

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра “Автоматизації хімічних виробництв”

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на тему: «Система автоматичного керування теплообмінником у
технологічному процесі деасфальтизації з селективною очисткою
масел»

Виконав:
Попович Б.О.
студент VI курсу, ІХФ
група ЛА-72мп
залікова книжка № ЛА-7208мп

Керівник магістерської дисертації:

доц., к.т.н. Черьопкін Є.С.

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

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Автоматизації хімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 661.666.2

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Жученко А. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“17” грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

на тему: «Система автоматичного керування теплообмінником у технологічному процесі деасфальтизації з селективною очисткою масел»

Виконав: студент VI курсу, групи ЛА-72мп
(шифр групи)

_____ Попович Богдан Олегович

(прізвище, ім’я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н. Черьопкін Є.С.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

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

Інститут (факультет) Інженерно-хімічний факультет
(повна назва)

Кафедра Автоматизації хімічних виробництв
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Жученко А. І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«30» жовтня 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Поповича Богдана Олеговича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Система автоматичного керування теплообмінником у технологічному процесі деасфальтизації з селективною очисткою масел»,
науковий керівник дисертації доц., к. т. н. Черьопкін Є. С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «11» листопад 2018 р. №4139-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Технологічний процес деасфальтизації з селективною очисткою масел

4. Предмет дослідження Система керування процесом деасфальтизації з селективною очисткою масел

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Навести опис та схему технологічного процесу, розробити математичну модель процесу деасфальтизації з селективною очисткою масел, розробити та дослідити

систему керування , розробка та дослідження системи на основі нечіткої логіки, розробка стартап проекту, оформлення матеріалів

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: A1- 2шт, A2-1шт

7. Орієнтовний перелік публікацій «Використання нечітких регуляторів при керуванні теплообмінником», «Деасфальтизація з селективним очищенням масел».

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 06 листопада 2018р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис виробництва	12.09.2018	
2	Розробка математичної моделі процесу	20.09.2018	
3	Розрахунок надійності системи	05.10.2018	
4	Розробка системи керування	07.10.2018	
5	Розробка та дослідження нечіткої системи керування процесом	10.11.2018	
6	Розробка стартап-проекту	26.11.2018	
7	Оформлення матеріалів до магістерської дисертації	02.12.2018	

Студент

(підпис)

Попович Б. О.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Черьопкін Є. С.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Система автоматичного керування теплообмінником у технологічному процесі деасфальтизації з селективною очисткою масел» містить пояснювальну записку об'ємом 88 сторінок, специфікацію для функціональної схеми об'ємом 8 сторінок, 3 листа креслень форматом А1 та плакати.

Пояснювальна записка містить 6 розділів, 1 додатка та 11 літературних джерел.

В магістерській дисертації виконаний аналіз технологічної схеми процесу деасфальтизації з селективним очищенням масла, як об'єкта автоматизації. Розроблено функціональну схему автоматизації для цього ж процесу та принципово-електричну схему дистанційного керування, аварійного захисту і технологічних блокувань.

В роботі розглянуто особливості роботи теплообмінника, як об'єкта керування. Для цього ж апарату розроблені математичні моделі статичного та динамічного режимів роботи. Виконані розрахунки статичних характеристик по каналам збурення і керування.

При виконанні магістерської дисертації були використані методи теорії автоматичного керування, математичного моделювання.

У магістерській дисертації на базі програмного засобу *MATLAB* розроблено скрипт для спрощення складних моделей за експериментальними даними, розроблено систему керування процесом на базі нечіткої логіки та оптимального керування.

Розроблено стартап-проект присвячено системі керування процесом деасфальтизації з селективним очищенням масла.

Ключові слова: деасфальтизація, масло, селективність, теплообмінник, контур керування, схема автоматизації, математична модель, статична характеристика, канал збурення, канал керування, *MATLAB*, техніка безпеки, специфікація, обладнання.

ABSTRACT

Bachelor's degree diploma project entitled: «Automation of deasfaltization with selectiv cleaning of oil» includes an explanatory note of 88 pages, data sheet for functional scheme of 8 pages, 3 sheets of drawing in A1 format and broadsheets.

Explanatory note contains 6 chapters, 1 addition and 11 references.

In bachelor's degree diploma project has been made the analysis of the technological scheme of the synthesis of urea from the automation object. Has been developed the functional diagram for automating this process and circuit diagram of remote control, scheme of emergency protection and technological locks.

In project I consider the features of heat exchanger as objects of control. For the same device developed the mathematical models of static and dynamic modes. With the help of these models are made calculations of static characteristics of disturbance and control channels. Have been made calcutions of the reliability of heat exchanger and analyzed ways to improve it. In the same section, conclusions and recommendations on the use of certain regulators are made.

When performing diploma project were used methods of automatic control theory and mathematical modeling.

Basic results of my work can be used for preliminary estimation of parameters and settings of the real control systems.

Keywords: deasfaltization, oil, selective, heat exchanger, loop control, scheme of automation, mathematical model, static characteristics, channel disturbance, control channel, dynamic characteristics, matlab, safety engineering, hardware specification.

ЗМІСТ

ВСТУП 10

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ДЕАСФАЛЬТИЗАЦІЇ І СЕЛЕКТВНОЇ ОЧИСТКИ МАСЕЛ, ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	11
1.1. Особливості та використання	11
1.2. Фізико-хімічні особливості	13
1.3. Опис технологічної схеми.....	15
1.4. Обґрунтування розробки нової схеми автоматизації	19
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦІЇ І СЕЛЕКТИВНОЇ ОЧИСТКИ МАСЕЛ	20
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації	20
2.2. Схема автоматизації технологічного процесу деасфальтизації і селективної очистки масел.....	21
2.2.1. Автоматичний контроль.....	24
2.2.2. Автоматичне регулювання.....	25
2.2.3. Сигналізація, блокування, захист	26
2.2.4. Дистанційне керування	27
2.3. Принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунами, аварійного захисту і технологічних блокувань	27
2.4. Розрахунок витратоміра змінного перепаду	29
2.4.1. Вибір методу для вимірювання витрати.....	29
2.4.2. Вимоги до дифманометрів та до їх встановлення	36
2.4.3. Вимоги до з'єднувальних ліній для рідин.....	37
2.4.4. Розрахунок сумарної похибки вимірювального каналу.....	39
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У ТЕПЛООБМІННИКУ	41
3.1. Моделювання статичного режиму роботи теплообмінника.....	42
3.2. Моделювання динамічного режиму теплообмінника	47
4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИКОМ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ 52	
4.1. Структура системи керування	52
4.2. Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола	53
4.3. Синтез системи керування у середовищі SISOTool	56

	8
4.4. Моделювання системи керування у середовищі Simulink	62
4.5. Висновки по розділу 4	64
5. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ	66
Середній час безвідмовної роботи резервованої та нерезервованої систем:	72
6. СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	73
6.1. Обґрунтування для створення нечіткої системи керування, визначення її структури	73
6.2. Вибір та опис лінгвістичних змінних.....	73
6.3. Результати реалізації нечіткої системи керування засобами <i>MathCad</i>	77
6.4. Розрахунок керувальної змінної системи управління за.....	86
різними алгоритмами.....	86
6.6. Моделювання системи керування з нечіткою логікою та порівняння	91
6.6 Висновок до розділу 6	92
7. СТВОРЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	93
7.1 Опис ідеї стартап-проекту	93
7.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту	94
7.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту.....	95
7.4 Характеристика потенційних клієнтів	96
7.5. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.....	100
7.6. Вибір цільових груп потенційних споживачів.....	101
7.7. Визначення базової стратегії розвитку	102
7.8. Опис трьох рівнів моделі товару	105
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	107
ДОДАТКИ	108

ВСТУП

Темою даної магістерської дисертації проекту є «Система автоматичного керування теплообмінником у технологічному процесі деасфальтизації з селективною очисткою масел». Актуальність теми визначається тим що деасфальтизація нафтових залишків використовується для вилучення масляних фракцій олив, які використовують в якості основи для моторних, авіаційних, циліндрових, компресорних та інших олив. Даний процес широко використовується в Україні, як приклад можна навести наступні виробництва: АО «Азовские смазки и масла», «Лебединский нефтемаслозавод», «Азовские смазки и масла», Завод «КРОЛ» та багато інших.

Нафтові масла є основним видом мастильних матеріалів, призначених для зниження тертя і зносу поверхонь, що труться. Вони широко використовують в різних областях автоматизації, і від правильного застосування олив багато в чому залежать надійність і довговічність роботи машин, механізмів і різноманітного обладнання. Зростання швидкості двигунів, досягнення більших робочих температур, контактних навантажень і тривалості експлуатації обладнання суттєво змінили роль і підвищили вимоги до мастильних матеріалів. Значення більше нафтових олив для надійного використання техніки викликало необхідність більш глибокого вивчення їх природи і властивостей, виявлення оптимальних умов їх виробництва і застосування.

Унікальність даної магістерської дисертації є розробка схеми автоматизації процесу деасфальтизації і селективної очистки олив. Для цього в проекті застосовано нове устаткування та нові технічні засоби автоматизації, що відповідають сучасним вимогам точності. Для якісного забезпечення які задовольняють задані показники якості системи. Також розроблено систему верування на основі нечіткої логіки що значно поліпшує показники процесу.

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ДЕАСФАЛЬТИЗАЦІЇ І СЕЛЕКТВНОЇ ОЧИСТКИ МАСЕЛ, ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Особливості та використання

Деасфальтизація - це процес видалення з нафтових залишків смолисто-асфальтенових речовин і поліциклічних вуглеводнів з підвищеною коксівністю і низьким індексом в'язкості.

Деасфальтизація це процес вилучення з результату фракцій оливних залишків смолисто-асфальтенових компонентів та поліциклічних фракцій вуглеводнів які характеризуються підвищеною коксівністю і невеликим значенням в'язкості.

Деасфальтизація оливних залишків фракції вуглеводнів розчинники використовують для відокремлення оливних елементів олив, які застосовують як базис для виробництва масел для авіаційного призначення ,моторного, циліндричного, трансмісійного масела.

Традиційною основною сировиною процесу деасфальтизації надлишкові залишкові оливи гудрон. Кінцевим результатом процесу розчин деасфальтату з вилученими сторонніми фракціями, що застосовують для використання відокремлених фракції олив, продуктом асфальти, служать основою для компонентів механізму різноманітних палив.

Процес встоматизації деасфальтизації з селективним очищенням у широкому використанні у нафтопереробній промисловості широко використовують при виробництві компоненту залишкової фракції масел, проте і речовиною яку широко використовують для крекінгу і гідрокрекінгу.

Деасфальтизація забезпечує відокремлення зайвих оливних фракцій з олив, за допомогою забезпечення процесу пропаном.

Процес деасфальтизації масел зрідженими низькими молекулярними вуглеводнями фракціями, основним рідкий незріджений пропан, використовують як при виробництві побочного продукту: високов'язкого компоненту залишку не густих масел, так і різноманітної сировини для процесів очищення.

У процесі деасфальтизації є декілька етапів засновано на різниці розчинності компонентів масляної фракції у вигляді рідкого пропану. Недостатньо розчинні в фракціях пропані оливи та смоли асфальтени. За температури, близької до критичної границі (98 С) розчинність похідних фракцій масляної сировини різко зменшується. Це є результатом наближення температурного режиму розчину до стану критичної області даного розчинника щільність, це викликає до підвищення мольного об'єму розчину. Розчинність вуглеводнів масляної пропаном в області високих температурах режимів (77-92 С) стає меншою зі зростанням їх густини мас молекулярного значення. Оливи асфальтени недостатньо розчинні у фракціях пропану сировини. При збільшенні температур відокремлюють високомолекулярні вуглеводні поліциклічної структури, в розчиннику моноциклічних вуглеводнів. Процес автоматизації деасфальтизації масел пропаном рідкий, для уникання карамелізації розчину при тиску близько 4 МПа, кратності олів до розчину 1: (5-8) за відношенням. Результат деасфальтата характеризується сировиною в діапазоні 26 - 90 масового відсотку. Основною рушійною силою процесу деасфальтизації є температурний режим, тиск, кратність пропану в основній масі.

Досліджуючи адсорбційні процеси на різних природних та штучних адсорбенті, показав, що найбільша тенденція до адсорбції на полярних адсорбентів спостерігається в вуглеводнях, а потім у порядку спадання ароматичних, нафтових і парафінових. При вивченні важких фракцій бакинської нафти стало відомо, що при підвищенні температури киплячої фракції зростає ланцюг молекул легких вуглеводнів.

Було виявлено, що фракції високих температур кипіння алканів погано впливають на колоїдний стан більш важких залишків після перероблення нафти.

У 1911 році в був освоєний процес очистки та деасфальтизації нафтопродуктів розчинами. Як перший селективний розчинник використовували діоксид сірки.

Нітробензол використовували для очистки залишків вуглеводневих у СРСР та за кордоном, але пізніше ця технологія позбулася практичної цінності.

У процесі деасфальтування залишків сировини у вакуумі для каталітичного крекінгу використовують рідкі алкани низької молекулярності. Отже, при деасфальтованні нафти рідкий пропан отримує властивість коагулюючу стосовно асфальтенів смоли та полудурона, а також властивостей селективного деасфальтату розчинника щодо парафінних вуглеводнів та легких ароматичних вуглеводневих компонентів олив[4].

Починаючи з 1950 р. В світі було приблизно 20 експлуатаційних та побудованих об'єктів деасфалізації пропану.

При кисло-лужному та селективному очищенні, деасфальтірованні та попередньому очищенні відбілювальною олійною глиною вилучаються багато небажаних домішок, але тверді вуглеводи не видаляються. Такі масла можуть використовуватися при низьких температурах, і транспортування їх пов'язано з високими витратами.

З метою збільшення частки залишкових олій у вітчизняному видобутку нафти в 60-х роках XX століття розпочато прискорення темпів будівництва об'єктів деасфалізації пропану в Поволжям та в Приуральському районі.

Важливість процесів деасфальтування залишків нафти при виробництві олив збільшилася в останні роки як один з можливих напрямів поглиблення обробки як звичайної, так і високо в'язкої нафти, а також різних видів "синтетична олива" сланцю та, бітумне масло, продукти зрідження вугілля) при глибокій деасфалізації залишків з отриманням асфальту[4].

1.2. Фізико-хімічні особливості

Зі збільшенням температури верхньої частини деасфальтованої колони знижується вихід і здатність деасфальтовувати кокс. Коли температура знижується вздовж висоти колони, розчинність зрідженого пропану збільшується, що сприяє збільшенню виходу, здатності коксувати і погіршувати колір деасфальтокислоти.

Тиск процесу деасфальтизації на рівні 3,6-4,2 МПа. Зі збільшенням тиску у процесі, пропану збільшується, що викликає збільшення виходу процесу збільшення подачі пропану в певній мірі допомагає вибірково усувати з суміші

смоли-асфальтенові сполуки. При великій кількості пропану смоли перетікають у деасфальтат, покращуючи в'язкість деасфальтата і погіршуючи її якість. Якісний пропан повинен мати не більше ніж 7% сторонніх сполук. Якщо вміти мість в пропані або зменшується викид і в'язкість деасфальтової кислоти або підвищується тиск апарата. Коли вміст бутану в пропані від 3% до 5% підвищує результат деасфальтату та його коксів. Чим менше смолисті асфальтенові речовини містяться в сировині, тим буде більшим вміст пропану який необхідно для отримання деасфальтованої достатньої якості. Деасфальтіванні летючих речовин з малосмолистих олій співвідношення пропану до сировини становить 8:1 (об'єм); При деасфальтірованні смоли з високим вмістом смолисто-асфальтенових сировин досягаємо за об'ємним співвідношенням (4-5): 1. Обробка легких та низькочастотних сумішей для виробництва пропанового продукту.

Оливи є головним типом мастил для зменшення тертя та зносу фрикційних поверхонь. Вони вже давно широко застосовуються в різних галузях технології, а належне використання олив багато залежить від надійності та довговічності машин, механізмів та різного устаткування. Швидке збільшення машин, збільшення температури, контактні навантаження і тривалість експлуатації обладнання суттєво змінить роль і підвищення вимог до матеріалів. Зростання важливості масел для експлуатації машин вимагала поглибленого вивчення їх характеру, отримання оптимальних умов їх використання.

На зорі залучення до процесу нафтової перероблення для виробництва олив було достатньо лише очищення вакуумних дистилятів осаду та перероблювання мазуту з відбілюючи речовиною або сірчаною кислотою, і отримане мастило стало доступним для використання. У цьому випадку для виробництва масляних матеріалів використовуються малосмолистий мазут з низьким вмістом сірки. Неглибоке очищування вихідних дистилятів від цих масел (відбілювача землі або сірчаної кислоти) забезпечує достатню якість масла з низькою в'язкістю.

Отримання однакових в'язких залишкових олив, особливо авіації, було пов'язане з деякими перешкодами. Як відомо, залишковий по обробці мазуту в оди-

ниціях фракціонування у вакуумі концентрує основну кількість смолистих речовин, кремнійорганічних та металоорганічних сполук. Достатнє видалення різноманітних сполук з отриманих концентратів забезпечує зменшення вуглецевих відкладень речовин на деталі двигуна і поліпшує в'язкість і температурні характеристики олив.

Для видалення смол та інших небажаних домішок вводили двостадійне очищення залишкової олії, а саме очищення сірчаною кислотою (близько 10% для сировини) та гумбріна (близько 25% для сировини). Очищення масел здійснювалося хлоридом алюмінію.

1.3. Опис технологічної схеми

Сировину охолоджують в теплообміннику Т-1 до 100-110 С і змішують з розчином рафінату з екстрактора Е-2. При необхідності додайте невелику порцію свіжого пропану до цієї суміші. Отриманий розчин охолоджується до 40-50 С в теплообміннику Т-2 і надходить на перший деасфальт.

К-1, К-2 - колони деасфальтування; Т-1, Т-2, Т-3, Т-4 - теплообмінники та обігрівачі; Е-1, Е-2, Е-3, Е-4, Е-5, Е-6, Е-7 - екстрактори; І-1 І-2, Н-3, І-4, Н-5, Н-6, Н-7, Н-8, Н-9, 11-10, Н-11, І-12 - насоси.

