрано 1-шу та 3-тю цільові групи, як найбільш перспективні, та найбільш легкі для співпраці.					

Оскільки після аналізу потенційних груп споживачів продукту було обрано кілька цільових груп яким буде запропонований продукт стратегією охоплення ринку є стратегія диференційованого маркетингу, тобто розробка окремих програм ринкового впливу для кожної з груп.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 5.15).

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія лідерства по витратах	Активна маркетингова компанія, піар-акції, програми лояльності споживачів	Низька ціна, відповідність стандартам та вимогам конкретним клієнтам, вчасна допомога та техпідтримка продукту, використання сучасних технологій.	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Проект не є першопрохідцем	Буде відбуватися переманювання споживачів у конкурентів за рахунок товарів та послуг значно дешевшої ціни ніж у конкурентів але з порівняно однаковою якістю.	Компанія буде працювати за принципом «менша ціна така ж якість», тобто такі параметри як точність надійність та зручність до користування як мінімум не будуть поступатися конкурентам	Стратегія виклику лідера (флангова атака)

Висновок: Так як проект це не першопрохідець, але має помітні цінові переваги по відношенню до своїх конкурентів, реальним здається варіант виклику лідеру. Але використати слід не пряму атаку, а флангову, тобто на неосвоєні ринкові сегменти та, найголовніше, цінова атака, що є найбільш ефективною.

Для того щоб правильно обрати стратегію позиціонування продукту необхідно скористатися вже виконаними дослідженнями, а саме обраної стратегії розвитку, стратегії конкурентної поведінки та вимог з боку споживачів. Результати проведеної роботи знаходяться на табл. 4.17.

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку		Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Здатність до інтеграції з іншими системами	Стратегія диференціації		Універсальність застосування	Імплементация – не проблема
2	Стабільність роботи	Стратегія диференціації		Під час експлуатації вірогідність виникнення помилок мінімальна	Працює без проблем
3	Зручність до користування	Стратегія диференціації		Простота експлуатації	Розібратись дуже просто

Висновки: було обрано три основні характеристики продукту, які є найсильнішими та відповідно мають викликати асоціації у потенційних клієнтів. До них відносяться Здатність до інтеграції з іншими системами, Стабільність роботи, Зручність до користування, кожна з яких має свій лозунг що суттєво допоможе при реалізації маркетингової компанії.

### 5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для успішної реалізації стартапу дуже важливим є фактор маркетингу. Створення ефективної маркетингової компанії – це доволі комплексний та структурований процес. Для його початку необхідно спочатку розробити основу – перелік факторів товару, що б задовольнили потреби споживачів. Такий перелік називається маркетинговою концепцією товару, що знаходиться на табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Керування нестационарними об'єктами та технологічними процесами	Продукт за характеристиками не поступається конкурентам	Стабільність роботи, здатність до інтеграції з іншими системами, точність, ціна, простота експлуатації
2	Своєчасне реагування на негативні (засухи, повені) зміни клімату для покращення процесу вирощування різноманітних агрокультур	Продукт є простим та надійним, що цілком задовольнить вимоги споживачів.	Стабільність роботи, простота експлуатації
3	Бажання заплатити найменшу ціну	Вартість одиниці продукту нижча за конкурентів, в ціну також входять консультації у спеціалістів та налаштування продукту	Ціна на продукт помітно нижча за ціну конкурентів

Маючи сформовану маркетингову концепцію товару ми зможемо створити ефективну рекламну компанію, що зможе донести його перелік переваг перед конкурентами до потенційного клієнта.

Для ефективної маркетингової компанії також потрібно створити тривимірну маркетингову модель товару (табл. 5.19), яка допоможе знайти правильну точку позиціонування продукту спираючись на його задум та реальний вигляд.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Продукт дозволяє адаптувати систему до змін у середовищі, якщо це потрібно, знайти та використати інший алгоритм адаптації з цілої бази даних; має інтерфейс простий та зрозумілий, що дозволяє використовувати його навіть неспеціалістам; гарно функціонує з іншими системами та порівняно низько коштує		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Ціна		
	2. Простота експлуатації		
	3. Стабільність роботи		
	4. Точність		
	5. Здатність до інтеграції		
	6. Швидкодія		
	Якість: продукт відповідає усім стандартам та нормативам, які вимагають компанії-клієнти.		
	Пакування: не потрібне		
	Марка: логотип компанії		
III. Товар із підкріпленням	До продажу Консультації, встановлення продукту, його налаштування; індивідуальні замовлення; продаж по частинам		
	Після продажу Тех-підтримка, підтримка споживача,		
Потенційний товар буде захищений за допомогою авторського права.			

Висновок. Було проведено моделювання продукту, визначені його основні характеристики та обраний варіант його захисту від копіювання.

Після проведеного моделювання продукту необхідно коректно встановити на нього ціну(табл. 5.20)..

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	18.000-27.000	13.000-24.000	10.00-20.000	9.500-18.750

Висновки: обрано низьку цінову категорію, так як це найбільш ефективний спосіб привабити до себе клієнтів

Після визначення ціни на продукцію потрібно визначитись з системою збуту товару (табл. 5.21).

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Продаж цілого продукту з усіма комплектуючими	Продаж продукту разом, з усіма супровідними товарами та безкоштовним налаштуванням;	Нульовий рівень	Безпосередня
2	Продаж конкретного алгоритму	Продаж конкретної частини продукту	Нульовий рівень	Безпосередня
3	Виготовлення алгоритму для конкретного підприємства на замовлення	Виготовлення та налаштування індивідуального продукту під конкретне підприємство	Нульовий рівень	Безпосередня

Висновки: Основні варіанти збуту це: продаж цілого продукту, його частини або індивідуальне замовлення. Завдяки особливостям продукту та сучасним технологіям можна продавати його безпосередньо не використовуючи підрядників.

Останнім кроком є моделювання маркетингових комунікацій продукту (табл. 5.22).

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Набір чітких вимог до якості та властивостей продукту	Інтернет	Низька ціна, легкість користування, стабільність роботи . інтегрування з іншими системами.	Переконати потенційного клієнта зробити покупку.	Демонстрація особливостей та переваг продукту.

Висновки: Маркетингові комунікації відбуваються по сучасному інформаційному каналу, а саме за допомогою Інтернету. Основна мета цих комунікацій це переконання споживача зробити покупку шляхом демонстрації переваг покупки.

### Висновки до розділу 5

Ця частина магістерської дисертації повністю присвячена розробці плану з реалізації стартап-проекту, тобто його стратегії виходу на ринок та усіма пов'язаними з цим питанням. Це дуже важлива частина, оскільки вдалість проекту, його комерційний успіх суттєво залежить від створеного плану. Якщо він не вдалий то стартап «не вистрелить» з самого початку і молоде підприємство закриється. Більша частина стартапів саме таким чином і закінчується. Тому, якщо підприємець не хоче стати одним з них то він повинен ретельно розробити план.