Доопрацювальний розчин, введений у сировину з екстрактора Е-2, містить лише 10-12% суміші фенолу та крезолу, використовується для попереднього деасфальтування сировини. Можливість використання цього розчину в деасфальційних колонах рослини може зменшити загальну швидкість потоку розчину для розбавлення сировини у порівнянні з процесом "дуосолу". в схемі якої відсутні колони деасфальтації, а співвідношення сировини: пропан: суміш фенолу та крезолу відповідає 1: 4: 5,5.

Тиск в деасфальтаторі К-1 підтримується в межах 22-24 ат.

Розчин деасфальтатора з апарату К-1 через різницю тиску надсилається через паровий обігрівач Т-3 для змішування з екстрактивним розчином з екстрактора Е-4.

Розчин асфальту з деасфальтогену К-1 закачується насосом Н-4 у деасфалізатор К-2 для додаткового процесу.

Регенерація розчинників з асфальту, рафінування та екстракційних розчинів здійснюється в основному за однією схемою і відрізняється лише розміром розпаючого апарату та окремими деталями процесу в результаті кількісних та якісних відмінностей у складі розчинів.

Розчинник з кожного розчину регенерується в чотири ступені. По-перше, в колонках розчинів, відповідно, екстракт, асфальт і рафінат під надлишковим тиском 18-19 ат. майже весь пропан згасає, потім у колонах К-1, К-2, при надлишковому тиску 5-6 ат, відганяють майже всю суміш фенолу та крезолу. Інша суміш фенолу та крезолу випаровується гострою парою при надлишковому тиску 0,3-0,7 атм у непарних колонах. Нарешті, розчинники видаляються у вакуумних колонках К-1 та К-2, які також вводять гострі пари. Іноді рекомендується вводити водяну пару в колони К-1.

Подальша деасфальтна екстракція виконується у п'яти послідовних екстрактах (Е-3-Е-7).

Кожна секція витяжки складається з міксера та осадової чаші. Переселенці складають два шари різного складу: верхньоочищений та нижчий еластичний.

Кожен розділ отримує верхній шар з попереднього розділу і викачує їх нижнім шаром Н-6-Н-11 і далі. Пропан подається з резервуара Е-8 до екстрактора Е-1 та суміші фенолу та крезолу з резервуара Е-9 з насосом Н-3 у останньому екстракторі Е-7. Оскільки рух від екстрактора Е-1 до розчину екстракторного розчину або Е-7 обробляють розчином з високим відносним вмістом фенолу та крезолу.

Нижче наведено приблизне технологічне деасфальтування та видобуток:

Температура, °С:

- 1) розчин на вході в де-осматор К-1 40-48 (°С)
- 2) в деасфальтних одиницях 40-45 (°С)
- 3) деасфальтний розчин на вході до пристрою екстрактора Е-3 80-90 (°С)
- 4) пропан 37-40 (°С)
- 5) суміш фенолу та крезолу 40-45 (°С)

Надмірний тиск, атм, в деасфальті:

- 1) К-1 22-24 (атм)
- 2) К-2 24-25 (атм)
- 3) у екстракторі 21-25 (атм)

Кінцеві продукти екстракції - це верхній шар у екстракторі Е-7 (розчинний розчин) танижній шар у екстракторі Е-1 (екстракційний розчин), які підлягають герметизації кожної їх системи регенерації для регенерації розчину [5].

Регенерація розчинників з асфальту, рафінування та екстракційних розчинів по суті здійснюється за однією схемою і відрізняється лише розмірами окремих машин та окремих деталей процесу через кількісні та якісні відмінності складу розчинів.

Розчинник з кожного розчину регенерують на чотири ступені. По-перше, в колонках розчинів, відповідно, екстракт, асфальт та рафінат під надлишковим тиском 18-19 ат. майже всі пропани зрізають, потім в колонах К-1 і К-2, при надлишковому тиску 5-6 атм, майже всі суміші фенолу та креозоту відганяють. Інша суміш парафразів фенолу та креозолу у гострій парі під надлишковим тиском 0,3-0,7 в непарних колонах. Нарешті, розчинники видаляються у вакуумних колонах К-1 та К-2, де також вводяться гострі пари. Іноді рекомендується вводити водяну пару в колони К-1.

Температури у верхній і нижній частинах колонок підтримуються шляхом введення зрошення та циркуляції залишків через відповідні печі, як показано на схемі.

Пари пропану з колонок К-1 та К-2 конденсують у теплообміннику конденсатора Т-8, а рідкий пропан збирається у міру Е-8.

Пари фенол-крезолової суміші з невеликою кількістю пропану з колонок К-1 та К-2 віддають тепло в пародіювальних дистиляційних теплообмінниках Т-1 та Т-2, де нагрівають розчини екстракту та рафінату відповідно щоб увійти в верхину дренажної колони К-1.

Пара фенол-крезолової суміші з невеликою кількістю пропану зі стовпчиків К-1 та К-2 дає їм тепло в парідних дистиляційних теплообмінниках Т-1 та Т-2, де

розчини екстракту та рафінату відповідно; щоб увійти в вершину дренажної колони К-2.

Пари фенольно-півмісянної суміші, водяної пари та залишку пропану з верху колони К-1 і К-2 потрапляють до дна стінки.

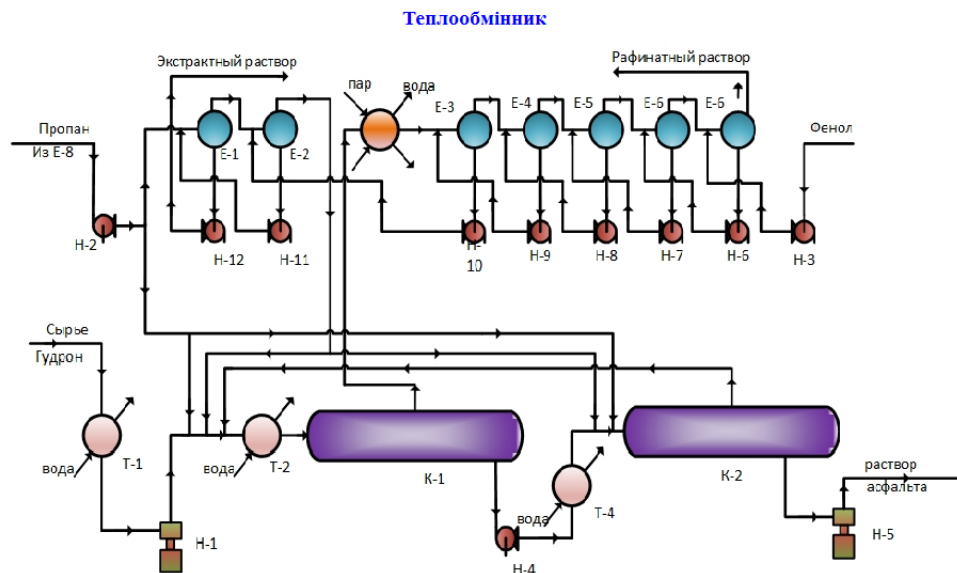


Рис. 1.1. технологічну схема деасфальтизації з селективним очищенням масел

	Назва технологічного устаткування	Кількість
1	Теплообмінник	4
2	Колона деасфальтації	2
3	Екстрактор	7
4	Насос	12

Таб. 1.1. Технологічне устаткування

1.4. Обґрунтування розробки нової схеми автоматизації

Технологічний процес деасфальтування з селективною очищенням масел, реалізований на деяких підприємствах, автоматизований. Але через неможливість потрапляння на таке виробництво та брак інформації в відкритих джерелах схем автоматизації цього технологічного процесу, завдання полягало у розробці схеми автоматизації на основі технологічного процесу процесу з використанням сучасних технічних засобів автоматизації

Новітні системи автоматичного управління розробляються на основі різних мікропроцесорних пристроїв, регуляторів та мікроконтролерів. Розроблена та встановлена комп'ютерна мікропроцесорна система, яка використовується в навчальному процесі підготовки студентів.

Комп'ютерна мікропроцесорна система оснащена мікропроцесорними пристроями та регуляторами марки MICROL, виготовленої заводом технічних засобів автоматизації в м. Івано-Франківську.

У проекті використовується мікропроцесорні пристрої та регулятори у ручному режимі, вхід сигналу від 0 до 5 мА за допомогою блоку БРУ-7.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦІЇ І СЕЛЕКТИВНОЇ ОЧИСТКИ МАСЕЛ

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації

Для узгодженої роботи системи управління необхідно, щоб технічні засоби автоматизації (MAS) відповідали певним критеріям (узгодженість сигналів вводу / виводу, діапазонів вимірювань тощо).

Для первинного вимірювального пристрою необхідно, щоб діапазон вимірювань, зазначений у паспорті приладу, відповідав робочому діапазону вимірюваного значення. Потрібно враховувати вихідні сигнали, задані цим MAS (тип, клас і значення).

З огляду на розмір діапазону, в більшості випадків можна підібрати необхідні MAS, але існує цілий ряд випадків, коли неможливо обійтися без нормалізації чи перетворення пристрою. В результаті перед додатковим дисплеєм, найчастіше доданий мікропроцесор, при необхідності, нормалізуючий перетворювач. Якщо після вторинного пристрою є регулятор (часто дискретний), він вибирається залежно від об'єкта, закону керування, необхідних характеристик систем та економічних показників. Вихідний сигнал від регулятора надсилається на привід. Залежно від потужності та типу привода, крім входу, після регулятора, при необхідності, встановлюється або підсилювач, або перетворювач, або їх комбінація.

З урахуванням усіх вимог до створення схем автоматизації були вибрані найбільш використовувані в області автоматизації та сучасні технічні засоби автоматизації

2.2. Схема автоматизації технологічного процесу деасфальтизації і селективної очистки масел

Для процесу деасфальтизації і селективним очищенням масел розроблена функціональна схема автоматизації –схема ЛА72мп.08.ДП.00.001.СхФ

Схема автоматизації технологічного процесу охоплює системи технологічного контролю технологічних параметрів, автоматичну систему управління технологічними параметрами, системи технологічної сигналізації та захисту, системи дистанційного керування виконавчими механізмами. Метою автоматичного регулювання є забезпечення стабілізації якості виробництва сечовини та зменшення споживання початкових реагентів за заданими характеристиками. Іншими словами, ця система призначена для підтримки параметрів на різних технологічних пристроях.

Табл. 2.1. Параметри контролю виробництва

/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід	Тиск	200 атм	Контроль, регулювання, сигналізація
2	Трубопровід	Температура	-	Контроль, регулювання, сигналізація

3	Трубопровід	Витрата	13	Контроль, регулювання, сигналізація
4	Колона, суміш	Рівень	20	Контроль
5	Трубопровід, NH_4CO_3	Концент рація	90..95 %	Контроль, регулювання, сигналізац ія
6	Трубопровід, $\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_2$	Витрата	3..5	Контроль, сигналізація, сигналізац ія
7	Трубопровід	Темпера тура	-	Контроль, регулювання, сигналізац ія
8	Трубопровід	Температура	-	Контроль
9	Трубопровід	Витрата	-	Контроль, регулювання
10	Трубопровід	Темпера тура	$100 \div 120 \text{ }^\circ\text{C}$	Контроль, регулювання
11	Трубопровід	Витрата	-	Контроль
12	Трубопровід, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	Концент рація	60 %	Контроль

13	Трубопровід, CH ₄ N ₂ O(сечовина)	Темпера тура	80...90 °С	Контроль, регулювання сигналізац ія
14	Трубопровід, сокова пара	Тиск	-	Контроль, регулювання, сигналізац ія
15	Трубопровід	Темпера тура	30..40 °С	Контроль, регулювання, сигналізац ія
16	Трубопровід, пара	Тиск	-	Контроль, регулювання, сигналізація
17	Трубопровід, CH ₄ N ₂ O (сечовина)	Тиск	0,78 ÷ 0,92 атм	Контроль, сигналізація
18	Трубопровід	Тиск	-	Контроль, сигналізація

2.2.1. Автоматичний контроль

У процесі деасфальтування з селективною обробкою масел необхідно забезпечити автоматичний контроль технологічних параметрів, таких як температура в різних точках процесу, витрати та рівні на апараті. Контроль повинен бути забезпечений для отримання продукту потрібної якості, контрольовані параметри мають відповідати встановленим технологічним правилам[8]. Враховуючи особливості технологічного процесу синтезу сечовини з двоступінчатою дистиляцією, слід забезпечити автоматичний контроль наступних параметрів:

- Рівень (контур 7), еквайзер бую UB-PV (4-1), електричний блок для формування вихідного сигналу ITM 11 (4-2), ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесор МІК-21 (4-3).

- температура (ланцюг 14), термопари TNAU-0289 (8-1), автоматичне відображення та запис другого диска-250 (8-2).

- Споживання (контур 19), діафрагмова камера DKS 2, 5-100 (11-1), розтягнення трансформатора різниці тиску з функцією квадратичного перетворення Sapphire 22DD 2450 (11-2), автоматичне індикація та запис вторинного диску-250 (11 -3).

- рН розчину (контур 20), кондуктометричний аналізатор рідини, рекордер АЖК-3101К (12-1), автоматичний індикатор та запис додаткового пристрою DISK-250 (12-2).

- Температура (ланцюг 25) термопари TCAU-0289 (15-1), автоматичне індикація та запис додаткового пристрою DISK-250 (15-2)[2].

2.2.2. Автоматичне регулювання

Для того, щоб підтримувати задані параметри процесу для процесу, були розроблені контури для регулювання таких технологічних параметрів:

- тиск (схема 1) за допомогою вимірювального перетворювача Sapphire 22DD (1-1), пневматичний перетворювач PPE-DU (1-2), вторинний індикаторно-реєстраційний пристрій КП-140Е (1-3), пневматичний індикатор вторинного пристрою з контрольний стан ФК0071 (1-4).

- Температура (схема 3) з термopарою ТНАU-0289 (2-1), автоматичним дисплеєм та додатковим записом диска-250 (2-2), ПІД регулятором багатofункціонального мікропроцесора МІК-21 (2-3).

- Споживання (контур 5), діафрагмова камера DKS 2, 5-100 (3-1), розтягувальний трансформатор диференціального тиску з функцією квадратичного перетворення Sapphire 22DD 2450 (3-2), автоматичний індикатор та запис вторинного диску-250 (3-3), ПІД регулятор багатofункціональний мікропроцесор МІС-21 (3-4).

- Контроль рН потоку суміші (схема 8), витратомір для вимірювання рН РР-10-1 (5-1), аналізатор вимірювання провідності, запис AGK-3101K (5-2), автоматичний індикатор та пристрій запису DISK-250 (5-3), ПІД-регулятор багатofункціональний мікропроцесор МІК-21 (5-4).

- Споживання (контур 10), діафрагмова камера DKS 2, 5-100 (6-1), тензодатчик диференціального тиску з функцією квадратичного перетворення Sapphire 22DD 2450 (6-2), автоматичний індикатор та запис другого диска-250 (6-3), ПІД-регулятор багатofункціональний мікропроцесор МІК-21 (6-4).

- температура (ланцюг 12), термopеретворювач ТНАU-0289 (7-1), автоматичне індикація та запис ДИСК-250 (7-2), ПІД-регулятор багатofункціональний мікропроцесор МІК-21 (7-3).

- Споживання (ланцюг 15), діафрагмова камера DKS 2, 5-100 (9-1), розтягнення трансформатора різниці тиску з функцією квадратичного перетворення Sapphire 22DD 2450 (9-2), автоматичний дисплей та запис другого

диска-250 (9- 3), ПД-регулятор багатофункціональний мікропроцесор МІК-21 (9-4).

- температура (ланцюг 17), термоперетворювач ТНАУ-0289 (10-1), автоматичне індикація та запис DISK-250 (10-2), ПД-регулятор багатофункціональний мікропроцесор МІК-21 (10-3).

- Температура (ланцюг 21), термоперетворювач ТНАУ-0289 (13-1), автоматичне індикація та запис ДИСК-250 (13-2), ПД-регулятор багатофункціональний мікропроцесор МІК-21 (13-3).

- тиск (схема 23) за допомогою вимірювального перетворювача Sapphire 22DD (14-1), пневматичний перетворювач PPE-DU (14-2), вторинний індикатор та реєстратор КР-140Е (14-3), пневматичний індикатор вторинного пристрою з контролем стану FK0071 (14-4) [2].

2.2.3. Сигналізація, блокування, захист

Сигналізація, блокування і захист являються надзвичайно важливими елементами а схемі автоматизації, адже захищають обладнання від поломок внаслідок збоїв у процесі виробництва продукції, а також повідомляють оператору про відхилення від технологічного регламенту параметрів, які впливають на якість продукції, що випускається, тому цим системам (сигналізації, блокування і захисту) варто приділити значну увагу.

Блокування та сигналізація можуть спрацьовувати в декількох випадках:

- Падіння тиску в трубопроводі(HL1, HL9).
- Відхилення витрати сировини за максимальне значення (HL3, HL5, HL6).
- Відхилення температури за максимальне значення (HL2, HL7, HL8, HL7, HL8).
- Відхилення значення концентрації за максимальне значення (HL4)
- Увімкнення та вимкнення двигунів(HL10-HL215).
- Падіння тиску в насосах (HL16-HL21)

2.2.4. Дистанційне керування

Для віддаленого запуску електродвигунів насосами використовуються магнітні пускачі МП1-МП3, які керуються кнопками керуючої плати SB1, SB3, SB5 - для вмикання та SB2, SB4, SB6 - для вимикання. Сигнальні лампи HL10, HL12, HL14 - поворотні індикатори, а HL11, HL13, HL15 - вимикання двигуна. SA1-SA3 - кнопки запобіжного вимикача, розташовані на двигуні. Пульт дистанційного керування підлягає:

- двигун відцентрового насоса M1 (SB1, SB2);
- двигун відцентрового насоса M2 (SB3, SB4);
- двигун відцентрового насоса M3 (SB5, SB6);

2.3. Принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунами, аварійного захисту і технологічних блокувань

На основі функціональної схеми автоматизації процесу розроблена основна електрична схема для дистанційного управління електричними двигунами, аварійними та технологічними агрегатами - ЛА72.08.ДП.00.002.СхЕ.

У цій схемі для включення та вимкнення живлення електричних приводів використовуються магнітні пускачі - МП1, МП2, МП3.

Для захисту потужності електродвигунів від перевантаження та короткого замикання використовуються автоматичні вимикачі - FP1, FP2, FP3, FP4, FP5, FP6.

FU1, FU2, FU3 підключені для запобігання спалювання магнітних стартерів у струмовій ланцюзі.

Щоб вимкнути живлення, встановлюються кнопки вимикання живлення для електродвигунів - SB1, SB3, SB5.

Щоб увімкнути живлення, встановлені силові вимикачі електродвигунів - SB2, SB4, SB6.

Для сигналізації включених електродвигунів встановлюються зелені лампочки - HL10, HL12 та HL14.

Для сигналізації вимкнених електродвигунів встановлюються червоні лампочки - HL11, HL13, HL15.

Для індикації тиску, виміряного з метою аварійного захисту, використовуються технологічні показники, позиції 29 - 2, 30 - 2, 31 - 2.

Електромагнітні реле КМ1, КМ2, КМ3 використовуються для аварійного відключення електроприводів.

Світильники HL16, HL17, HL18, HL19, HL20, HL21 встановлені для сигналізації аварійного захисту електродвигуна.

Щоб побачити, як працює схема, розглянемо дві ситуації.

Увімкнення двигуна М1. Перший контактний пост. 29-2 закрито, контакт КМ1-2 відкритий, включені сигнальні лампи HL16, HL17. Щоб запустити електродвигун, натисніть кнопку SB2. Відразу тиск насоса не можна встановити. Вам потрібно утримувати кнопку SB2 для контакту поз. 29-2 відкрито і контакт КМ1-2 закритий. Кнопка SB2 тримається до вимкнення індикаторів HL16, HL17.

Аварійне відключення двигуна М1. Якщо тиск після відцентрового насоса перевищує допустиму межу, контактна посада спочатку закривається. 29-2. В результаті, сигнальна лампочка HL16 включається і утворюється замкнене джерело живлення для захисного реле КМ2. Контакт КМ2-1 закривається, а другий індикатор HL17 світиться. У той же час контакт КМ2-2 розблоковано. Цей контакт розбиває ланцюг живлення стартер МП1, внаслідок чого аварійні контакти МП1-4, МП1-5, МП1-6 розблоковуються.

Для двигунів М2 та М3 використовуються аналогічні схеми.

2.4. Розрахунок витратоміра змінного перепаду

2.4.1. Вибір методу для вимірювання витрати

Стандартні (нормалізовані) пристрої звуження включають діафрагми, форсунки, форсунки Вентурі та трубки Вентурі, які відповідають вимогам діючих правил і використовуються для вимірювання потоку речовини без окремої калібрування. Диференціометри та прилади для вимірювання параметрів навколишнього середовища, серійно вироблені промисловістю або експериментальним виробництвом, дозволяють працювати, відповідають вимогам діючих державних стандартів та проходять державну метрологічну атестацію.

Правила встановлюють вимоги до виконання вимірювальних приладів у їх проектування, проектування, монтажу, експлуатації та інспекції.

Наступні положення дійсні в наступних умовах виміру:

а) природа потоку потоку в прямолінійних ділянках трубопроводів до і після зупинки має бути бурхливим (див. Таблицю 2, 2.3.1 та 2.4.1), нерухомих (див. Додаток 1, ГОСТ 23868-79) ;

б) фазовий стан потоку не повинно змінюватися при його потоці через конвеєрний пристрій (рідина не випарюється, гази, розчинені у рідині, не випускаються, конденсація водяної пари з газів усувається, а потім втрачається рідка фаза в трубопроводі біля пристрою звуження);

в) у внутрішній порожнині прямих ділянок трубопроводу до і після звужувального пристрою не збираються опади у вигляді пилу, піску, металевих предметів, інших забруднюючих речовин;

г) на поверхнях звужувального пристрою відсутні відкладення, які змінюють його структурні параметри та геометрію;

д) пари перегріто; в той же час всі положення, що стосуються вимірювання споживання газу, дійсні для пари[9].

Дозволяється виміряти швидкість потоку вологої пари з діафрагмами у співвідношенні густин парів (ρ) та рідких (ρ_l) фаз $\rho / \rho_l \leq 0,002$ з масовою часткою рідкої компоненти в суміші парафіну не більше 0,2 (в одиницях одиниці).

Зверніть увагу на те, що читання дифуміметра в цьому випадку відповідає витраті сухої частини вологої пари, тому діафрагма повинна бути розрахована потоком і щільністю парової фази.

Прийнятні діапазони значень діаметрів трубопроводів D та відносних ділянок пристроїв стискання m мають бути в межах:

$$50 \text{ мм} < D < 1000 \text{ мм},$$

для діафрагми з кутовим способом вибору падіння тиску:

$$0,05 < m < 0,64;$$

Для діаметру трубопроводів, які відповідають $D > 1000$ мм приймаємо значення α_v і розробок співвідношень, що дорівнюють діаметру за нормальних умов $D = 1000$ мм.

Для діафраги фланцевого способу відбору маємо наступну схему перепаду тиску:

$$50 \text{ мм} < D < 760 \text{ мм},$$

$$0,04 < m < 0,56;$$

не зважаючи на спосіб відбору перепадів тиску, діаметр отвору діафраги повинен задовольняти наступним умовам $d \geq 12,5$ мм;

при виміру значень витрати для сопел

$$50 \text{ мм} \leq D,$$

$$0,05 \leq m \leq 0,64;$$

при виміру значень витрати для сопел для рідини

$$30 \text{ мм} \leq D,$$

$$0,05 \leq m \leq 0,64$$

при виміру значень витрати для сопел Вентурі

$$65 \text{ мм} \leq D \leq 500 \text{ мм},$$

$$0,05 \leq m \leq 0,60;$$

діаметр отвору сопел і сопел Вентурі повинен задовольняти наступним умовам $d \geq 15$ мм;

для труб сопел Вентурі

$$50 \text{ мм} \leq D \leq 500 \text{ мм},$$

$$0,10 \leq m \leq 0,60.$$

При вимірюванні витраченого газу та співвідношення тисків абсолютних на вихід і вхід пристрою звужувального мають бути більшими або дорівнювати значенню 0,75.

Для виміру втрати газу і рідини допускаємо застосовування як кутового, так і фланцевого способу який допомагає нам у відборі перепадів тиску у протіканні процесу на діафрагмах і кутовий спосіб відбору на соплах та соплах Вентурі і трубах Вентурі[9].

Спираючись на попередні умови (додаток А) та розрахунки оптимальним для використання буде камерна діафрагма типу ДКС

1. Вихідні дані:

1.1. Вимірювальне середовище процесу – пара.

1.2. Параметри процесу:

1.2.1. Температура – 90 °С;

1.2.2. Тиск (P_n) – 0,3 МПа = 3.06 кгс/см².

1.3. Гранична витрата процесу (Q_{\max}) – $7,5 \times 10^{-3}$ м³/с = 27 м³/год.

1.4. Середня витрата процесу ($Q_{\text{ср}}$) – $6,7 \times 10^{-3}$ м³/с = 24,1 м³/год.

1.5. Допустима втрата для тиску у процесі на звужувальному пристрої спирається на наступні данні ($P_{\text{вд}}$) – 0,032 МПа = 0,32 кгс/см²

1.6. Тип звужувального пристрою – діафрагма камерна ДКС.

1.7. Матеріал звужувального пристрою – Сталь Х17.

1.8. Внутрішній діаметр трубопроводу (D_{30}) – 0,07 м.

1.9. Матеріал трубопроводу – Сталь 30.

1.10. Тип дифманометру – ДМ-П1.

1.11. Місцевий опір – відсутній.

2. Дані, які необхідні для подальших розрахунків:

2.1. Барометричний тиск $P_6 = 736 \cdot 13,595 \cdot 10^{-4} = 1 \text{ кгс/см}^2$.

2.2. Абсолютний тиск пари до звужувального пристрою.

$$P = P_H + P_6 = 3,06 + 1 = 4,06 \text{ кг/см}^2$$

2.3. За температури 20°C множник поправки $-k'_t = 1$.

2.4. $D = D_{20} \cdot k'_t = 70 \cdot 1 = 70 \text{ мм}$

2.5. За додатком 3 знаходимо необхідну для процесу густину пари:

при $t = 90^\circ\text{C}$ і $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ $\rho = 998,2 \text{ кг/м}^3$;

при $t = 90^\circ\text{C}$ і $P = 20 \text{ кгс/см}^2$ $\rho = 999 \text{ кг/м}^3$;

тоді шляхом інтерполяції знайдемо густину при $t = 20^\circ\text{C}$ і $P = 4,06 \text{ кгс/см}^2$

$$\rho = 998,2 + \frac{999 - 998,2}{20 - 1} \cdot (4,06 - 1) = 998,329 \text{ кг/см}^2$$

2.6. За додатком 10 знаходимо динамічну в'язкість пари за умови нормальної роботи: $\mu = 100 \cdot 10^{-6} \text{ кгс/см}^2$.

3. Вибір звужувального пристрою та дифманометру

3.1. Вибираємо діафрагму камерну ДКС.

3.2. Матеріал звужувального пристрою – сталь X17.

3.3. Тип дифманометра – ДМ-П1.

3.4. Верхня межа вимірювання дифманометра-витратоміра: $Q_{\text{ОВМ}} = 32 \text{ м}^3/\text{год}$.

4. Визначення номінального перепаду тиску дифманометра та необхідного значення відносної площі звужувального пристрою

4.1. Визначаємо допоміжну величину:

$$C = \frac{Q_{\text{ОВМ}} \cdot \sqrt{\rho}}{0,01252 \cdot D^2} = \frac{32 \cdot \sqrt{998,329}}{0,01252 \cdot 70^2} = 16,481.$$

4.2. За номограмою (додаток 20) для $C = 16,481$ і $P_{\text{ВД}} = 0,321 \text{ кгс/см}^2$ знаходимо граничний номінальний перепад тиску: $\Delta P_H = 4000 \text{ кгс/м}^2$, приймаємо приблизне значення модуля $m_1 = 0,35$.

5. Визначення мінімального числа Рейнольдса

5.1. Визначаємо число Рейнольдса для мінімальної витрати за даними процесу:

$$Re = 0,0361 \cdot \frac{Q_{\text{omin}} \cdot \rho}{D \cdot \mu} = 0,0361 \cdot \frac{21,24 \cdot 998,329}{70 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 109354,67677.$$

5.2. Для діафрагм із кутовим способом відбору мінімальне допустиме число Рейнольдса матиме наступний вигляд: $Re_{min} = 10000$, при $m_1 = 0,35$.

5.3. Маючи $Re > Re_{min}$, то вимір за нормальних вихідних даних можливий.

6. Визначення параметрів звужувального пристрою

$$6.1. P = \Delta P_H = 4000 \text{ кгс/м}^2$$

$$6.2. Re_{BM} = 0,0361 \cdot \frac{Q_{овм} \cdot P}{D \cdot \mu} = 0,0361 \cdot \frac{32 \cdot 998,329}{70 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 164752.809.$$

6.3. Допоміжний коефіцієнт для розрахунків значення Рейнольдса:

$$\frac{C}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{16,481}{\sqrt{4000}} = 0,2606$$

6.4. Внутрішня відносна шорсткість по відношенню до поверхні труби:

$$\frac{k}{D} \cdot 10^4 = \frac{0,04}{70} \cdot 10^4 = 5,714$$

6.5. Верхня межа шорсткості для значень: $m > 0,13$:

$$3,9 + 10^3 \cdot e^{(-14,2 \cdot \sqrt{m_1})} = 3,9 + 10^3 \cdot e^{(-14,2 \cdot \sqrt{0,35})} = 4.125.$$

Оскільки $\frac{k}{D} \cdot 10^4 > 4,125$ поправку на шорсткість вводять і

$$k_{ш} = (1,0020 - 0,0318m + 0,0907m^2) - (0,0062 - 0,1017m + 0,2972m^2)D/10^3$$

$$k_{ш} = 1.002.$$

6.6. Діаметр отвору менший 125 мм, тому поправковий коефіцієнт $k_{п}$ визначають за формулою:

$$k_{п} = a_{п} + b_{п} e^{[-n(m_1 - 0,05)]},$$

$$\text{де } a_{п} = 1 + 0,011 \cdot e^{[-55,2(0,07 - 0,05)^{1,3}]} = 1,008$$

$$b_{п} = 0,002 + 0,2558 \cdot 0,07 - 1,68 \cdot 0,07^2 + 2,867 \cdot 0,07^3 = 0,013$$

$$n = 4,25 + 142,94 \cdot (0,07 - 0,05)^{1,92} = 4,328$$

$$k_{п} = 1,008 + 0,013 \cdot e^{[-4,328 \cdot (0,35 - 0,05)]} = 1,012$$

6.7. Коефіцієнт витрати α_1 визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \frac{1}{\sqrt{1 - m_1^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot m_1^{1,05} - 0,1840 \cdot m_1^4 + 0,0029 \cdot m_1^{1,25} \left(\frac{10^6}{Re_{BM}} \right)^{0,75} \right] k_{ш} k_{п} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 - 0,35^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,35^{1,05} - 0,1840 \cdot 0,35^4 \right. \\ &\quad \left. + 0,0029 \cdot 0,35^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{164752,809} \right)^{0,75} \right] \cdot 1,002 \cdot 1,012 = 0,657\end{aligned}$$

6.8. Коефіцієнт розширення для даного процесу: $\varepsilon = 1$.

6.9. Допоміжна величина: $F_1 = m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \varepsilon = 0,35 \cdot 0,657 \cdot 1 = 0,23$

6.10. Відхилення:

$$\delta_{F_1} = \left(\frac{F_1}{c/\sqrt{\Delta p}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,23}{0,2606} - 1 \right) \cdot 100\% = -11,742\%$$

Оскільки $|\delta_{F_1}| > 0,2$, процес пошуку значення m для процесу продовжуємо.

Оскільки $F_1 < \frac{C}{\sqrt{\Delta p}}$, то $m_2 = \lambda m_1 = 1,06 \cdot 0,35 = 0,371$

6.11. Коефіцієнт витрати:

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \frac{1}{\sqrt{1 - m_2^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot m_2^{1,05} - 0,1840 \cdot m_2^4 + 0,0029 \cdot m_2^{1,25} \left(\frac{10^6}{Re_{BM}} \right)^{0,75} \right] k_{ш} k_{п} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 - 0,371^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,371^{1,05} - 0,1840 \cdot 0,371 \right. \\ &\quad \left. + 0,0029 \cdot 0,371^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{164752,809} \right)^{0,75} \right] \cdot 1,002 \cdot 1,012 = 0,662\end{aligned}$$

6.12. Допоміжна величина: $F_2 = m_2 \cdot \alpha_2 = 0,371 \cdot 0,662 = 0,246$

6.13. Відносне відхилення:

$$\delta_{F_2} = \left(\frac{F_2}{c/\sqrt{\Delta p}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,246}{0,2606} - 1 \right) \cdot 100\% = -5,602\%$$

Оскільки $|\delta_{F_1}| > 0,2$, розрахунок значення m продовжуємо.

Оскільки $F_1 < \frac{C}{\sqrt{\Delta p}}$, то $m_3 = \lambda m_2 = 1,05 \cdot 0,371 = 0,39$

6.14. Коефіцієнт витрати отримаємо з рівняння:

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \frac{1}{\sqrt{1-m_2^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot m_2^{1,05} - 0,1840 \cdot m_2^4 + 0,0029 \cdot m_2^{1,25} \left(\frac{10^6}{Re_{BM}} \right)^{0,75} \right] k_{ш} k_{п} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1-0,39^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,39^{1,05} - 0,1840 \cdot 0,39^4 \right. \\ &\quad \left. + 0,0029 \cdot 0,39^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{164752,809} \right)^{0,75} \right] \cdot 1,002 \cdot 1,012 = 0,668\end{aligned}$$

6.15. Допоміжне значення: $F_2 = m_2 \cdot \alpha_2 = 0,39 \cdot 0,668 = 0,261$

6.16. Відносне відхилення:

$$\delta_{F_2} = \left(\frac{F_2}{c/\sqrt{\Delta p}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,261}{0,2606} - 1 \right) \cdot 100\% = 0,153\%$$

Оскільки $|\delta_{F_2}| < 0,2$, тоді: $m=0,39$, $\alpha=0,668$.

7. Обмеження значень Re:

При нижній границі витрати, $Re = 109354,67677$. При значенні $m=0,39$ $Re_{min} = 10000$.

Умова $Re > Re_{min}$ виконується, тому продовжуємо розрахунок.

2. Оптимальні значення діаметру звужувального пристрою задовольняє умови:

2.5. Спираючись на додаток 2 визначмо множник поправки при розширенні

$$k_t^2 = 1.$$

$$2.6. k_t = \sqrt{k_t^2} = \sqrt{1} = 1$$

2.7. Діаметр за температури 20 °C:

$$d_{20} = \frac{D}{k_t} \cdot \sqrt{m} = \frac{70}{1} \cdot \sqrt{0,39} = 43,715$$

9. Перевірка попередніх даних розрахунків

9.1. Витрата при границях перепаду тисків:

$$\begin{aligned}Q_0 &= 0,01252 \cdot \alpha \cdot k_t^2 \cdot d_{20}^2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_H}{\rho}} = \\ &= 0,01252 \cdot 0,668 \cdot 1 \cdot (43,715)^2 \cdot \sqrt{\frac{4000}{998,329}} = 31,992\end{aligned}$$

9.2. Відхилення витрати при границях перепаду тисків:

$$\delta_Q = \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{ВМ}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{31.992}{32} - 1 \right) \cdot 100\% = -0.025\%$$

Оскільки $|\delta_Q| < 0,2$ отриманий розрахунок є правильним.