Спочатку була описана ідея проекту та її зміст: універсальне ПО з широким набором адаптаційних алгоритмів для найрізноманітніших систем; можливі напрямки застосування: хімічна та нафтохімічна промисловість, С.Г;



основні вигоди що отримує покупець: підвищення продуктивності та суттєве полегшення перебігу процесів в цілому).

Після цього, було проведено визначення характеристик проекту, їх оцінка та порівняння з конкурентними компаніями. До сильних сторін відносяться його ціна та зручність до користування, активна підтримка споживача та легкість взаємодії з іншими системами. До слабких сторін можна віднести тільки швидкодію. Ці знання дали орієнтири для початку створення маркетингової компанії, те на що слід а на що не слід звертати увагу при рекламі.

Наступним етапом став технічний аудит ідеї проекту, або, простіше кажучи, визначення її технічної здійсненності. Проведений аналіз підтвердив, що технологій для реалізації стартапу існують, отже його реалізація цілком можлива. Інший висновок з цього – це те що немає потреби в розробці нових технологій з нуля. Це значно економить час матеріальні та людські ресурси та дає можливість швидше вийти на ринок.

Потім був проведений ретельний аналіз ситуації на ринку та була розроблена стратегія виходу проекту на ринок, його охоплення – стратегія диференціації; поведінки з конкурентами – стратегія виклику лідера (флангова атака); та інше. Одночасно, спираючись на численні дані попередніх досліджень буда створена маркетингова програма позиціонування, де були відображені основні пункти практичної реалізації товару на ринку, такі як його ціна, система збуту план та визначення основних тез рекламної компанії щодо

Після проведення усіх аналіз та досліджень, можна сказати, що імплементація стартап-проекту є можливою, але, як і усі стартап-проекти вимагає якісної та масштабної рекламної компанії, що донесе до потенційних клієнтів основні тези проекту.

## ВИСНОВОК

В магістерській дисертації використавши знайдену з вільних джерел інформації про процес лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу був виконаний цілий ряд завдань.

Була створена математична та імітаційна модель обраного об'єкту керування – абсорбера; була досліджена робота цього апарату. За каналом керування «витрата КТК на вході – концентрація сірководню в очищеному газі» були розраховані статична та динамічна характеристики об'єкту.

Використовуючи отриману моделі в роботі були створені дві конкуруючі замкнені системи керування: комбіновану з елементами нечіткої логіки та адаптивну. Обидві системи були змодельовані та порівняні одна з одною з метою виявити найефективнішу. З цих систем найстабільніша – адаптивна - була обрана кращою.

Проаналізувавши знання про процес та його параметри була створена база знань експертної системи для видачі рекомендацій при виникненні аварійних ситуацій на виробництві. Також створена схема автоматизації всього процесу.

Окрім цього був розроблений стартап-проект, головною ідеєю якого є використання алгоритмі адаптації на різних підприємствах у різних галузях.

Завдяки усім виконаним вище пунктам та проведеним розрахункам можна сказати що галона мета – створення системи керування процесом очищення ПНГ від сірководню яка б вирішила наявні технологічні проблеми та дозволила ефективно ним користатися – досягнена.

### Список використаної літератури

1. Джус, А. П., Галюк, І. Б., Борківський, В. В., & Боян, М. О. (2013). Розроблення заходів щодо ефективного використання попутного нафтового газу свердловин Микуличинського родовища. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, (1(46)), 187-196. вилучено із <https://rrngr.nung.edu.ua/index.php/rrngr/article/view/346>
2. Природний і супутній нафтові гази [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://works.doklad.ru/view/1MzUNQSNniw.html>.
3. Основи хімії і фізики горючих копалин : енцикл. словник: навч. вид. / В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – с. 640.
4. Попутный нефтяной газ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B9\\_%D0%B3%D0%B0%D0%B7](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7).
5. Нафтогазове підприємство здійснює видобуток нафти на нафтовому родовищі, в ході технологічних процесів видобування нафти, виділяється нафтовий (попутний) газ, який виділяється у атмосферне повітря та згорає, відповідно, не використовується у виробничо-господарській діяльності учасників договору про спільну діяльність та цей процес не передбачає отримання економічної вигоди. Чи має підприємство включати у розрахунок з рентної плати за користування надрами втрачені обсяги нафтового газу? [Електронний ресурс] // Управління оподаткування юридичних осіб ГУ ДФС у Львівській області. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://lv.sfs.gov.ua/baner/podatkovikonsultatsii/konsultatsii-dlya-yuridichnih-osib/64034.html>.
6. Филиппов А. В. Компонентный состав попутного нефтяного газа [Електронний ресурс] / Алексей Вячеславович Филиппов. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.avfinfo.ru/engineering/e-06/>

7. Филиппов А. В. Попутный нефтяной газ нужен России [Электронный ресурс] / Алексей Вячеславович Филиппов. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.avfinfo.ru/engineering/e-01/>
8. Мазгаров А. М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода: учеб. пособие для студ. выс. учеб. зав. [Электронный ресурс] / А. М. Мазгаров, О. М. Корнетова. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 70 с. – Библиогр.: с. 35–37. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/44370441-Tehnologii-ochistki-poputnogo-neftyanogo-gaza-ot-serovodoroda.html>, свободный. – Загол. с экрана. – Язык рус.
9. Волошин О. С. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АБСОРБЦІЇ ЯК МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ ПОПУТНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ [Текст] / О. С. Волошин, Л. Д. Ярошук // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Текст]: Тези доповідей Тринадцятої науково-практичної конференції студентів. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 04–05 грудня 2019 р. [Электронный ресурс]. – 84 с. : ил. – Библиогр.: в кінці тез. – Режим доступа: <http://ahv.kpi.ua/naukova-robota-2/konferenci-d1-97/> – вільний
10. Типовое решение автоматизации [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: [https://studopedia.su/11\\_62342\\_absorbtsiya.html](https://studopedia.su/11_62342_absorbtsiya.html).
11. Шински, Ф. Системы автоматического регулирования химико-технологических процессов [Текст] : производственное издание : пер. с англ. / Ф. Шински ; пер.: Л. М. Полоцкий, Г. И. Лапшенков, В. И. Хоршев ; ред. пер. Н. И. Гельперин. - Москва : Химия, 1974. - 336 с. : ил. - (Автоматизация химических производств).
12. Казаков А. В. Основы автоматики и автоматизации химических производств : учебное пособие / А. В. Казаков, М. В. Кулаков, Ю. К. Мелюшев. - Москва: Машиностроение, 1970.
13. Дудаков В. П. Математическая модель абсорбции газовой смеси с учетом изменения температурного режима [Электронный ресурс] / В. П. Дудаков, Е. А. Рубцова // Вестник ТГУ, т.13, вып.2-3. – 2008. – Режим доступа до

- ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-absorbtsii-gazovoy-smesi-s-uchetom-izmeneniya-temperaturnogo-rezhima/viewer>.
14. Лопаносов І. Ю. Дипломний проект на тему: «Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу очищення газів моноетаноламіном» [Електронний ресурс] / І. Ю. Лопаносов. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28153/1/Lopanosov\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28153/1/Lopanosov_bakalavr.pdf).
15. Ковалюк Д. О. Моделювання абсорбції за умов невизначеності [Електронний ресурс] / Д. О. Ковалюк, А. Е. Кабанова / – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://chemengine.kpi.ua/article/viewFile/119523/114089>.
16. Комп'ютерне моделювання процесів і систем - 2. Математичне моделювання технологічних об'єктів і систем: Метод. вказівки до практич. та лаб. занять для студ. напрямку підготовки: 6.050202 „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” / Уклад.: З.Я.Козаневич, – К. : НТУУ ”КПІ ім. Ігоря Сікорського“, 2017. – 57 с
17. Мовчан А.П. Навчальний посібник: Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 108 с.
18. Волошин О. С. Адаптивна система керування абсорбером [Текст] / О. С. Волошин, Л. Д. Ярощук // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2020 – 316 с. — Режим доступу: <https://nuft.edu.ua/naukovadiyalnist/naukovi-konferencii/>
19. Інтелектуальні системи управління: Експертні системи □ основи проектування та застосування в системах автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.:

Л. Д. Ярошук. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,56 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 136с.

20.Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с

## Додаток 1. База знань для ЕС

Таблиця Д1.1: База знань для аналізу стану процесу лужно-каталітичного очищення ПНГ

№	Назва змінної	Ідент змінної	Реєстрація потоку	Реєстрація попереднього апарату	Реєстрація наступного апарату	Місце спостереження	Одиниці вимірювання	Спосіб вимірювання	Періодичність вимірювання	Допустимі границі	Показник якості	Перелік показників якості, що пов'язані зі змінною	Змінна причина аварії?	Ознаки порушення (аварії)	Наслідки порушення (аварії)	Імовірність порушення (аварії)	Визначення придатності змінної для прогнозування аварії
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	витрата ПНГ на вході	$F_{ПНГ}$ ,	ПНГ	3 резервуара	A1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	80	Ні	Концентрація $x_{ПНГ.1}$ ; Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ}$	Так	витрата ПНГ на вході $F_{ПНГ} < 80$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} < 8$	15%	+
										120				витрата ПНГ на вході $F_{ПНГ} > 120$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} > 9.5$	25%	
2	витрата ПНГ на виході	$F_{ПНГ.1}$ ,	ОГ	A1	C1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	80	Ні	—	Ні	—	—	—	—
										120							
3	концентрація сірководню в очищеному газі	$x_{ПНГ.1}$	ОГ	A1	C1	Трубопровід	%	Авт.	Неп..	0,01	Так	—	Так	концентрація сірководню в очищеному газі $x_{ПНГ.1} > 0,1$ %	Брак продукції	30%	+
										0,1							

4	витрата розчину КТК	$F_{КТК}$	КТК	3 резервуара	A1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	698,4	Ні	Концентрація $x_{ПНГ.1}$ ; Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ}$	Так	витрата розчину КТК $F_{КТК} < 698,4$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} < 8$	15%	+
										1047,6				витрата розчину КТК $F_{КТК} > 1047,6$ кг/год	Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} > 9.5$	25%	
5	температура розчину КТК	$T_{КТК}$	Трубопровід	X2	A1	Трубопровід	С	Авт.	Неп.	30	Ні	—	Так	температура розчину КТК $< 30$	Порушення процесу абсорбції	20%	+
										50				температура розчину КТК $> 50$		20%	
6	концентрація каталізатору в розчині КТК	$x_{КТК.0}$	КТК	3 резервуара	A1	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	5	Ні	Концентрація $x_{ПНГ.1}$	Так	концентрація каталізатора в роз. КТК $< 5\%$	концентрація сірководню в очищеному газі $x_{ПНГ.1} > 0,1\%$	30%	+
										7				концентрація каталізатора в розчині КТК $> 7\%$	Надлишкове використання каталізатору	15%	



7	концентрація сірководмісних речовин в розчині КТК	$x_{КТК.S}$	КТК	3 резервуара	A1	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	0,02	Ні	Концентрація $x_{ПНГ.1}$	Так	концентрація сірководмісних речовин в розчині КТК > 0,14%	концентрація сірководню в очищеному газі $x_{ПНГ.1} > 0,1\%$	30%	-
										0,14							
8	Співвідношення витрат	$F_{КТК}/F_{ПНГ}$	ПНГ, КТК	A1	C1	Трубопровід	—	Авт.	Неп.	8	Так	Концентрація $x_{ПНГ.1}$	Так	Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} < 8$	концентрація сірководню в очищеному газі $x_{ПНГ.1} > 0,1\%$	30%	+
										9.5				Співвідношення витрат $F_{КТК}/F_{ПНГ} > 9.5$	Зменшення продуктивності виробництва	25%	
9	тиск в абсорбері	$P_{A1}$	A1	3 резервуара	C1	A1	МПа	Авт.	Неп.	1,6	Ні	—	Так	тиск в абсорбері < 1,6 МПа	Порушення процесу абсорбції	20%	-
										2,4				тиск в абсорбері > 2,4 МПа		20%	
10	рівень в абсорбері	$L_{A1}$	A1	3 резервуара	C1	A1	% шкали	Авт.	Неп.	12	Ні	—	Так	рівень в абсорбері < 12 % шкали	Порушення процесу абсорбції	25%	+
										18				рівень в абсорбері > 18 %			

														шкали			
11	витрата каталізатора	$F_{\text{ІВКАЗ}}$	К	3 резервуара	Е2	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	24	Ні	—	Так	витрата каталізатора < 24 кг/год	концентрація каталізатора в роз. каталізатора < 30%	25%	+
										48				витрата каталізатора > 48 кг/год	концентрація каталізатора в розчині каталізатора > 40%	25%	
12	витрата води;	$F_{\text{H}_2\text{O}}$	H <sub>2</sub> O	3 резервуар	Е2	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	56	Ні	—	Так	витрата води < 56 кг/год	концентрація каталізатора в розчині каталізатора > 40%	25%	+
										72				витрата води > 72 кг/год	концентрація каталізатора в розчині каталізатора < 30%	25%	
13	рівень в ємності 1	$L_{\text{E1}}$	Е1	Резервуар	Х1	Е1	% шкали	Авт.	Неп.	80 90	Ні	—	Ні	—	—	—	—
14	рівень в	$L_{\text{E2}}$	Е2	Резе-	НД1	Е2	%	Авт.	Неп.	80	Ні	—	Ні	—	—	—	—