2.4.2. Вимоги до дифманометрів та до їх встановлення

Вибір діапамонометрів для параметру навколишнього середовища та застосувати для заданих нормальних умов роботи виміру витрат мають відповідати вимогам зазначених у документації виробника.

Допускається підкрити два або більше дифрактометрів до одного пристрою звужуючого.

Для застосування інтегральних диференційних лічильників одночасне застосування не допускається.

Допускається з'єднувати сполучні лінії одного дифамометра до з'єднувальних ліній іншого дифманометра. Допускається підключення манометра до "позитивної" лінії імпульсу диференціального лічильника, якщо це не впливає на процес вимірювання.

Сполучні лінії для підключення телемеханічних об'єктів мають бути закріплені окремо від інших сполучних ліній.

З'єднувальні лінії мають бути захищені від дії зовнішніх джерел тепла або холоду.

При вимірюванні витрат гарячої речовини ($t \geq 100$ C) необхідно забезпечити рівність температур у обох сполучних лініях.

Сполучні лінії мають бути викладені таким чином, щоб виключати в них накопичення повітряних бульбашок (при вимірюванні потоку рідини) та конденсату (при вимірюванні потоку газу або пари). Для цього рекомендує встановлювати газові колектори або аерозоль котли на з'єднувальних лініях. При вимірюванні витрати агресивного серед перенесення вимірюваного тиску здійснюється через сепаратор для рідини, яка виливається в діфмоманометр. Ця рідина служить для захисту внутрішніх порожнин дифрактометрів від впливу

вимірюваного середовища. У цьому випадку відокремлювальні судинки з'єднуються на ділянці з'єднувальних ліній між дифузометром та зупинкою[8].

2.4.3. Вимоги до з'єднувальних ліній для рідин

При вимірюванні потоку рідини дифанометр рекомендується встановлювати під зупинкою (рис.3, а). З'єднувальні лінії по всій їх частині мають мати односторонній схил. Якщо односторонній нахил з'єднувальних ліній є неможливим, у найвищих точках окремих ділянок (рівнів) ліній необхідно встановити відділення для зберігання газу[3].

При розміщенні дифанометра над вузловим пристроєм у верхніх точках ліній необхідно також встановити газові колектори (мал. 4, а). Для горизонтальних трубопроводів, з'єднувальні лінії мають бути з'єднані з нижньою частиною зупиняючого пристрою.

Перед дифманометром рекомендується встановити затонулі судини (показані на діаграмах з пунктирними лініями), особливо якщо осад випадає з вимірювальної рідини.

При вимірюванні потоку гарячих рідин у з'єднувальній лінії необхідно включати нівеліри, що забезпечують рівномірність щільності рідини в трубах, що з'єднують судини з пристроєм. Об'єм внутрішньої порожнини кожного судна повинен бути не меншим, ніж об'єм рідини, що протікає з судини в пристрій при зміні його дисплеїв з нуля до максимуму[3].

Вставка судин у лінію здійснюється відповідно до (рис 2.5., В), а для вертикальних трубопроводів - бокові отвори в судинах та сусідні частини труб мають бути розташовані на одному рівні, що відповідає нижньому діафрагма для вимірювання падіння тиску в пристрої стискання. Труба, що з'єднує посудину з верхньою вентиляцією для збору тиску, повинна бути теплоізованою. Конструкція суден та їх розташування мають забезпечувати їх видалення (гази).

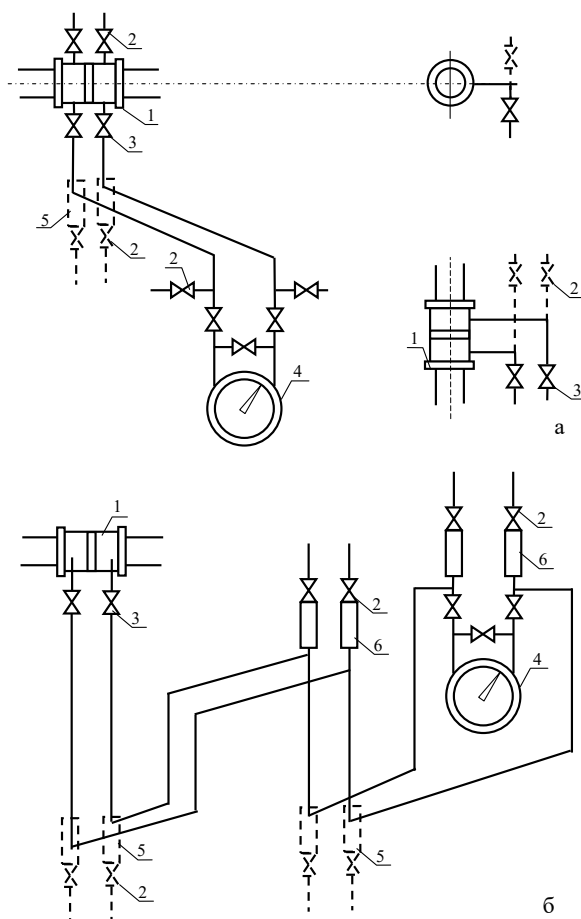


Рис. 2.1 Схеми з'єднувальних ліній для вимірювання витрати рідини
 1 – звужувальний пристрій; 2 – продувальний вентиль; 3 – вентиль;
 4 – дифманометр; 5 – відстійна посудина; 6 – газозбірник

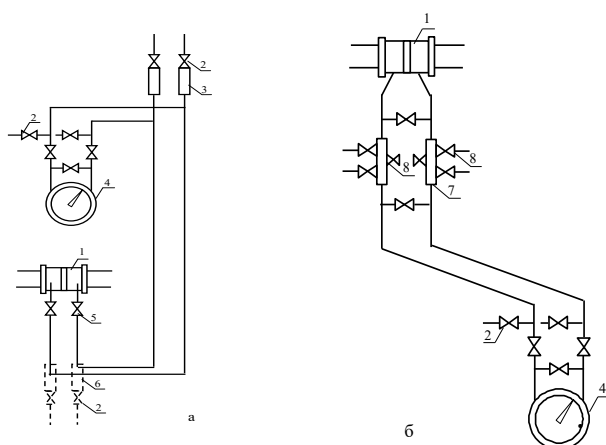


Рис. 2.2 Схеми з'єднувальних ліній при вимірюванні витрати рідини:
 1 – пристрій звужувальний; 2 – вентиль продувки; 3 – збірник газу; 4 –
 дифманометр; 5 – вентиль; 6 – відстійник; 7 – роздільна ємкість; 8 – вентиль
 контролю

2.4.4. Розрахунок сумарної похибки вимірювального каналу

У системі автоматичного контролю, витрата цільової сировини (продукції) має наступний вигляд:

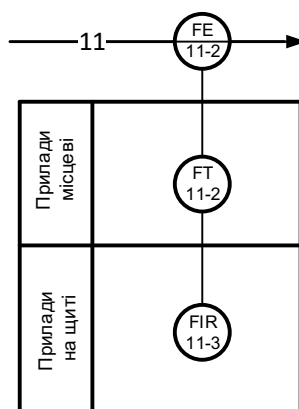


Рис. 2.3 Схему системи автоматичного контролю витрати

1-1 – стандарт. камерна діафрагма; *1-2* – мембранний дифманометр; *1-3* – вторинний реєстр. прилад цифровий;

1. Схема контролю, автоматичного процесу регулювання а саме температури на базі термометра манометричного представлено у такому вигляді:

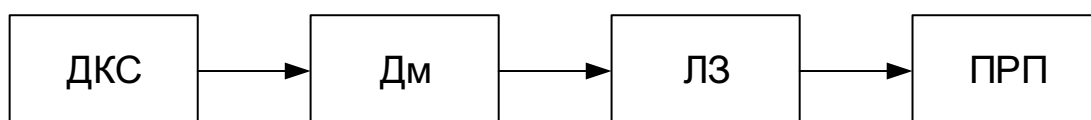


Рис. 2.4 Схема структурна контура автоматичного контролю температури
Використані позначення: ДКС – діафрагма камерна стандартна;

Дм – пневматичний дифманометр з квадратичною функцією перетворення;

ЛЗ – лінії зв'язку; ПРП – прилад показувальний, вторинний, пневматичний, зі реєстром станції керування.

Маючи всі потрібні ТЗА, що відповідають умовам задачі: камерна діафрагма стандартну з основною ($\gamma_{зв\,доп}$) та похибкою ($K_{ТДКС} = \gamma_{зв\,доп}$) 1,5 %; дифманометр, а саме мембранний «ДМ-П1» з класом точності $K_{ТДМ} = 1$, діапазон вимірювання (ДВ): 0...16 м³/год, $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа; лінії зв'язку (ЛЗ) класу точності 0,4; пневматичний вторинний

прилад, записуючий реєстр, показуваний та апарат керування «ФК0071» $P_{вх} = 20 \div 100$ кПа, класом точності КтПРП = 0,5.

1.1. Отримаємо похибку абсолютну, яка є границею допустимих значень для діафрагми ДКС:

$$\Delta_{\text{допДКС}} = \frac{\Delta_{\text{ЗВ доп}} \text{ДВ}}{100} = \frac{1,5(16 - 0)}{100} = 0,240 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Маючи довірчу ймовірність $P_d = 0,95$, має бути розрахована середньо-квадратичну похибку для кожного елементу в абсолютних значеннях у вигляді $\Delta_{0,95} = K_{H_{0,95}} \sigma$. Для діафрагми ДКС отримаємо:

$$\sigma_{\text{ДКС}} = \frac{\Delta_{\text{допДКС}}}{K_{H_{0,95}}} = \frac{0,24}{1,96} = 0,122 \text{ м}^3/\text{год.}$$

1.2. Отримаємо абсолютну границю допустимих абсолютних значень та середньо-квадратичну похибку для дифманометрів типу «ДМ-П1»:

$$\Delta_{\text{допДм}} = \frac{K_{\text{ТДм}} \text{ДВ}}{100} = \frac{1(16 - 0)}{100} = 0,16 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\sigma_{\text{Дм}} = \frac{\Delta_{\text{допДм}}}{K_{H_{0,95}}} = \frac{0,16}{1,96} = 0,082 \text{ м}^3/\text{год.}$$

1.3. Отримаємо абсолютну границю допустимих абсолютних значень та середньо-квадратичну похибку для ліній зв'язку:

$$\Delta_{\text{допЛЗ}} = \frac{K_{\text{ТЛЗ}} \text{ДВ}}{100} = \frac{0,4(16 - 0)}{100} = 0,064 \text{ м.};$$

$$\sigma_{\text{ЛЗ}} = \frac{\Delta_{\text{допЛЗ}}}{K_{H_{0,95}}} = \frac{0,064}{1,96} = 0,033 \text{ м.}$$

1.4. Отримаємо абсолютну границю допустимих абсолютних значень та середньо-квадратичну похибку для вторинного приладу «ФК0071»:

$$\Delta_{\text{допІТМ}} = \frac{K_{\text{ТІТМ}} \text{ДВ}}{100} = \frac{0,5(16 - 0)}{100} = 0,08 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$\sigma_{\text{ІТМ}} = \frac{\Delta_{\text{допІТМ}}}{K_{H_{0,95}}} = \frac{0,08}{1,96} = 0,041 \text{ м}^3/\text{год.}$$

1.5. Отримаємо абсолютну границю допустимих абсолютних значень для вимірювального каналу:

$$\sigma_{\text{ВК}} = \sqrt{\sigma_{\text{ДКС}}^2 + \sigma_{\text{Дм}}^2 + \sigma_{\text{ЛЗ}}^2 + \sigma_{\text{ПРП}}^2} =$$

$$= \sqrt{0,122^2 + 0,082^2 + 0,033^2 + 0,041^2} = 0,156 \text{ м}^3/\text{год.}$$

1.6. Отримаємо дельту абсолютних значень для вимірювального каналу:

$$\Delta_{\text{доп}_{\text{ВК}}} = \pm K_{\text{Н}_{0,95}} \sigma_{\text{ВК}} = \pm 1,96 \cdot 0,156 = \pm 0,306 \text{ м}^3/\text{год};$$

та границю допустимої похибки, зведену для вимірювального каналу:

$$\gamma_{\text{доп}_{\text{ВК}}} = \pm \frac{\Delta_{\text{доп}_{\text{ВК}}}}{\text{ДВ}} \cdot 100\% = \pm \frac{0,306}{(16 - 0)} \cdot 100\% = \pm 1,913\%$$

Як підсумок ми отримали проаналізований вимірювальний канал витрати який відповідає класу точності 2, та вимірюваної витрати, яка має наступне дійсне значення $Q_{\text{д}} = Q_{\text{вим}} \pm 0,306 \text{ м}^3/\text{год}$ з імовірністю $P_{\text{д}} = 0,95$.

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У ТЕПЛООБМІННИКУ

3.1. Моделювання статичного режиму роботи теплообмінника

Як об'єкт керування візьмемо теплообмінник. У данному процесі велику роль має саме кожухотрубний теплообмінник, тому що через його справну роботу та швидкодію буде залежати наступні етапи виробництва деасфальтизації. Керування ним здійснюється підтримка керованих технологічних параметрів на певному заданому рівні.

Даний теплообмінник – апарат, в якому відбувається нагрівання (підігрів). На вход до теплообмінника подається сировина та вода (пара), після підігрівання ми отримуємо розчин рафінований при введенні сировини, та розчин екстрактний при введенні фенолу.

Розрахунок схеми теплообмінника з вказівками до всіх технологічних параметрів наведено на рисунку 3.1.

На цій схемі позначені наступні *технологічні параметри*:

F_{Π} – витрата сировини, яка надходить до теплообмінника;

$t_{\Pi 1}, t_{\Pi 2}, C_{\Pi 1}, C_{\Pi 2}$ – температура та теплоємність сировини (вихідної речовини) на вході та виході з теплообмінника;

F_B, C_B – витрата та теплоємність водяної пари що нагріває сировину;

t_{B1} – температура пари на вході в теплообмінник;

t_{B2} – температура пари на виході із теплообмінника .

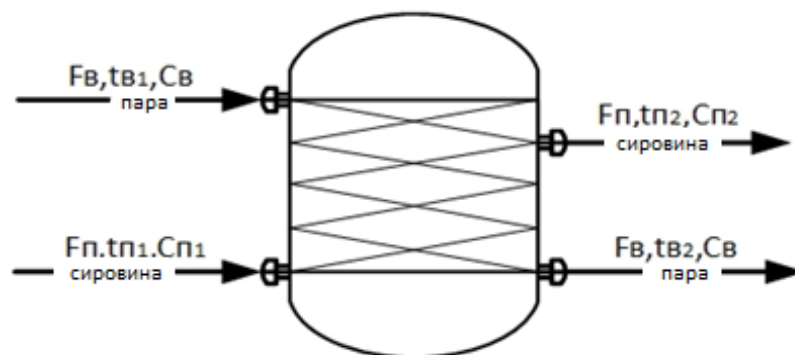


Рис. 3.1. – Розрахункова схема теплообмінника

При моделюванні для статичного режиму та динамічного режиму теплообмінника робимо наступні припущення:

1. Об'єкт для зосереджених параметрів;
2. Витрата вхідної сировини в теплообмінник не повинна змінюється в часі;
3. Теплоємність вхідної сировини і водяної пари зі зміною температури повинна залишається сталою;

Усі значення технологічних параметрів що використані при моделюванні теплообмінника занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Значення технологічних параметрів для теплообмінника

Назва	Позначення	Числове значення	Розмірність
Температура сировини на вході	$t_{п1}$	363	К
Температура сировини на виході	$t_{п2}$	418	К
Температура водяної пари на вході	$t_{в1}$	573	К
Витрата сировини	$F_{п}$	10,744	кг/с
Витрата пари	$F_{в}$	8	кг/с
Теплоємність сировини	$C_{п}$	4750	Дж/(кг*К)
Теплоємність водяної пари	$C_{в}$	2862	Дж/(кг*К)
Коефіцієнт теплопередачі колони (сталь 12Х18Н10Т)	α_3	158	$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{К}}$
Площа поверхні	S_3	565	м^2

Тепловий баланс для трубного простору:

$$Q_{\Pi} - Q_K - Q_{\text{ТОБВ}} = 0$$

Тепловий баланс для пари в міжтрубному просторі:

$$Q_{B31} + Q_{\text{ТОБВ}} - Q_{B32} - Q_{\text{НС3}} = 0$$

Вихідні дані:

$Q_{\Pi1} = F_{\Pi} \cdot t_{\Pi1} \cdot C_{\Pi1}$ – кількість тепла яка приноситься сировиною;

$Q_{\Pi2} = F_{\Pi} \cdot t_{\Pi2} \cdot C_{\Pi2}$ – кількість тепла яка виносить сировина;

$Q_{\text{ТОБВ}} = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{\Pi2} - t_{B2})$ – кількість тепла теплообміну яка відбирається парою в просторі міжтрубному. α_3 – коефіцієнт теплопередачі, S_3 – площа поверхні теплообмінника.

$Q_{B1} = F_B \cdot t_{B1} \cdot C_B$ – кількість тепла яка принесеного потоком пари у міжтрубний простір теплообмінника;

$Q_{B2} = F_B \cdot t_{B2} \cdot C_B$ – кількість тепла яка винесеного потоком пари з міжтрубного простору теплообмінника;

$Q_{\text{НС3}} = Q_{\text{ТОБ3}}$ – кількість тепла яке втрачається з міжтрубного простору теплообмінника в навколишнє середовище.