	ємності 2			рвуар			шкали			90							
15	витрата розчинного каталізатора	$F_{P,IBKAZ}$	P.K	E2	НД-1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	80	Ні	—	Ні	—	—	—	—
										120							
16	концентрація каталізатора в розчині каталізатора	$X_{P,IBKAZ}$	P.K, P1.K, P2.K	E2	НД-1	Трубопровід	%	Авт.	Неп.	30	Ні	—	Так	концентрація каталізатора в роз. каталізатора < 30%	концентрація каталізатора в роз. КТК < 5%	15%	-
										40				концентрація каталізатора в розчині каталізатора > 40%	концентрація каталізатора в розчині КТК > 7%	15%	
17	тиск в дозуючому насосі	$P_{HD1}$	НД-1	E2	P1	НД-1	МПа	Авт.	Неп.	1,1	Ні	—	Так	тиск $P_{HD1}$ < 1.1 МПа	Прилад вийде з ладу	25%	-
										1,3				тиск $P_{HD1}$ > 1.3 МПа			
18	витрата розчинного каталізатора з НД1 №1	$F_{P1,IBKAZ}$	P1.K	НД-1	M1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	36	Ні	—	Так	витрата розчину каталізатора з НД1 №1 < 36 кг/год	концентрація каталізатора в розчині КТК на відновлення < 13%	20%	+

										54				витрата розчину каталізатора з НД1 №1 > 54 кг/год	концентрація каталізатора в розчину КТК на відновлення > 15%	20%	
19	витрата розчину каталізатора з НД1 №2	$F_{P2.1BKAZ}$	P2.K	НД-1	E1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	44	Ні	—	Так	витрата розчину каталізатора з НД1 №2 < 44 кг/год	концентрація каталізатора в свіжому роз. КТК < 5%	15%	+
										66				витрата розчину каталізатора з НД1 №2 > 66 кг/год	концентрація каталізатора в свіжому розчині КТК > 7%	15%	
20	витрата розчину NaOH	$F_{NaOH}$	NaOH	з резервуара	E1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	654.4	Ні	—	Так	витрата розчину NaOH < 654.4 кг/год	витрата свіжого розчину КТК < 698,4 кг/год	30%	+
										981.6				витрата розчину NaOH > 981.6 кг/год	витрата свіжого розчину КТК > 1047,6 кг/год	30%	

21	витрата свіжого розчину КТК	$F_{КТК.С}$	КТК.С	Е1	Х1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Пер.	698,4	Ні	—	Так	витрата свіжого розчину КТК < 698,4 кг/год	витрата розчину КТК $F_{КТК} < 698,4$ кг/год	30%	+
										1047,6				витрата свіжого розчину КТК > 1047,6 кг/год	витрата розчину КТК $F_{КТК} > 1047,6$ кг/год	30%	
22	концентрація каталізатору в свіжому розчині КТК	$x_{КТК.С}$	КТК.С	Е1	Х1	Трубопровід	%	Авт.	Пер.	5	Ні	—	Так	концентрація каталізатора в свіжому роз. КТК < 5%	концентрація каталізатора в роз. КТК < 5%	10%	+
										7				концентрація каталізатора в свіжому розчині КТК > 7%	концентрація каталізатора в розчині КТК > 7%	10%	
23	витрата розчину КТК на відновлення	$F_{КТК.НВ}$	КТК.НВ	А1	Р1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	700	Ні	—	Ні	—	—	—	—
										800				—	—	—	—
24	концентрація сірковмісних	$x_{КТК.НВ.С}$	КТК.НВ.	А1	Р1	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	10	Ні	—	Так	концентрація сірковмісних	Порушення процесу абсорб-	20%	+

	речовин в розчину КТК на відновлення													речовин в розчину КТК на відновлення < 10%	ції		
										15				концентрація сірковмісних речовин в розчину КТК на відновлення > 15%	концентрація сірковмісних речовин в відновленому розчині КТК > 2%	25%	
24	концентрація каталізатору в розчину КТК на відновлення	<i>X<sub>КТК.НВ.</sub></i>	КТК.НВ.	A1	P1	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	13	Так	Концентрація <i>X<sub>ПНГ.1</sub></i>	Так	концентрація каталізатора в розчину КТК на відновлення < 13%	концентрація каталізатору в відновленому розчині КТК < 13%	25%	+
										15			Так	концентрація каталізатора в розчині КТК на відновлення > 15%	концентрація каталізатору в відновленому розчині КТК > 15%	15%	
25	температура в регене-	T <sub>P1</sub>	P1	M1	C2	P1	C	Авт.	Неп.	64	Ні	—	Так	температура в регене-	Порушення процесу	10%	-

	нераторі									96				раторі <64	відновлення роз. КТК		
														температура в регенераторі >96		10%	
26	тиск в регенераторі	$P_{P1}$	P1	M1	C2	P1	МПа	Авт.	Неп.	0.4	Ні	—	Так	тиск в регенераторі $P_{P1} < 0.4$	Порушення процесу відновлення роз. КТК	25%	+
										0.6			тиск в регенераторі $P_{P1} > 0.6$	25%			
27	витрата повітря	$F_n$	П	ПК1	P1	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	75	Ні	—	Так	витрата повітря $F_n < 75$	тиск в регенераторі $P_{P1} < 0.4$	25%	+
										125			Так	витрата повітря $F_n > 125$	тиск в регенераторі $P_{P1} > 0.6$	25%	
28	тиск в повітряному компресорі	$P_{ПК}$	ПК	Резервуар	A1	ПК	МПа	Авт.	Неп.	2	Ні	—	Так	тиск $P_{ПК} < 2$ МПа	витрата повітря $F_n < 75$	25%	-
										4			Так	тиск $P_{ПК} > 4$ МПа	витрата повітря $F_n > 125$	25%	
29	температура в повітряному компресорі	$T_{ПК}$	ПК	Резервуар	A1	ПК	С	Авт.	Неп.	50	Ні	—	Ні	—			
										100				—			

30	витрата хладагенту	$F_{хол.}$	ХОЛ.	3 резервуара	В резервуар	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	200	Ні	—	Так	витрата хладагенту <200	температура розчину КТК <30	20%	-
										300				витрата хладагенту >300	температура розчину КТК >50	20%	
31	витрата відновленого розчину КТК	$F_{КТК.В}$	КТК.В	М1	С2	Трубопровід	кг/год	Авт.	Неп.	700.	Ні	—	Ні	—	—	—	—
										800							
32	концентрація каталізатору в відновленому розчині КТК	$x_{КТК.В}$	КТК.В	М1	С2	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	13	Так	Концентрація $x_{ПНГ.1}$	Так	концентрація каталізатору в відновленому розчині КТК <13%	концентрація каталізатора в роз. КТК < 5%	15%	-
										15				концентрація каталізатору в відновленому розчині КТК >15%	концентрація каталізатора в розчині КТК > 7%	8%	
33	концентрація сірковмісних	$x_{КТК.В.S}$	КТК.В	М1	С2	Трубопровід	%	Лаб.	Пер.	1	Ні	—	Так	концентрація сірковмісних	концентрація сірковмісних	12%	-



	речовин в відновленому розчину КТК									2				речовин в відновленому розчині КТК > 2%	речовин в розчині КТК > 0,14%		
--	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	---	-------------------------------	--	--

## Додаток 2. Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Таблиця Д2.1: Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Поз. на схемі	Назва параметра	Середовище відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Устаткування та прилади</b>							
1А	Витрата	ПНГ	80-120 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм	ДКС 0,6-50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
1Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура $5 \dots 50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{вих} = 0 \dots 5$ ; $0(4) \dots 20$ мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
1В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і рес-травальний вторинний прилад; вхідні сигнали: $0 \dots 5$ мА, $4 \dots 20$ мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ
2А	Витрата	КТК	698-1047 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 1.5$ МПа; $D_{тр} = 250$ мм	ДКС 0,6-50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
2Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа,	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

					температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{\text{вих}} = 0...5; 0(4)...20$ мА		
2В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і рес- трувальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК- 250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябінськ
3А	Концен- трація	Очищений газ	1.5%	Трубопро- від	Датчик-газоаналізатор стаціонарний оптичний вибухозахищений одноканаль- ний. Режим роботи: безперервний. Тип сенсора інфрачервоний. Вихідні сигнали: уніфікований аналоговий сиг- нал (4 - 20 мА); інформаційний цифро- вий сигнал по стандартному каналу зв'язку RS-485. Діапазон температури, від -60 до +90 С	СГОЭС- М11	АО "Электронстан дарт- прибор" г. Москва
3Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Програмований регулятор МІК-127. Програмування здійснюється за допо- могою редактора FBD-програм; уніфі- ковані аналогові сигнали постійного струму 1. Кількість входів-виходів ко- нтролера у базовій моделі: аналогові входу – 2 (1 універсальний, 1 уніфіко- ваний), аналогові виходи – 2; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтер- фейс RS-485	МІК-127	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
3В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит ке- рування	Блок ручного управління, $A_{П1} = 4...20$ мА, живлення 220 В, $A_{O1} = 0...5$ мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
3Г	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0...5$ мА, $R_{\text{вих}} = 20...100$ кПа;	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм»,

					Ржив = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С		м. Сіверодонецьк
3Д	Те саме	КТК	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Рживл = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
4А	Рівень	КТК	2,5 м	Місцевий	Радарний рівнемір частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура навколишнього середовища в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus; виконання вибухозахищене	УЛМ-11	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
4Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; входні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
4В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс	МІК-21	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ

					RS-485		
4Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
4Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Електропневматичний перетворювач, $I_{вх} = 4...20$ мА, $0...20$ мА, $1...5$ мА, $P_{вих} = 2,5...6,0$ бар	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
4Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером типу 3767 і; тиск живлення: в діапазоні 1,4...6 бар.	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
5А	Витрата	Розчин NaOH	654-981 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 1.5$ МПа; $D_{тр} = 250$ мм;	ДКС 0,6–150	ЗАТ «Манометр-Харьков», м. Харків
5Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ. $I_{вих} = 0...5$ ; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
5В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{вих} = 4...20$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
5Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у	МІК-21	ВАТ «Підприємство

					базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485		“МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ
5Д	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
5Е	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, I <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
5Ж	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Р <sub>живл</sub> = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат- промарматура», м. Івано-Франківськ
6А	Рівень	КТК	3,5 м	Місцевий	Радарний рівнемір частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура навколишнього середовища в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; I <sub>вих</sub> = 4...20 мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus; виконання вибухозахищене	УЛМ-11	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
6Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В,	ДИСК- 250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ

					$K, L, S, A-1$ ; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, $\pm 10$ мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20 \dots 100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485		
6В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485	МК-21	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
6Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
6Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Електропневматичний перетворювач, $I_{\text{вх}} = 4 \dots 20$ мА, 0...20 мА, 1...5 мА, $P_{\text{вих}} = 2,5 \dots 6,0$ бар	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
6Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером типу 3767 і; тиск живлення: в діапазоні 1,4...6 бар.	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
7А	Витрата	Розчин каталізатору	80-120 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{\text{тр}} = 100$ мм;	ДКС 0,6–150	ЗАТ «Манометр-Харьков», м. Харків
7Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{\text{max}} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ. $I_{\text{вих}} = 0 \dots 5$ ; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
7В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєс-	ДИСК-	ЗАТ

				рування	травальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4..20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20..100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	250М	«Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
7Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485	МІК-21	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ
7Д	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
7Е	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0..5$ мА, $P_{\text{вих}} = 20..100$ кПа; $P_{\text{жив}} = 140$ кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
7Ж	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; $P_{\text{живл}} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
8А	Тиск	Очищений газ	0.2 МПа	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\text{max}} = 1$ МПа, $I_{\text{вих}} = 0..5$ мА	«Сапфир-22ДИ», мод.2150	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ
8Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Мікропроцесорний універсальний ПД-регулятор. Вхідні сигнали: уніфікова-	МІК-25	ВАТ «Підприємство



					ні 0...5 мА, 0(4)... 20 мА, термоперетворювачі опору мідні з НСХ 50М і 100М; платинові з НСХ 50П, 100П. Здійснює математичне оброблення інформації за різними алгоритмами. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485		“МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ
8В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
8Г	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, I <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
8Д	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Р <sub>живл</sub> = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
9А	Витрата	Нафтовий газ	80-120 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, Р <sub>у</sub> = 0,6 МПа; D <sub>тр</sub> = 100 мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
9Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, ΔP <sub>max</sub> = 0,4 МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; I <sub>вих</sub> = 0...5; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДЛ», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
9В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м.

					сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М		Челябінськ
10А	Рівень	КТК	1.2 м	Місцевий	Радарний рівнемір частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура навколишнього середовища в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus; виконання вибухозахищене	УЛМ-11	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
10Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
10В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485	МІК-21	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ

10Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
10Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Електропневматичний перетворювач, $I_{вх} = 4...20$ мА, $0...20$ мА, $1...5$ мА, $P_{вих} = 2,5...6,0$ бар	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
10Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером типу 3767 і; тиск живлення: в діапазоні 1,4...6 бар.	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
11А	Витрата	КТК	27-38 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 50$ мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
11Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{вих} = 0...5; 0(4)...20$ мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
11В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і рес-трувальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ
12А	Витрата	H <sub>2</sub> O	56-72 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм;	ДКС 0,6–150	ЗАТ «Манометр-Харьков», м. Харків
12Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мем-	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