Запишемо систему, підставивши для рівняння кожному усі величини:

$$\begin{cases} F_{\Pi} \cdot t_{\Pi1} \cdot C_{\Pi1} - F_{\Pi} \cdot t_{\Pi2} \cdot C_{\Pi2} - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{\Pi2} - t_{B2}) = 0; \\ F_{B3} \cdot t_{B1} \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{\Pi2} - t_{B32}) - F_B \cdot t_{B2} \cdot C_B - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{\Pi2} - t_{B2}) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Виражаємо з рівняння (2) температуру t_{B2} :

$$t_{B2} = \frac{F_B \cdot t_{B1} \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{\Pi2}}{\alpha_3 \cdot S_3 + F_B \cdot C_B}$$

Підставляємо отриману температуру в (1):

$$F_{\Pi} \cdot t_{\Pi1} \cdot C_{\Pi1} - F_{\Pi} \cdot t_{\Pi2} \cdot C_{\Pi2} - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \left(t_{\Pi2} - \frac{F_B \cdot t_{B1} \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{\Pi2}}{\alpha_3 \cdot S_3 + F_B \cdot C_B} \right) = 0;$$

Виражаємо вихідну температуру, і отримуємо :

$$t_{п2} = \frac{F_{п} \cdot t_{п1} \cdot C_{п1} + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{F_B \cdot t_{B1} \cdot C_B}{S_3 + F_B \cdot C_B}}{F_{п} \cdot C_{п2} + \alpha_3 \cdot S_3 - \alpha_3 \cdot S_3 \frac{\alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_3 \cdot S_3 + F_B \cdot C_B}}.$$

Статичні характеристики для усіх каналів теплообмінника для робочого режиму при навантаженні, побудовані за допомогою програми (MathCAD), рис. 3.2. - 3.4.

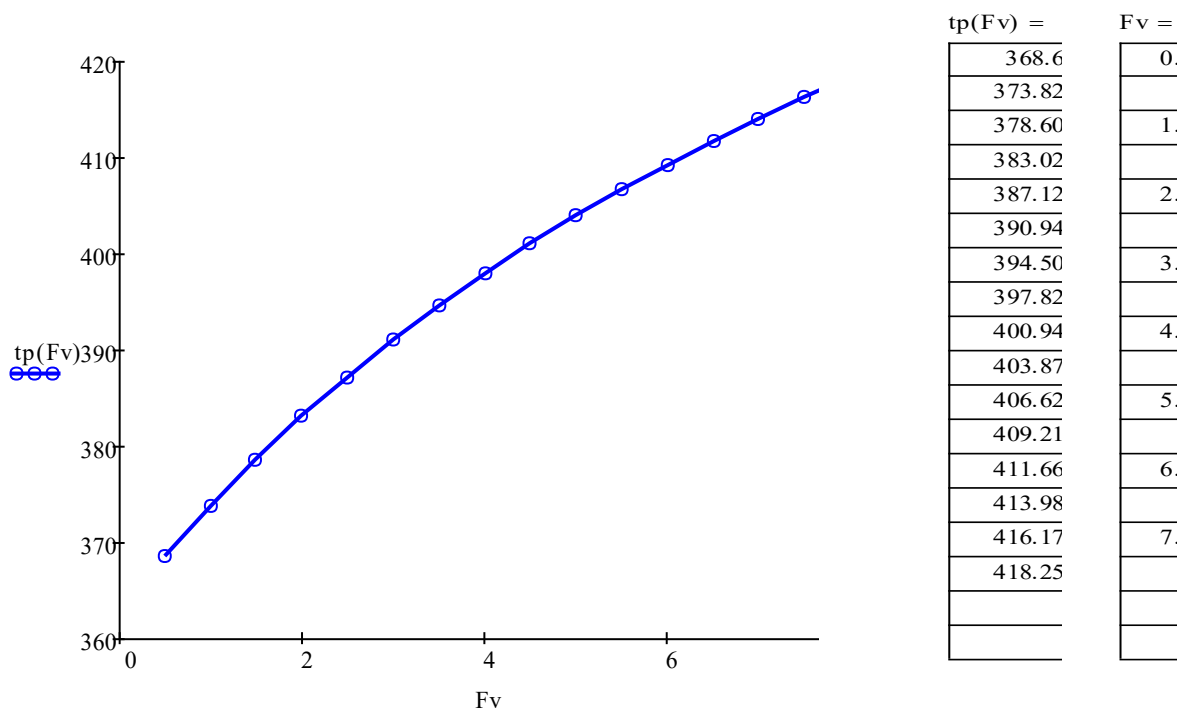


Рис. 3. 2 – Статична характеристика каналу $F_B \rightarrow t_{п}$

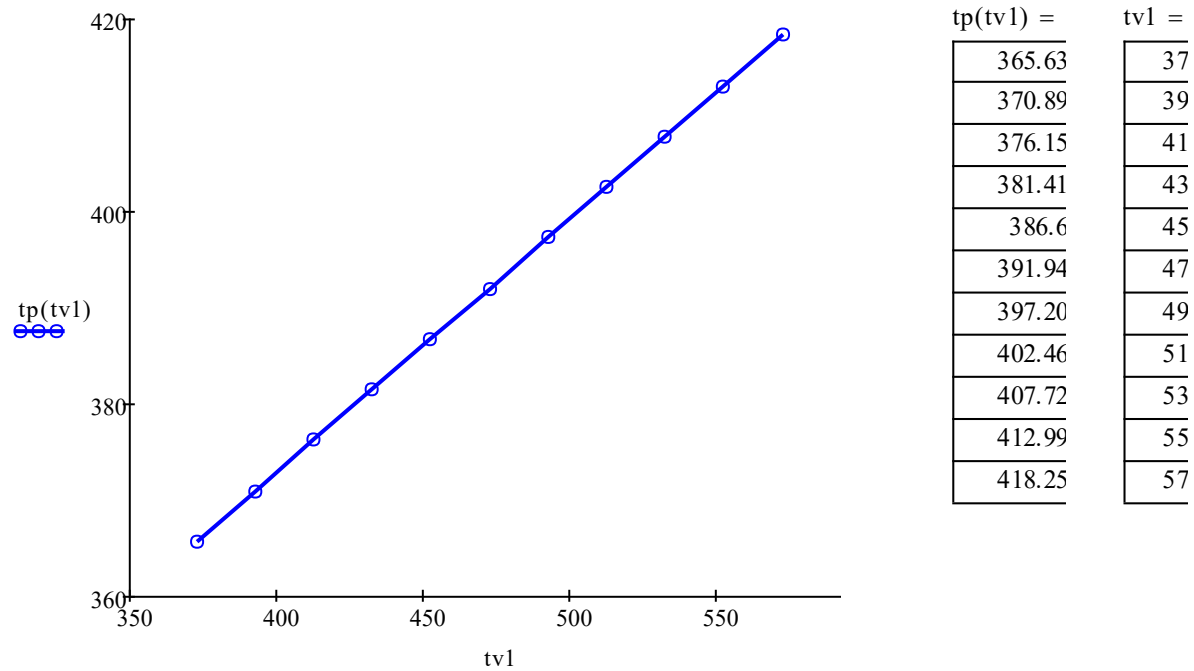


Рис. 3.3. – Статична характеристика каналу $t_{B1} \rightarrow t_{\Pi}$

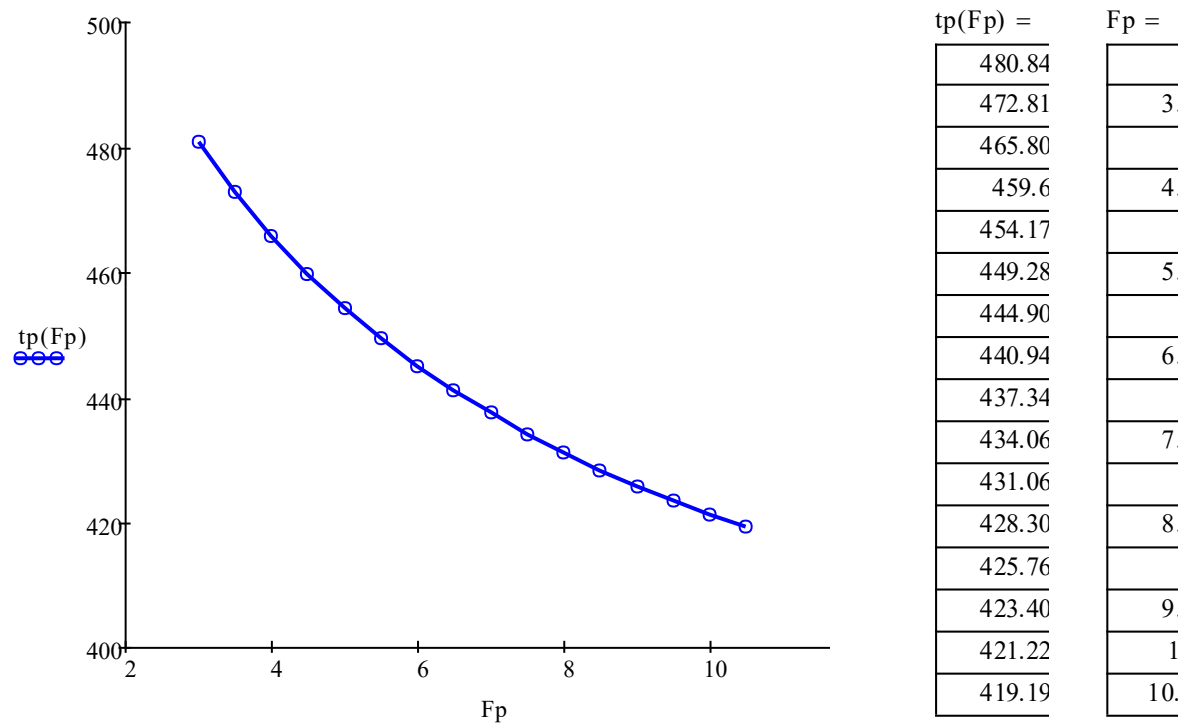


Рис. 3.4. – Статична характеристика каналу $F_{\Pi} \rightarrow t_{\Pi}$

3.2. Моделювання динамічного режиму теплообмінника

Канал керування обрано саме $F_B \rightarrow t_p$ тому, що саме від витрати пари залежить температура пировини на виході, також витратою пари більш яточні та якісні показники керування аніж керування температураю пари.

При моделюванні динамічного режиму крім наведених в таблицях 3.1.

– 3.3. використовуються також такі *додаткові технологічні параметри*:

Густина пари на вході в колону:

$$\rho_B = 7,85 \text{ кг/м}^3$$

Густина сировини на виході з колони:

$$\rho_{п2} = 1600 \text{ кг/м}^3$$

Об'єм сировини в трубному просторі колони:

$$V_{п} = 0,750 \text{ м}^3$$

Об'єм пари в міжтрубному просторі колони:

$$V_B = 0,5 \text{ м}^3$$

Рівняння динаміки для трубного простору:

$$F_{п1} \cdot t_{п1} \cdot C_{п1} - F_{п2} \cdot t_{п2} \cdot C_{п2} - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{п2} - t_{B2}) = C_K \cdot V_{п} \cdot \rho_{п2} \cdot \frac{dt_{п2}}{dt}$$

Аналіз розмірностей:

$$C_{п2} \cdot V_{п} \cdot \rho_{п2} \cdot \frac{dt_{п2}}{dt} = \left[\frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right] \cdot [\text{м}^3] \cdot \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{К}}{\text{с}} \right] = \left[\frac{\text{КДж}}{\text{с}} \right]$$

Як бачимо, розмірність лівої та правої частини рівняння співпадають.

Рівняння динаміки для міжтрубного простору:

$$F_B \cdot t_{B1} \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{п2} - t_{B2}) - F_B \cdot t_{B2} \cdot C_B = C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot \frac{dt_{B2}}{dt}$$

Аналіз розмірностей:

$$C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot \frac{dt_{B2}}{dt} = \left[\frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right] \cdot [\text{м}^3] \cdot \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{К}}{\text{с}} \right] = \left[\frac{\text{КДж}}{\text{с}} \right]$$

Як бачимо, розмірність лівої та правої частини рівняння співпадають.

Лінеаризація рівняння динаміки для трубного простору:

$$t_{п1} \cdot C_{п1} \cdot \Delta F_{П} - t_{п2} \cdot C_{п2} \cdot \Delta F_{П} - F_{П} \cdot C_{п2} \cdot \Delta t_{п2} - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (\Delta t_K - \Delta t_{B32}) = C_{П2} \cdot V_{П} \cdot$$

$$\frac{d\Delta t_{П2}}{dt}$$

Виконаємо перетворення за Лапласом:

$$C_{П2} \cdot V_{П} \cdot \rho_{П2} \cdot t_{п2}(p) + F_{П} \cdot C_{К} \cdot t_{п2}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) = t_{п1} \cdot C_{п1} \cdot F_{П}(p) - \\ t_{п2} \cdot C_{п2} \cdot F_{П}(p) + \\ + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{B2}(p)$$

(3.1.)

Лінеаризація рівняння динаміки для міжтрубного простору:

$$t_{B1} \cdot C_B \cdot \Delta F_B + F_B \cdot C_B \cdot \Delta t_{B1} + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (\Delta t_K - \Delta t_{B2}) - t_{B2} \cdot C_B \cdot \Delta F_B - \\ - F_B \cdot C_B \cdot \Delta t_{B2} = C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot \frac{d\Delta t_{B2}}{dt}$$

Виконаємо перетворення за Лапласом:

$$C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p \cdot t_{B2}(p) + F_B \cdot C_B \cdot t_{B2}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{B2}(p) = t_{B1} \cdot C_B \cdot F_B(p) + \\ + F_B \cdot C_B \cdot t_{B1}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) \quad (3.2.)$$

Виражаємо з рівняння (4.12) $t_{B2}(p)$:

$$\frac{t_{B1} \cdot C_B \cdot F_B(p) + F_B \cdot C_B \cdot t_{B1}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) - t_{B2}(p)}{t_{B2} \cdot C_B \cdot F_B(p)} = \frac{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}$$

Підставляємо $t_{B2}(p)$ в рівняння (3.11):

$$C_{П2} \cdot V_{П} \cdot \rho_{П2} \cdot p \cdot t_{п2}(p) + F_{П} \cdot C_{П2} \cdot t_{п2}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) = t_{п1} \cdot C_{п1} \cdot F_{П}(p) - t_{п2} \cdot C_{п2} \cdot F_{П}(p) \\ + \\ + \frac{t_{B1} \cdot C_B \cdot F_B(p) + F_B \cdot C_B \cdot t_{B1}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) - t_{B2} \cdot C_B \cdot F_B(p)}{\alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}}$$

Оскільки канал керування $F_B \rightarrow t_{п}$, то далі розглядаємо рівняння динаміки саме для цього каналу.

Спрощуємо попереднє рівняння:

$$C_{П2} \cdot V_{П} \cdot \rho_{П2} \cdot p \cdot t_{п2}(p) + F_{П} \cdot C_{П2} \cdot t_{п2}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) = \\ \frac{t_{B1} \cdot C_B \cdot F_B(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{п2}(p) - t_{B2} \cdot C_B \cdot F_B(p)}{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}$$

$$= \frac{C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p + F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3}{\alpha_3 \cdot S_3}.$$

Виконаємо перетворення:

$$\begin{aligned} & C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p^2 \cdot t_{\pi 2}(p) + C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot (F_B \cdot C_B + \\ & + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot p \cdot t_{\pi 2}(p) + (F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p \cdot t_{\pi 2}(p) + \\ & + (F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot t_{\pi 2}(p) = \\ & = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B1} \cdot C_B - t_{B2} \cdot C_B) \cdot F_B(p) + \alpha_3^2 \cdot S_3^2 \cdot t_{\pi 2}(p); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B \cdot p^2 \cdot t_{\pi 2}(p) + [C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) + \\ & + (F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B] \cdot p \cdot t_{\pi 2}(p) + [(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \\ & + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2] \cdot t_{\pi 2}(p) = \\ & = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B1} \cdot C_B - t_{B2} \cdot C_B) \cdot F_B(p). \end{aligned}$$

Зведемо до канонічної форми:

$$\begin{aligned} & \frac{C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot p^2 \cdot t_{\pi 2}(p) \\ & + \frac{C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) + (F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot p \cdot t_{\pi 2}(p) \\ & + \frac{\alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B1} \cdot C_B - t_{B2} \cdot C_B)}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot F_B(p); \\ t_{\pi 2}(p) = & \end{aligned}$$

Введемо позначення:

$$A_2 = \frac{C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

$$A1 = \frac{C_{\pi 2} \cdot V_{\pi} \cdot \rho_{\pi 2} \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) + (F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_B \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

$$K3 = \frac{\alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B1} \cdot C_B - t_{B2} \cdot C_B)}{(F_{\Pi} \cdot C_{\pi 2} + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_B \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3) - \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

Маємо рівняння:

$$A2 \cdot p^2 \cdot t_{\pi 2}(p) + A1 \cdot p \cdot t_{\pi 2}(p) + t_{\pi 2}(p) = K3 \cdot F_B(p);$$

Передатна функція каналу $F_B \rightarrow t_{\pi}$:

$$= \frac{W_{F_B \rightarrow t_{\pi}}(p)}{F_B(p)}$$

$$(p) = \frac{W_{F_B \rightarrow t_{\pi}}}{A2 \cdot p^2 + A1 \cdot p + 1} \cdot K3$$

Числові значення та розмірності:

$$A1 = 82,506$$

$$A2 = 8,243$$

$$K3 = 5,089$$

$$Wob(p) := \frac{K3}{A2 \cdot p^2 + A1 \cdot p + 1}$$

$$Wob(p) := \frac{5.089}{8.243 \cdot p^2 + 82.506 \cdot p + 1}$$

$$Hob(t) := \frac{Wob(p)}{p} \Bigg|_{\text{float}, 2}^{\text{invlaplace}, p} \rightarrow 0.0062 \cdot e^{-10.0 \cdot t} + -5.1 \cdot e^{-0.012 \cdot t} + 5.1$$

$$t := 0..1000$$

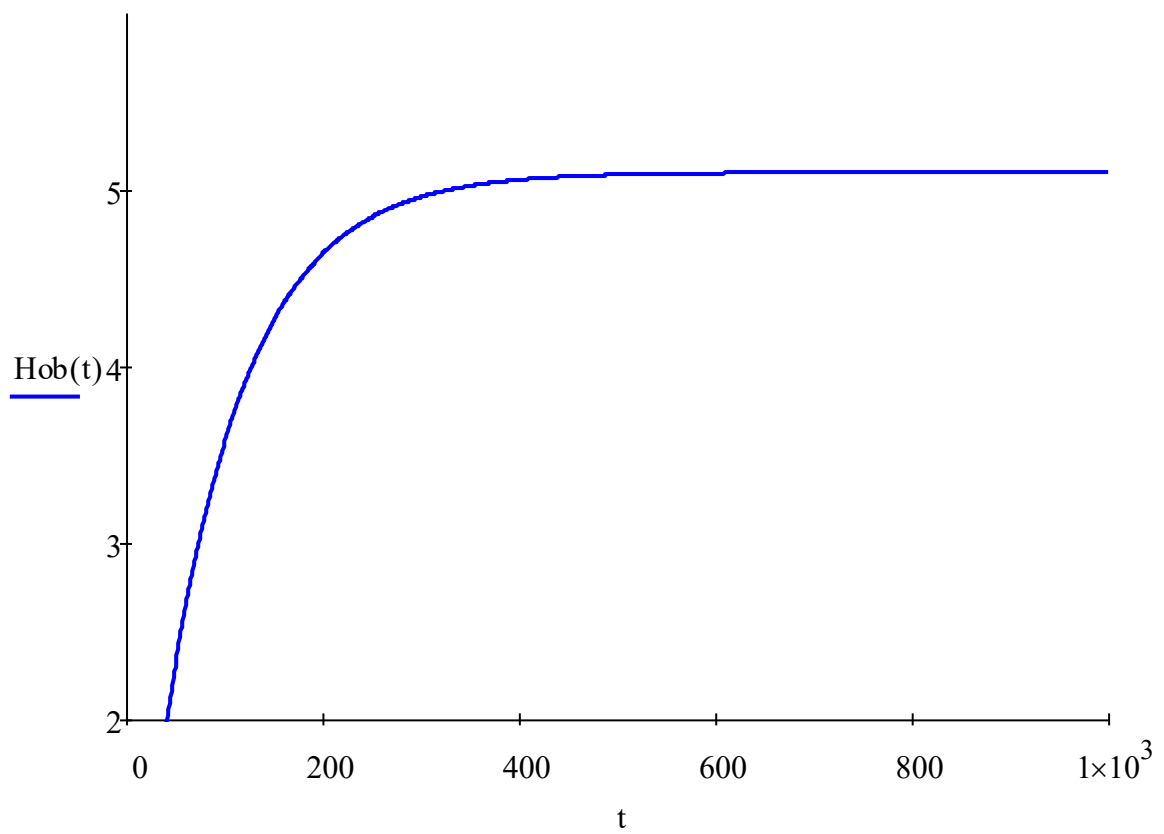


Рис. 3.5. Динамічна характеристика об'єкта керування

4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИКОМ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ

4.1. Структура системи керування

Структура схеми керування складається з фільтра (F), передавача (H), компенсатора (C) , математичної моделі об'єкта (G).

Компенсуючий сигнал діє так, що в разі збільшення витрати пари буде знижуватися температура нашої сировини. Це призводить до того, що збільшення температури сировини на вхід буде компенсоване зниженням вхідною температурою пари. Якщо при цій дії компенсатора не вдається стабілізувати нашу вихідну витрату, то в роботу вступає зміна нашого режиму роботи. Збільшення вхідної температури сировини призведе до збільшення вхідної витрати.

Система – це сукупність та зв'язок об'єктів або елементів, що взаємодіють між собою та зовнішнім середовищем і при цьому забезпечують виконання своїх функцій, які відрізняються від властивостей (призначення) окремих елементів для цієї сукупності.

Структура системи – взаємозв'язки, взаємне розташування для складових системи. Зазвичай поняття пов'язують з графічним відображенням. Залежить від зв'язків наших елементів між собою та розрізняють наступні структури: послідовні, зі зворотнім зв'язком, паралельні, змішані, сітьові, мережеві також ієрархічні. Найпростішою структурою є послідовна та паралельна[8].

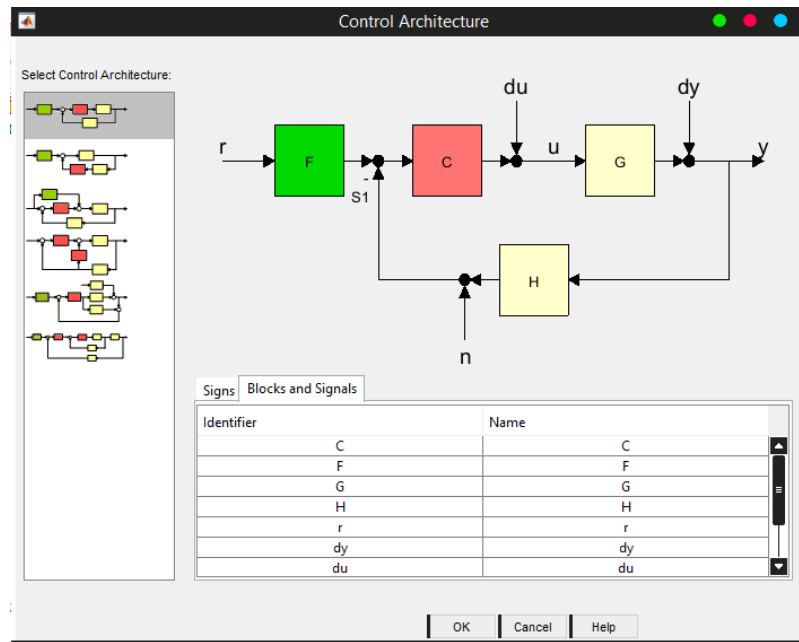


Рис. 4.1. Архітектура системи.

На рисунку присутні такі сигнали: r - сигнал нашого завдання , $S1$ - результат зі суматора , du - сигнал показуючий збурення , u - сигнал при керуванні для регулятора до пристрою виконавчого на нашому об'єкті керування , dy - сигнал який діє при виході зі об'єкту керування, y -сигнал виходу системи , n - сигнал для зворотнього зв'язку

4.2. Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола

Обмеження для коливності власного процесу в замкненій системі має сформулювати для вимоги, графік який показує амплітудно-фазову частотну характеристику для розімкненої системи $W(j\omega)$, регулятором не пересікає області які обмежені окружністю з такими координатами $(-x_m, 0)$ та даним радіусом r_m (М-колом), де

$$x_i = \frac{M^2}{M^2 - 1}; \quad r_i = \frac{M}{M^2 - 1}.$$

Отримуємо, що розрахунок нашої системи для обраних показників коливності полягають у визначенні наших параметрів для регулятора, які забезпечують старт (торкання) АФХ розімкненої системи наступним обраним М-колом [1].

Маючи опис для об'єкта яка має вигляд аперіодичної ланки 2-го порядку з передатною функцією $W(p) = \frac{5.089}{8.243 p^2 + 82.51 p + 1}$ налаштовуємо параметри для ПІ-регулятора. Для початку треба побудувати графік для параметрів налаштування ПІ – регулятора, для яких годограф АФХ буде мати одну точку дотику до М-кола.

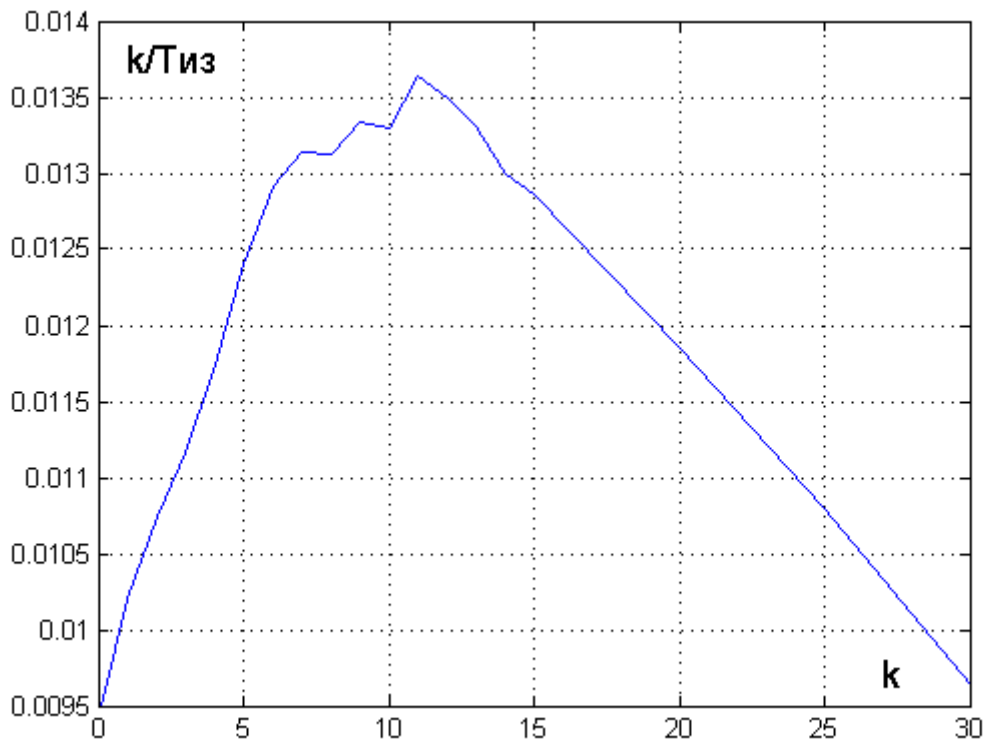


Рис. 4.2. Графік значень ПІ-регулятора

При оптимальних налаштунках будемо берати точку яка знаходиться правіше по відношенню до екстремуму. Параметри для ПІ – регулятора мають відповідати цій точці, та мати наступні значення:

$$k = 0.173, Ti = 13.$$

Побудуємо М-коло параметрами ПІ – регулятора та отримаємо наступний графік:

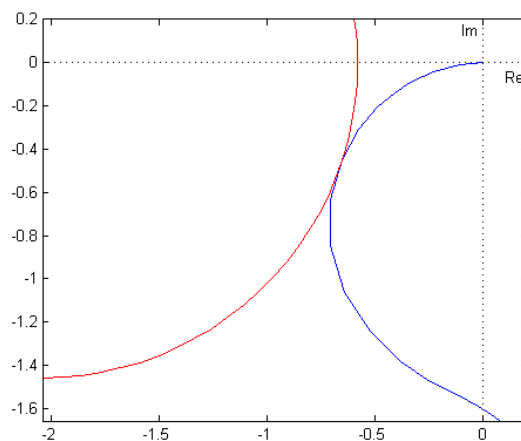


Рис. 4.3. Налаштування ПІ – регулятора методом М – кола

Отримаємо функцію передатну для замкненої системи та розімкненої за наступною формулою:

$$W_3(s) = \frac{W_{\text{роз}}(s)}{1 + W_{\text{роз}}(s)}$$

Побудуємо перехідну характеристику для замкнутої системи та каналу керування теплообмінником, налаштовано методом М – кола.

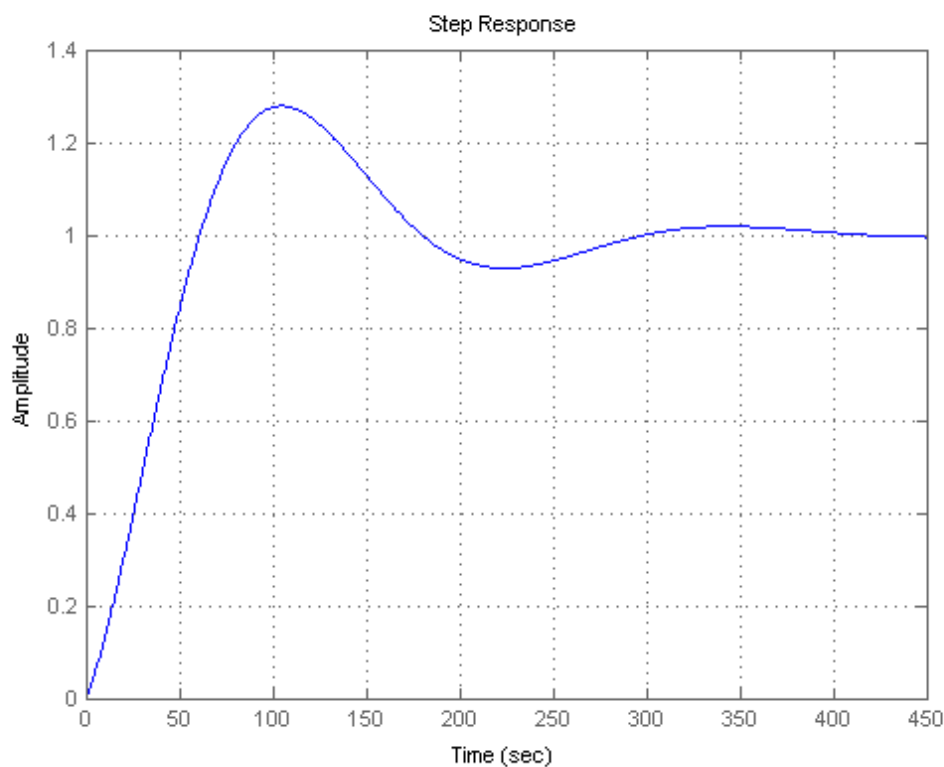


Рис. 4.4. Перехідна характеристика замкненої системи для каналу керування з використанням ПІ-регулятором, налаштований методом М-кола

4.3. Синтез системи керування у середовищі SISOTool

Інтерактивне середовище SISOTool використовується для вирішення завдання для синтезу для коригуючого пристрою або регулятора та попередньої фільтрації (пристрою прямого зв'язку). Цей засіб слугує для виборів видів та параметрів для керуючого пристрою, виходячи з вимог які пред'являються к якості роботи для проектованої системи управління в перехідному та усталеному режиму у процесах. При синтезі передбачено, що отримані (отже відомі) математичні моделі даних елементів для незмінної частини у проектованої системи обрано допустимий закон для управління, що визначає структурну схему[1].

Задаємо передатну функцію для об'єкта керування і задаємо інтерактивне середовище для налаштування регулятора «SISOTool»:

```
>> num=[5.089];
>> den=[82.506 8.243 1];
>> Wp=tf(num,den);
Wp =
    5.089
-----
82.5p^2 + 8.2 p + 1
Continuous-time transfer function.
>> sisotool(Wp);
```

Перед нами з'являється вікно редактора яка містить архітектуру системи та закладки, які відкривають різні налаштування, обираємо архітектуру для системи:

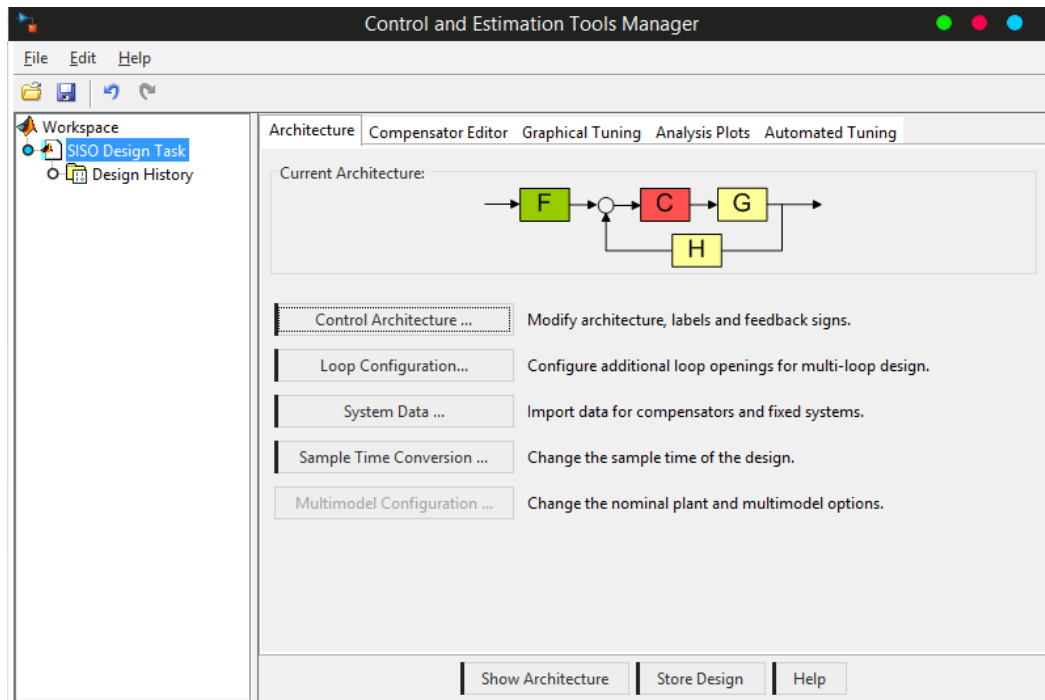


Рис. 4.5. Вікно редактора.

Задаємо значення, потрібні для налаштування, підбір налаштування для П регулятора, тип, критерій для налаштування.