					брани – сплав 36НХТЮ. $I_{\text{вих}} = 0...5$ ; $0(4)...20$ мА		
12В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: $0...75$ мВ, $0...200$ мВ, $0...2$ В, $0...10$ В, $0...5$ мА, $4...20$ мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; Інтерфейс RS-485	ІТМ-11	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
12Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Мікропроцесорний універсальний ПД-регулятор. Вхідні сигнали: уніфіковані $0...5$ мА, $0(4)...20$ мА, термоперетворювачі опору мідні з НСХ 50М і 100М; платинові з НСХ 50П, 100П. Здійснює математичне оброблення інформації за різними алгоритмами. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-25	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
12Д	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, $AI1 = 4...20$ мА, живлення 220 В, $AO1 = 4...20$ мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
12Е	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0...5$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа; $P_{\text{жив}} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $(-30)...50$ °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
12Ж	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий мембранний пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером; робоча хода штока (залежно від діаметра мембрани: 160, 200, 250, 320, 400,	МИМП ПП 05	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ

					500 мм) 10, 16, 25, 40, 60 мм; $P_{\text{живл}} = 0, 25$ МПа		
13А	Витрата	Каталізатор (Иказ)	24-48 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{\text{тр}} = 50$ мм	ДКС 0,6–100	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
13Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{\text{max}} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{\text{вих}} = 0...5; 0(4)...20$ мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
13В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; Інтерфейс RS-485	ІТМ-11	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
14А	Рівень	Розчин каталізатору	2,5 м	Місцевий	Радарний рівнемір частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, температура контрольного продукту – не обмежена, робоча температура навколишнього середовища в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus; виконання вибухозахищене	УЛМ-11	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
14Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В,	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ

					<i>K, L, S, A-1</i> ; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485		
14В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485	МІК-21	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
14Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
14Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Електропневматичний перетворювач, $I_{\text{вх}} = 4...20$ мА, 0...20 мА, 1...5 мА, $P_{\text{вих}} = 2,5...6,0$ бар	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
14Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером типу 3767 і; тиск живлення: в діапазоні 1,4...6 бар.	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул.. М. Расковой 19, оф.905
15А	Концентрація	Розчин каталізатору	12%	Трубопровід	Первинний перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1, тиск до 1 МПа, термокомпенсація забезпечується у межах ±15 °С;	АЖК-3101.1	НВО «Автоматика», м. Володимир
15Б	Концентрація	Те саме	Те саме	Трубопровід	Вторинний прилад кондуктометричного аналізатора рідини кондуктометричного АЖК-1. $I_{\text{вих}} = 0...5$ і $4...20$ мА	АЖК-3101.2	НВО «Автоматика», м. Володимир
15В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалном багатфункціональний високопродуктивний. Кіль-	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»»,

					кість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485		м. Івано-Франківськ
15Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
15Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, I <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
15Е	Те саме	Каталізатор(Иказ)	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Р <sub>живл</sub> = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
16А	Витрата	КТК	650-1020 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, Р <sub>у</sub> = 1.5 МПа; D <sub>тр</sub> = 250 мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
16Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, ΔР <sub>max</sub> = 0,4 МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; I <sub>вих</sub> = 0...5; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
16В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і рес-трувальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ

17А	Тиск	КТК	0.5 МПа	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 1$ МПа, $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	«Сапфир-22ДИ», мод.2150	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ
17Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Мікропроцесорний універсальний ПД-регулятор. Вхідні сигнали: уніфіковані 0...5 мА, 0(4)... 20 мА, термоперетворювачі опору мідні з НСХ 50М і 100М; платинові з НСХ 50П, 100П. Здійснює математичне оброблення інформації за різними алгоритмами. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-25	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
17В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 4...20мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ОО «МІКРОЛ»
17Г	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0...5$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа; $P_{\text{жив}} = 140$ кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
17Д	Те саме	Повітря	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; $P_{\text{живл}} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промартатура», м. Івано-Франківськ
18А	Температура	КТК	80 °С	Місцевий	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТСМУ-0288, НСХ 100М, діапазон вимірювання 0...100 °С, $P_{\max} = 50$ МПа, основна похибка 0,5 %; $I_{\text{вих}}=0...5$ мА	ТСМУ-0288	НВФ «АГАТ-1», м. Харків .
18В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і рес-трувальний вторинний прилад; вхідні	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м.



					сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М		Челябінськ
19А	Витрата	Повітря	75-125 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
19Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{вих} = 0...5; 0(4)...20$ мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
19В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябінськ
20А	Витрата	КТК	650-1020 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм;	ДКС 0,6–150	ЗАТ «Манометр-Харьков», м. Харків
20Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{max} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ. $I_{вих} = 0...5; 0(4)...20$ мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
20В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ пе-	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябінськ

					ретворювачів: термоелектричних – <i>B, K, L, S, A-1</i> ; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, $\pm 10$ мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485		
20Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485	МК-21	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
20Д	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АП1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
20Е	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0...5$ мА, $R_{\text{вих}} = 20...100$ кПа; $R_{\text{жив}} = 140$ кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
20Ж	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; $R_{\text{живл}} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промартатура», м. Івано-Франківськ
21А	Витрата	Повітря	75-125 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{\text{тр}} = 150$ мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
21Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{\text{max}} = 0,4$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; $I_{\text{вих}} = 0...5$ ; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДД», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

21В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показу вальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ
22А	Рівень	КТК	1.2 м	Місцевий	Радарний рівнемір частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура навколишнього середовища в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus; виконання вибухозахищене	УЛМ-11	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
22Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0..10 мВ, 0..100 мВ, 0..1 В, 0..5 мА, 4..20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П, 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн; вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
22В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний МІК-21. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входи – 2 (1 універсальний, 1 уніфікований), аналогові виходи – 1; дискретні входи –	МІК-21	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ

					2; дискретні виходи – 4. Інтерфейс RS-485		
22Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
22Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Електропневматичний перетворювач, I <sub>вх</sub> = 4...20 мА, 0...20 мА, 1...5 мА, P <sub>вих</sub> = 2,5...6,0 бар	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул. М. Расковой 19, оф.905
22Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером типу 3767 і; тиск живлення: в діапазоні 1,4...6 бар.	Profibus Samson 3767	Самсон.02660, Київ, вул. М. Расковой 19, оф.905
23А	Витрата	КТК	650-1020 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P <sub>y</sub> = 0,6 МПа; D <sub>тр</sub> = 100 мм	ДКС 0,6–50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
23Б	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, ΔP <sub>max</sub> = 0,4 МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ; I <sub>вих</sub> = 0...5; 0(4)...20 мА	«Сапфир-22ДІ», мод.2450	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
23В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	ЗАТ «Промышленная группа «Метран»», м. Челябинськ
24А	Концентрація	КТК	13%	Трубопровід	Первинний перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1, тиск до 1 МПа, термокомпенсація забезпечується у межах ±15 °С;	АЖК-3101.1	НВО «Автоматика», м. Володимир