Design Configuration P

C:

Таблиця 4.1. – Значення для компенсатора

Параметр Значення

Gain	0.317254380770548
Zeros	[]
Poles	[]

F:

Таблиця 4.2. – Значення для фільтру

Параметр Значення

Gain	1
Zeros	[]
Poles	[]

Fixed Elements

G:

Таблиця 4.3. – Значення для математичної моделі об'єкта

Параметр	Значення
Gain	0.617372315904404
Zeros	[]
Poles	[-9.9970849011903;-0.0121350430047769]

H:

Таблиця 4.4. – Значення для передавача, який вимірює вихідне значення

Параметр	Значення
Gain	1
Zeros	[]
Poles	[]

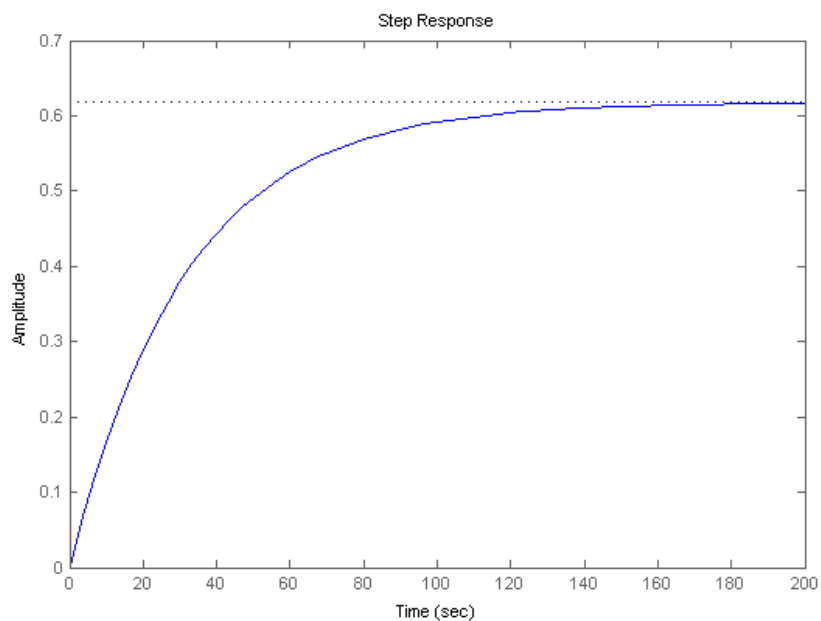


Рис. 4.6. П-регулятор, реакція для системи налаштованої на ступінчатий сигнал.

Задаємо необхідні налаштування, підбір налаштувань для ПІ регулятора, тип, критерій для налаштування.

Design Configuration PI

C:

Таблиця 4.5. – Значення для компенсатора

Параметр	Значення
Gain	0.117905175176584
Zeros	-0.0384235682764382
Poles	[]

F:

Таблиця 4.6. – Значення для фільтру

Параметр	Значення
Gain	1
Zeros	[]
Poles	[]

Fixed Elements

G:

Таблиця 4.7. – Значення для математичної моделі об'єкта

Параметр	Значення
Gain	0.617372315904404
Zeros	[]
Poles	[-9.9970849011903; -0.0121350430047769]

H:

Таблиця 4.8. – Значення для передавача, що вимірює вихідну величину

Параметр	Значення
Gain	1
Zeros	[]
Poles	[]

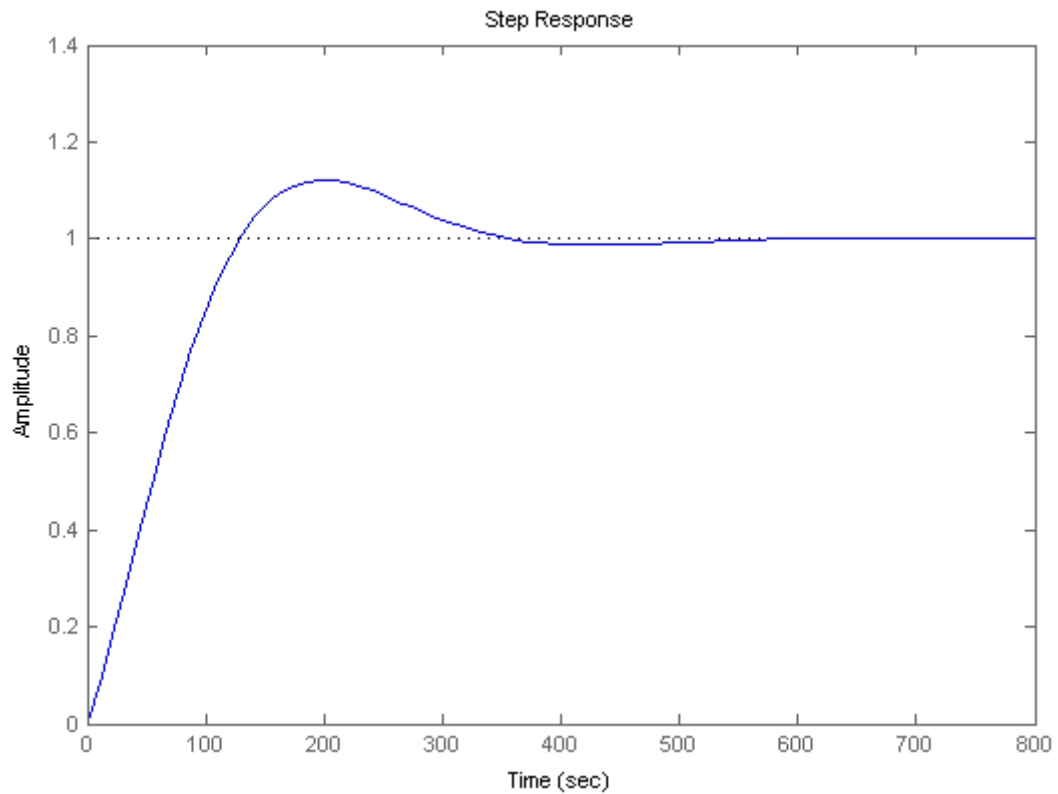


Рис. 4.7. ПІ-регулятор, реакція для налаштованої системи на ступінчатий сигнал.

Задаємо потрібні нам налаштування для його підбору, настройки для ПІД регулятора, тип, критерій для налаштування.

Design Configuration PID

C:

Таблиця 4.9. – Значення для компенсатора

Параметр Значення

Gain	0.117905175176584
Zeros	-0.0384235682764382
Poles	[]

F:

Таблиця 4.10. – Значення для фільтру

Параметр Значення

Gain	1
Zeros	[]

Poles []

Fixed Elements

G:

Таблиця 4.11. – Значення для математичної модель об'єкта

Параметр Значення

Gain 0.617372315904404

Zeros []

Poles [-9.9970849011903;-0.0121350430047769]

H:

Таблиця 4.12. – Значення для передавача, що вимірює вихідну величину

Параметр Значення

Gain 1

Zeros []

Poles []

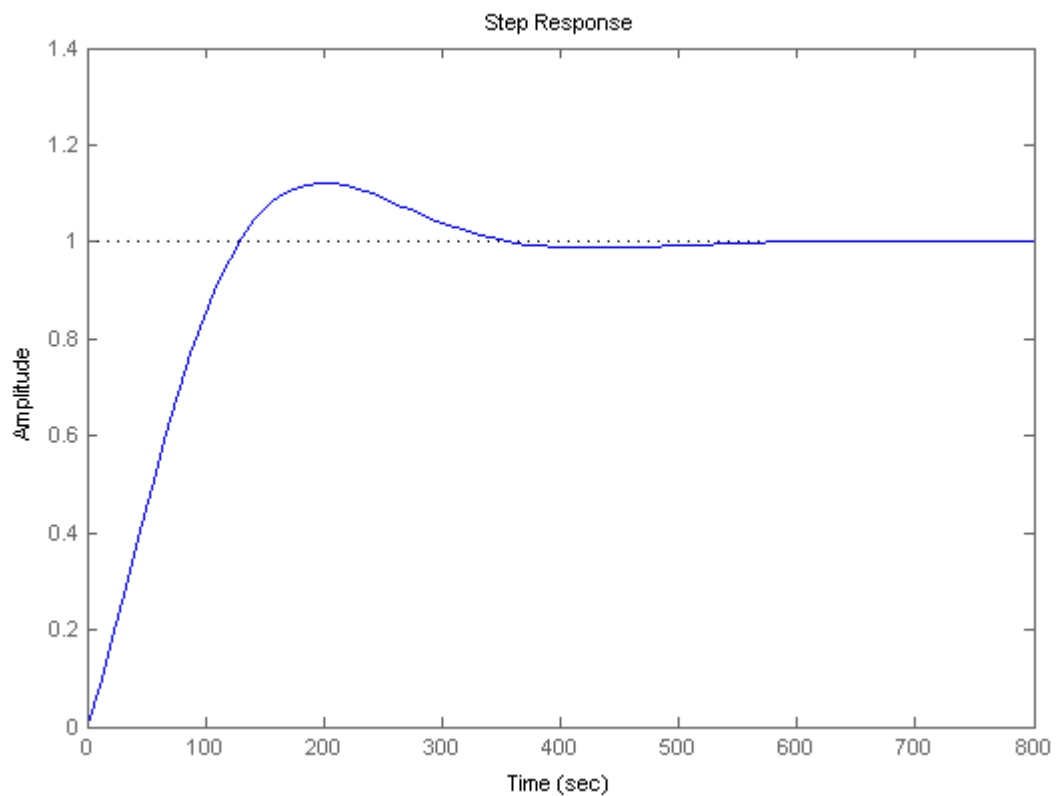


Рис. 4.8. ПД регулятор, реакція налаштованої системи для ступінчатого сигналу.

Із графіків можна зазначити, що пропорційна складова отримує сигнал, протидіє відхиленню для регульованої величини для данного моменту часу. Інтегральна складова системи накопичує результуючі показники (значення), усуває, недолік для П-регулятора – наявність значної статичної помилки. ПД-регулятор має Д-складову, яка прогнозує можливе відхилення від завдання та стежить за швидкістю данного відхилення. Алгоритм присвоїв Д складової значення 0, тому значної різниці для ПІ та ПД регуляторів відсутня.

4.4. Моделювання системи керування у середовищі Simulink

Система Simulink виступає складовою частиною для системи Matlab та використовується для структурно-графічного моделювання для різних динамічних об'єктів, наприклад безперервних та дискретних. Об'єкт моделювання має вигляд сукупності готових та закінчених елементів (блоків), між котрими встановлюється зв'язок за типом "вхід-вихід". Для побудови моделі зв'язки зображують стрілками.

Схема яка зображає систему керування для ПД-регулятора:

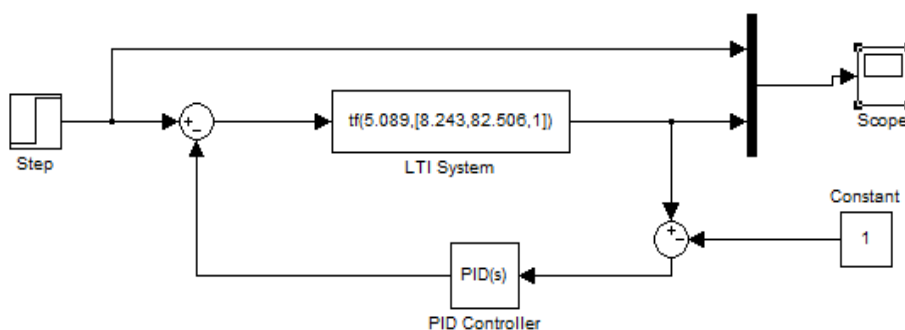


Рис. 4.9. Схема системи керування для ПД-регулятора.

Нижче приведені графіки для П, ПІ та ПІД-регуляторів Рис.4.10. , Рис.4.11. та Рис.4.12. для порівняння.

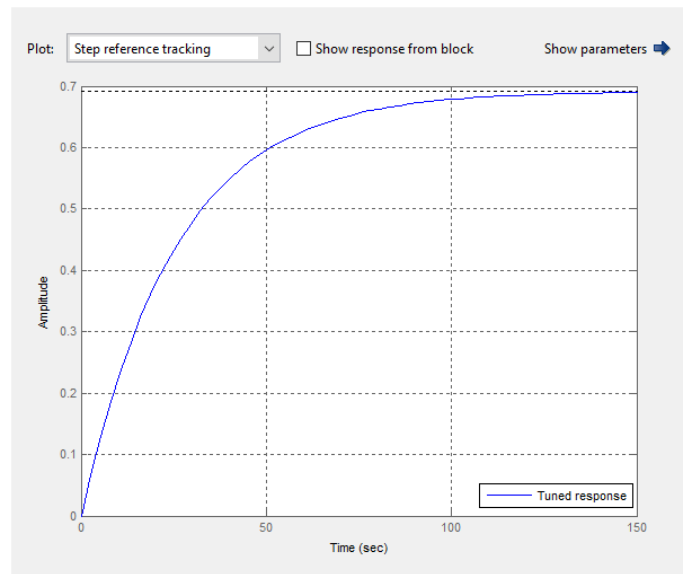


Рис. 4.10. Перехідна характеристика замкненої системи для П-регулятора.

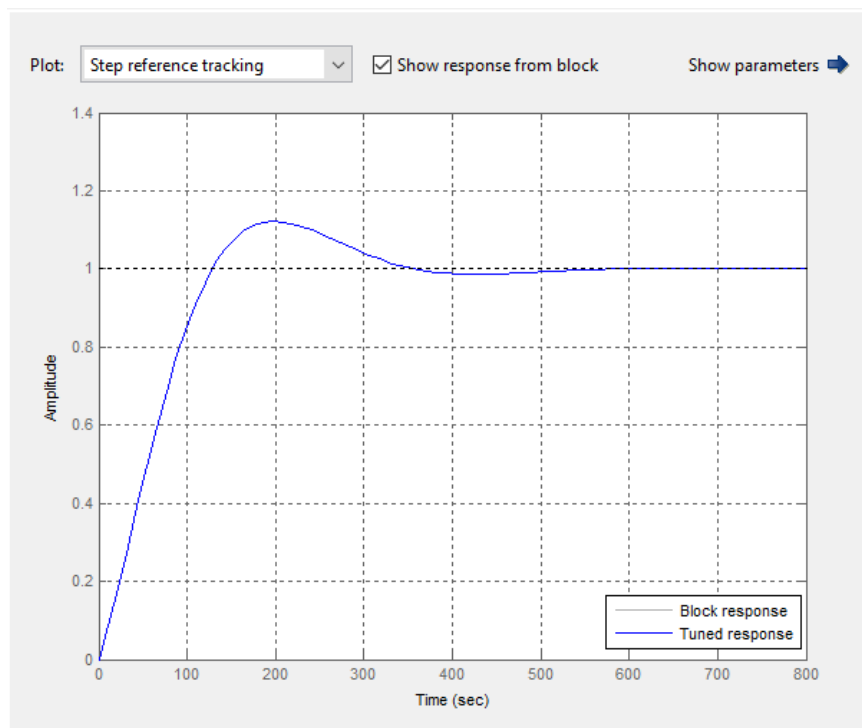


Рис. 4.11. Перехідна характеристика замкненої системи для ПІ-регулятора.

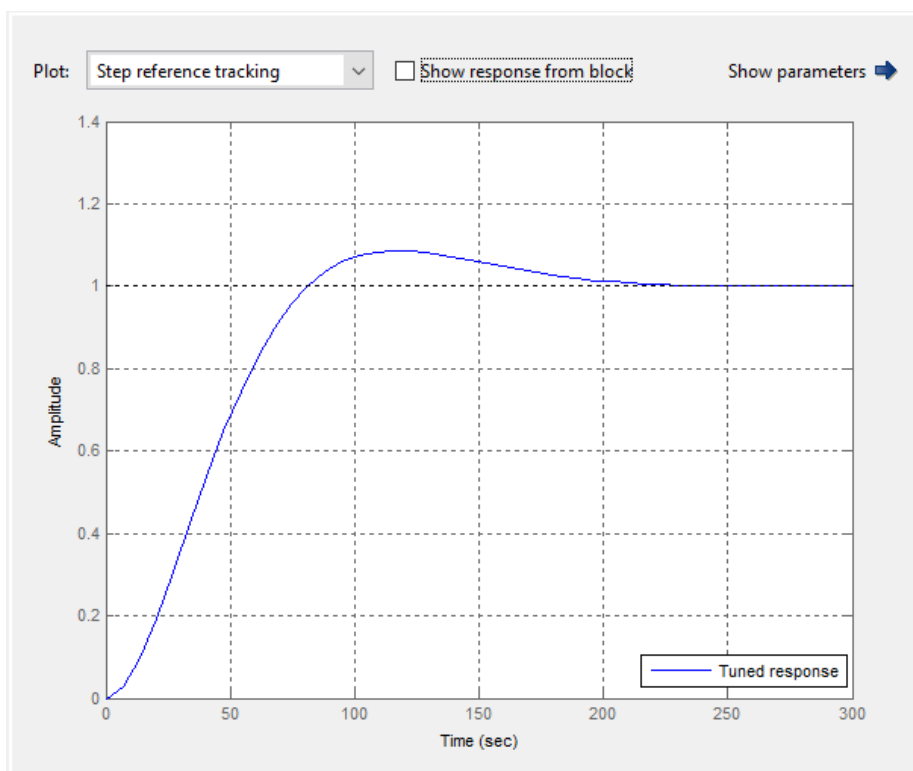


Рис. 4.12. Перехідна характеристика замкненої системи для ПД-регулятора.

Налаштування для П-регулятора є невдалим, ажде графік функції не вийшов на кінематичну пряму. Найбільшу швидкодію показав налаштування ПД-регулятора, завдяки диференціальній складовій, котра пропорційна для темпу зміни від відхилення регульованої величини та призначена для протидії відхилень, цільового значення, котрі прогнозуються в майбутньому. Відхилення мають бути викликані при зовнішньому збуренні або запізненням впливу на регулятор системи.

4.5. Висновки по розділу 4

У розділі 4 отримали проведення дослідження для ефективності роботи системи для керування теплообмінником з П, ПІ та ПД-регулятором. Було проведено налаштування для регуляторів за допомогою наступних трьох методів: М-кола, за допомогою інтерактивного середовища SISOTool також Simulink.

Аналіз отриманих результатів показав, що налаштунок регуляторів отримані за допомогою середовища Simulink показали кращі показники для часу виходу на усталений режим та перерегулювання, значення для статичної похибки. Нижче приведено графік для перехідного процесу системи налаштованого ПІД-регулятором та зазначені його отримані параметри, показники якості його роботи.