24Б	Концентрація	Те саме	Те саме	Трубопровід	Вторинний прилад кондуктометричного аналізатора рідини кондуктометричного АЖК-1. Івих = 0...5 і 4...20 мА	АЖК-3101.2	НВО «Автоматика», м. Володимир
24В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалъном багатфункціональний високопродуктивний. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
24Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ОО «МІКРОЛ»
24Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, Івх = 0...5 мА, Рвих = 20...100 кПа; Ржив = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
24Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Рживл = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
25А	Температура	КТК	50 °С	Трубопровід	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТСМУ-0288, НСХ 100М, діапазон вимірювання 0...100 °С, Рmax = 50 МПа, основна похибка 0,5 %; Івих=0...5 мА	ТСМУ-0288	НВФ «АГАТ-1», м. Харків
25Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалъном багатфункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали від ТО з НСХ 100М. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ

					льні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485		
25В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
25Г	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, І <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
25Д	Те саме	Вода	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; Р <sub>живл</sub> = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
26А	Концентрація	КТК	5%	Трубопровід	Первинний перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1, тиск до 1 МПа, термокомпенсація забезпечується у межах ±15 °С;	АЖК-3101.1	НВО «Автоматика», м. Володимир
26Б	Концентрація	Те саме	Те саме	Трубопровід	Вторинний прилад кондуктометричного аналізатора рідини кондуктометричного АЖК-1. І <sub>вх</sub> = 0...5 і 4...20 мА	АЖК-3101.2	НВО «Автоматика», м. Володимир
26В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалъном багатфункціональний високопродуктивний. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
26Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

26Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0...5$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $(-30)...50$ °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
26Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ППІ-1.25 і верхнім дублером; $R_{живл} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
26Ж	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, $A_{I1} = 4...20$ мА, живлення 220 В, $A_{O1} = 0...5$ мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
26З	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0...5$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $(-30)...50$ °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
26І	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ППІ-1.25 і верхнім дублером; $R_{живл} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
27А	Концентрація	КТК	5%	Трубопровід	Первинний перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1, тиск до 1 МПа, термокомпенсація забезпечується у межах $\pm 15$ °С;	АЖК-3101.1	НВО «Автоматика», м. Володимир
27Б	Концентрація	Те саме	Те саме	Трубопровід	Вторинний прилад кондуктометричного аналізатора рідини кондуктометричного АЖК-1. $I_{вих} = 0...5$ і $4...20$ мА	АЖК-3101.2	НВО «Автоматика», м. Володимир
27В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалъном багатфункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали від ТО з НСХ 100М;. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискрет-	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ

					ні виходи – 5. Інтерфейс RS-485		
27Г	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
27Д	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, І <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк
27Е	Те саме	Те саме	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ППІ-1.25 і верхнім дублером; Р <sub>живл</sub> = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
28А	Температура	КТК	30°С	Трубопровід	Термоперетворювач з уніфікованим вихідним сигналом ТСМУ-0288, НСХ 100М, діапазон вимірювання 0...100 °С, Р <sub>мах</sub> = 50 МПа, основна похибка 0,5 %; І <sub>вих</sub> =0...5 мА	ТСМУ-0288	НВФ «АГАТ-1», м. Харків .
28Б	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Контролер мікропроцесорний компактний малоканалъном багатфункціональний високопродуктивний. Вхідні сигнали від ТО з НСХ 100М;. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485	МІК-51	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
28В	Те саме	Те саме	Те саме	Щит керування	Блок ручного управління, АІ1= 4...20мА, живлення 220 В, АО1= 0...5мА, плата комутацій КБЗ-24-19	БРУ-7	м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
28Г	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, І <sub>вх</sub> = 0...5 мА, Р <sub>вих</sub> = 20...100 кПа; Р <sub>жив</sub> = 140 кПа; діапазон робочих	МТМ 810	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк



					температур (-30)...50 °С		
28Д	Те саме	Вода	Те саме	Трубопровід	Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ППІ-1.25 і верхнім дублером; Рживл = 0,25 МПа	МИМП ППХ 05В	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
<b>Електроапарати</b>							
МП1...МП7	-	-	-	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний неревсивний з тепловим реле РТТ-326 136-160А, кнопками «ПУСК» і «СТОП» для керування трифазними асинхронними електродвигунами з короткозамкнутим ротором; номінальний робочий струм 160 А; додаткові контакти: 2 н. р. і 2 н. з.; номінальна робоча напруга 220, 380, 660 В, номінальна потужність 45 кВт; можуть застосовуватись у схемах з мікропроцесорною технікою	ПМ12-160210 У2 В	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва
КМ1... КМ14	-	-	-	Місцевий	Контактор електромагнітний; номінальний струм контактів головного кола 250 А (50 Гц), номінальна напруга 400 В; додаткові контакти: 3 н. р. і 3 н. з.;	КТ-5032Б	ВО «Электроприбор», м. Чербоксари
SB1...SB14	-	-	-	Щит керування	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, від-	ПКУ 15-21-131 У3	ЗАТ «Променергоавтоматика», м. Київ

					носна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів		
SA1... SA7	-	-	-	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод»
HL1... HL10,	-	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-Ж-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва
HL11, HL15, HL19, HL23, HL27, HL31, HL35	-	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-3-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва
HL24, HL12...HL14, HL16...HL18, HL20...HL22, HL24...HL26, HL28...HL30, HL32...HL34, HL36...HL38.	-	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-К-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва
29Б...35Б	-	-	-	Щит ке-	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнала	ІТМ-11	ВАТ «Підприємство

				рування	ли: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; Інтерфейс RS-485		“МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ
--	--	--	--	---------	--	--	-----------------------------------

### Додаток 3. Коди програм

#### Д3.1 Код програмної реалізації адаптивної системи

```

target = 1;
Pk = 41;
Ti = 0.27;
Pk1 = 41;
Ti1 = 0.27;
I = 0;
I1 = 0;
e = 0;
e11 = 0;
ed = 0;
ed1 = 0;
ep = 0;
ep1 = 0;
x = 0;
x1 = 0;
alpha = 0.009;

xs = [];
ys = [];
xs1 = [];
ys1 = [];
ytarget = [];

for i = 1:50
    a = 0.863;
    b = 262+sin(2*i)*2+4*i;
    c = 452+sin(2*i)*4;
    z = rand(1)*0.01;
    [A,B,C,D] = tf2ss([0 a], [c b]);
    sys = ss(A,B,C,D);
    y = C*x+z;
    e = target-y;
    I = I+e;
    ed = ep-e;
    ep = e;
    u = Pk*(e+1/Ti*I);
    x = A*x+B*u;
    ys = [ys y];
    xs = [xs x];
    y1 = C*x1+z;
    e11 = target-y1;

```

```

I1 = I1+e11;
Pk1 = Pk1+ed1*alpha;
Ti1 = Ti1+ed1*alpha*3;
ed1 = ep1-e11;
ep1 = e11;
u1 = Pk1*(e11+1/Ti1*I1);
x1 = A*x1+B*u1;
ys1 = [ys1 y1];
xs1 = [xs1 x1];
ytarget = [ytarget target];
end
plot(ys,'r-.'); grid
hold on
plot(ys1,'g');
legend('Звичайна система','Адаптивна система');
\

```

### Д3.2 Код програми імітаційної моделі абсорбера наступний:

```

PROGRAM
  VAR_OUTPUT y0 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT y1 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Fktk : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Fpng : REAL; END_VAR
  VAR_INPUT Синусоїда : REAL; END_VAR
  VAR_INOUT Клапан_1 : REAL; END_VAR
  VAR_INOUT Клапан_2 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Аарія : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Уага : REAL; END_VAR
  VAR_INOUT Запуск : REAL; END_VAR
  VAR_INOUT Стоп : REAL; END_VAR
  VAR_INOUT Клапан_3 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Fktk1 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT V : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Аарія1 : REAL; END_VAR
  VAR_OUTPUT Уага1 : REAL; END_VAR

```

```

if Запуск>0 // задаємо властивості для кнопки запуск процесу
then
y0=(Синусоїда*0.001+0.3);//розраховуємо y0
Fktk=Клапан_1/100*100+Синусоїда*0.1;//розраховуємо Fktk
Fktk1=Клапан_3/100*100+Синусоїда*0.1;//розраховуємо Fktk
Fpng=Клапан_2/100*900+Синусоїда;//розраховуємо Fpng
y1:=y0-1.75*Fktk/Fpng;//розраховуємо y1
V:=V+Fktk;
V:=V-Fktk1;
end_if;
if y1>=0.22//задаємо верхній рівень для сигналу Увага
then Уага=1;//включаємо
else Уага=0;//виключаємо
end_if;

if V>=450 or V<=150//задаємо верхній рівень для сигналу Увага
then Уага1=1;//включаємо
else Уага1=0;//виключаємо
end_if;
if y1>=0.25//задемо рівень для сигналу Аварія
then Аарія=1;//включаємо попередження про аварію
Уага=0;
else Аарія=0;//виключаємо попередження про аварію
end_if;
if V>550 or V<50//задаємо верхній рівень для сигналу Увага
then Аарія1=1;
Уага1=0;//включаємо
else Аарія1=0;//виключаємо

```

```
end_if;

if Клапан_1<=0
then Fktk=0;
end_if;
if Клапан_2<=0
then Fpng=0;
y0=0;
y1=0;
end_if;
if Клапан_3<=0
then Fktk1=0;
end_if;
if y1<0
then y1=0;
end_if;
if V<0
then V=0;
end_if;

if Стоп==1 //задаємо властивості для кнопки Зупики процесу
then Запуск=0;
Fktk=0;
Fktk1=0;
Fpng=0;
Клапан_1=0;
Клапан_2=0;
end_if;
```

END\_PROGRAM

Додаток 4. Схема автоматизації процесу

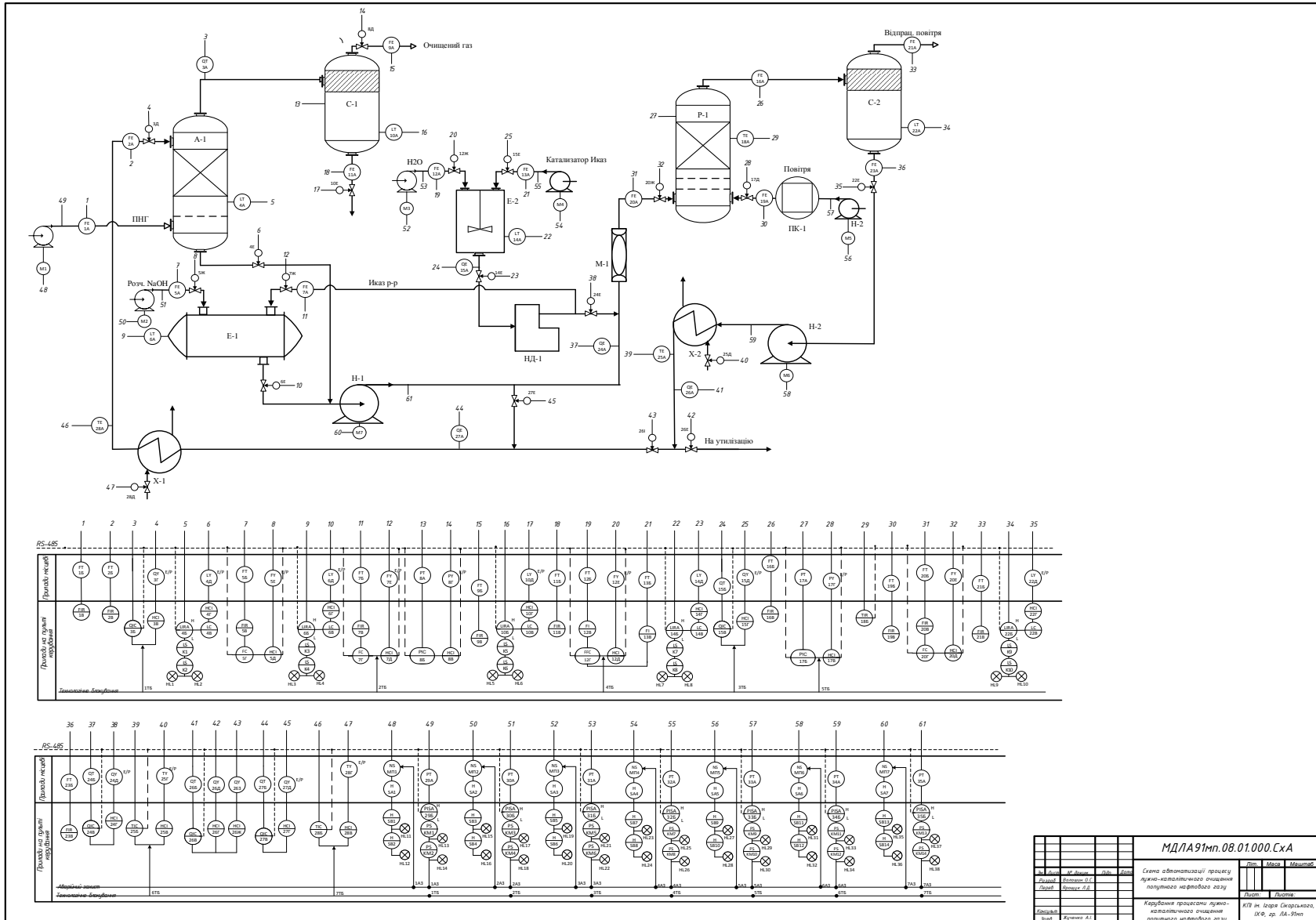


Рис.Д4.1. Схема автоматизації процесу лужно-каталітичного очищення попутного нафтового газу