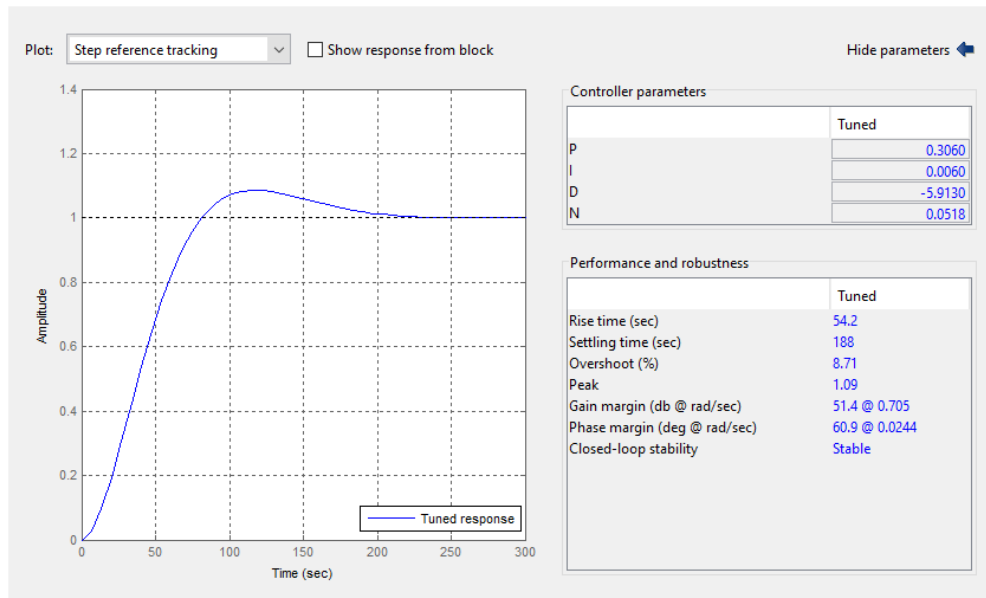


Рис. 4.13. Перехідна характеристика замкненої системи для ПІД-регулятора.

5. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ

Теплообмінник має дуже великий вплив на процес. Цей контур впливає на якість та кількість кінцевого продукту, тому ця схема була обрана для розрахунку надійності.

Розглянемо контур автоматичного контролю сировини в трубопроводі та його надійність:

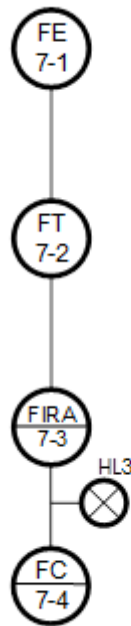


Рис.5.1 контур автоматичного контролю сировини

Логічна структурна схема для надійності системи:

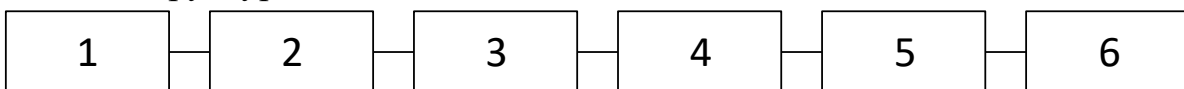


Рис.5.2 структурна схема надійності системи

Таб. 5.1. значення інтенсивності для відми елементів данної схеми:

Назва елемента	Поз. на схемі автоматизації	Тип моделі	Поз. на логічній схемі надійності	Інтенсивність відмов $\lambda \times 10^{-6}$, год ⁻¹
Діафрагма камерна	7-1	ДКС2,5-100	1	25
Перетворювач перепаду тиску	7-2	Сапфір 2ДД 2450	2	230

Кабель, 20 м	-	-	3	14
Вторинний по- увальний прилад	7-3	ДИСК-250	4	50
ПД-регулятор	7-4	МІК-21	5	10
Лапочка сиг- на	HL6	ЛС 47-1	6	40

Формули та графіки імовірності для безвідмовної роботи системи:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^4 e^{-t \cdot \lambda_i} = e^{-t \cdot \lambda_c}$$

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^4 \lambda_i = 3.69 \cdot 10^{-4}$$

$$P_c(t) = e^{-3.69 \cdot 10^{-4} \cdot t}$$

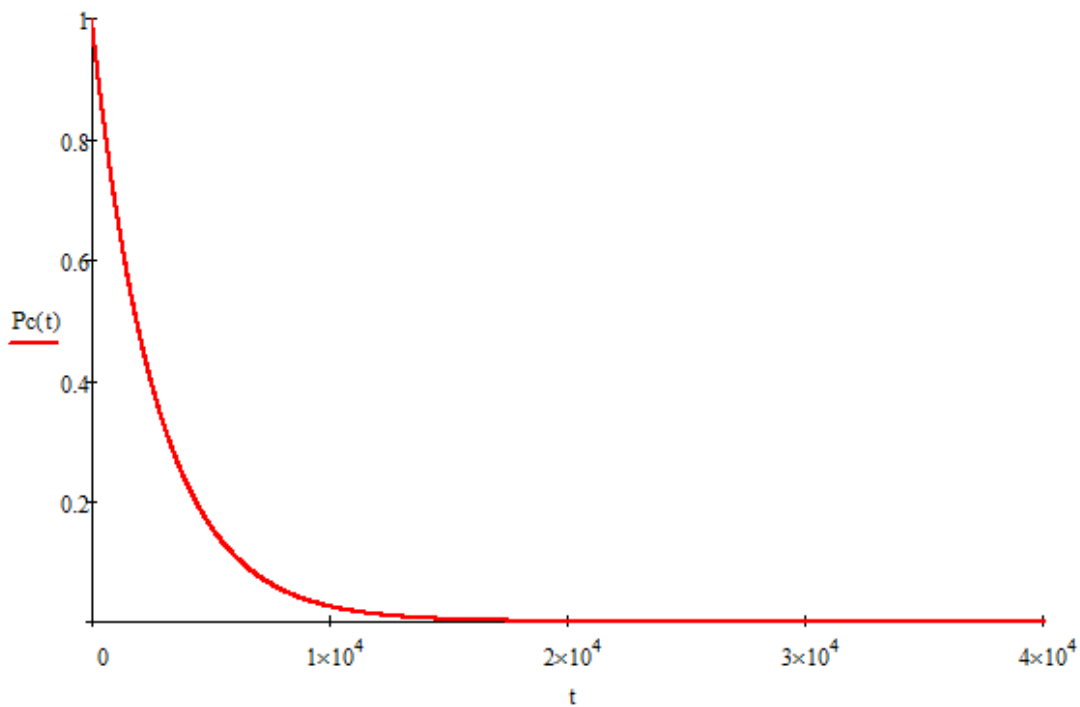


Рис.5.3 Імовірність безвідмовної роботи системи

Для підвищення надійності системи, поліпшення програмного забезпечення та інформаційного забезпечення системи. Для цього ми розширимо базу даних,

збільшуючи кількість необхідних параметрів та їх паспорти (вимірюється та розраховується).

З цією метою ми додамо додатковий канал до інформаційного джерела у вихідному фрагменті схеми автоматизації:

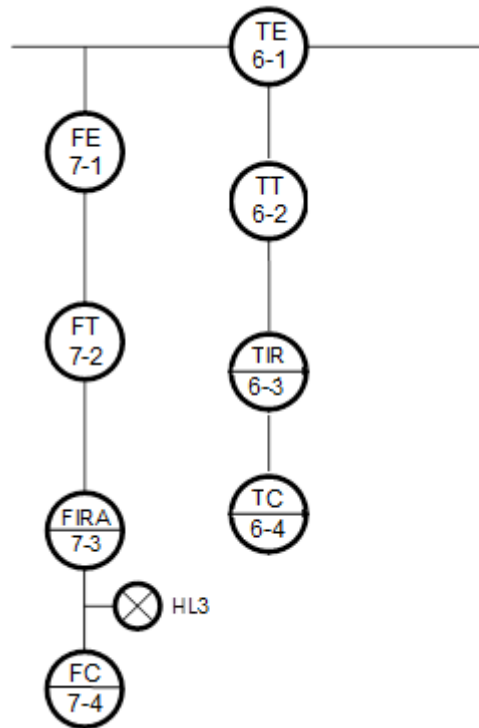


Рис.5.4 контур автоматичного з додатковим каналом

В результаті отримаємо наступні дані:

Таб. 5.1. значення елементів схеми:

Шифр		T1	F1
№ каналу зв'язку		1	2
Інтервал дискретизації		-	-
Значення параметрів	min	~ 130 °C	8 м³/с
	max	150 °C	11 м³/с
Перерахування величин за залежностями	лінійною	$y=k \cdot x+b$	$y=k \cdot x+b$
	нелінійною	-	$Q=k \cdot \sqrt{\Delta p}$

База даних нашої системи містить чотири паспорта параметрів – 2 вимірних (температури і об'ємної витрати) і 2 розрахункових (густини і масової витрати). Вони дозволяють нам визначати та контролювати значення витрати в трубопроводі двома способами: за допомогою загальновідомих теоретичних залежностей між масовою і

об'ємною витратою, густиною і температурою, а також між масовою витратою і перепадом тиску.

Це значно покращує надійність системи, оскільки:

- 1) ми можемо порівнювати отримані значення для запобігання помилки вимірювань при виході з ладу однієї з складових системи;
- 2) продовжити контроль параметру за допомогою одного з каналів, при відмові другого, через вихід з ладу його елементів.

Розглянемо контур контролю температури карбамату амонію в трубопроводі:

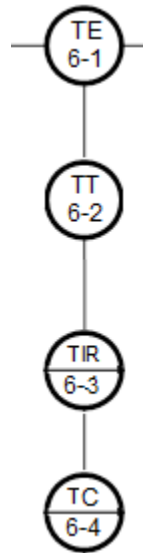


Рис.5.5 контур автоматичного контролю температури

Логічна структурна схема надійності системи:

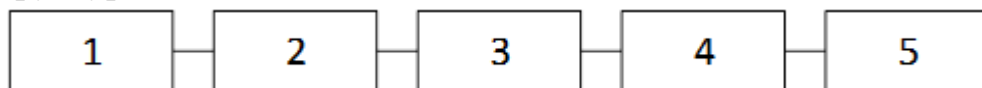


Рис.5.6 структурна схема надійності системи

1 - Термоперетворювач опору, 2 – Кабель, 3 - Перетворювач опору, 4 - Автоматичний показувальний та реєструвальний прилад, 5 - Регулятор температури

Таблиця значень інтенсивності відмов елементів схеми:

Таб. 5.3. значення інтенсивності відмов елементів схеми

Назва елемента	Поз. на схемі автоматизації	Тип Моделі	Поз. на ічній схемі адійності	Інтенсивність відмов $\lambda \times 10^{-6}, \text{ год}^{-1}$
Термоперетворювач опору	6-1	ТСМУ-0289	1	20
Кабель, 20 м	-	-	2	14
Перетворювач опору	6-2	13ДД11	3	320
Автоматичний позувальний та реєст-рувальний прилад	6-3	ПТРВ-1	4	0,4
Регулятор температури	6-4	РРВ-1	5	0,7143

Формула та графік для імовірності при безвідмовній роботі системи:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^{45} e^{-t \cdot \lambda_i} = e^{-t \cdot \lambda_c}$$

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^5 \lambda_i = 3,94 \cdot 10^{-4}$$

$$P_c(t) = e^{-3,94 \cdot 10^{-4} \cdot t}$$

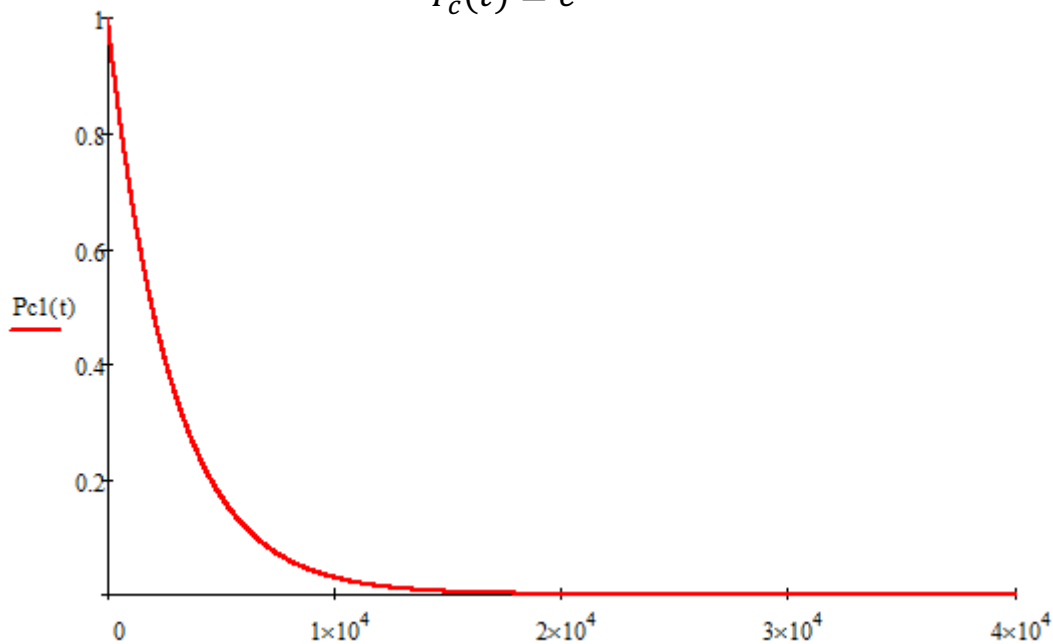


Рис.5.7 Імовірність безвідмовної роботи системи

Для підвищення надійності роботи нашої системи для даного випадку будемо застосовувати вдосконалення для технічного забезпечення нашої системи.

Розглянемо технічні засоби для автоматизації нашої системи та виходячи з даного аналізу надійності, запропоновано можливі варіанти для структурного резервування нашої системи.

При вимірюванні данної температури для трубопроводу найбільш доцільним є резервування для датчика температури. При його виході з ладу, відмові, подальше функціонування данної системи буде недоцільним.

Встановлення датчиків для температури яка знаходиться у реакційній зоні (на виході дистиляційної колонни та нижній та верхній частинах для корпусу колонни) підвищить якість для діагностування дозволить нам контролювати стан для данного процесу в цілому та допомагає аналізувати температуру для поля у реакційній зоні. При виході з ладу система буде залишатися стійкою тому ми можемо відслідкувати наступний стан процесу[7].

Все це значно підвищує надійність системи контролю, точність та якість вимірювань.

Для реалізації структурного резервування було встановлено додаткові датчики для температури на вихід трубопроводу у дистиляційної колонни та у верхній та нижній частинах данного корпусу.

Логічна структурна схема, яка показує надійність данної модифікованої системи:

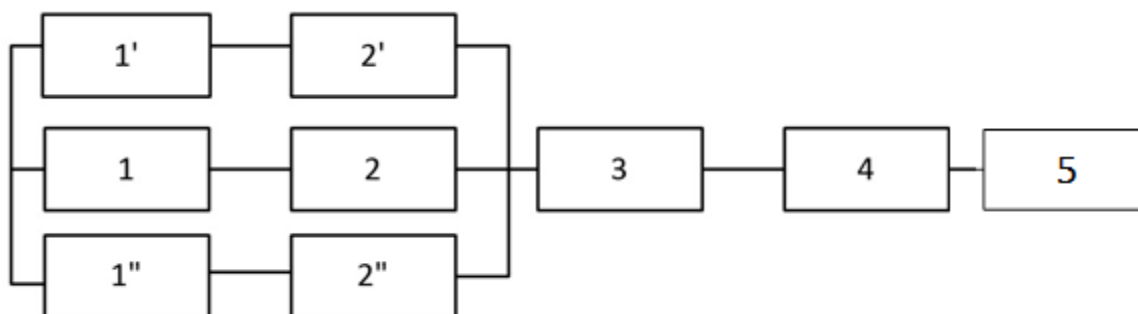


Рис.5.8 структурна схема надійності модифікованої системи

1 – Термоперетворювач для опору, 2 – Кабель, 3 – Перетворювач для опору, 4 – Автоматичний показувальний, реєструвальний прилад, 5 – Регулятор для температури, 1' та 2' - резервні елементи відповідно.

Формула, графік імовірності для безвідмовної роботи данної модифікованої системи:

$$P_c(t) = \left(1 - (1 - P_1(t) \cdot P_2(t))^3\right) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t)$$

$$P_c(t) = 3 \cdot e^{-3,544 \cdot 10^{-4} \cdot t} - 3 \cdot e^{-3,884 \cdot 10^{-4} \cdot t} + e^{-4,224 \cdot 10^{-4} \cdot t}$$

Імовірність безвідмовної роботи для модифікованої системи :

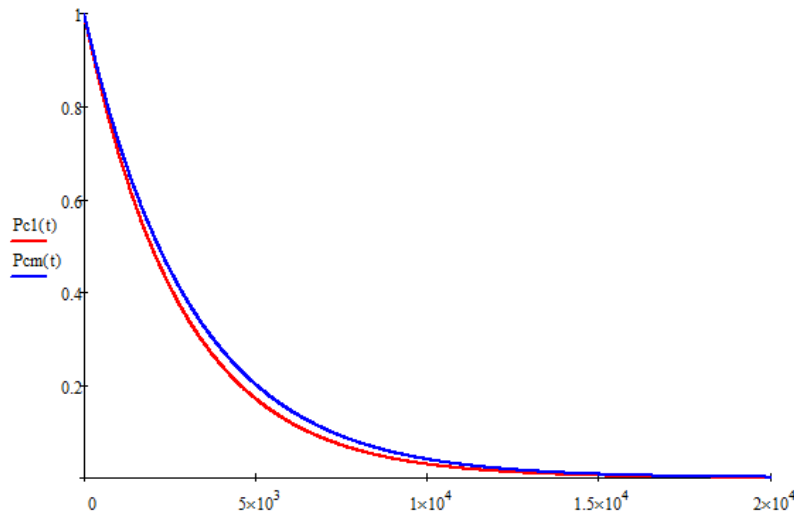


Рис.5.9 Імовірність безвідмовної роботи резервованої та нерезервованої систем
Середній час безвідмовної роботи резервованої та нерезервованої систем:

$$\int_0^{2 \cdot 10^4} P_{cm}(t) dt = 3.104 \times 10^3$$

$$\int_0^{2 \cdot 10^4} P_{c1}(t) dt = 2.819 \times 10^3$$

Висновки до розділу 5:

1) імовірність безвідмовної роботи для резервованої системи буде завжди більша, ніж імовірність безвідмовної роботи для нерезервованої системи, причому вище кратність резервування більшою є $P_c(t)$; залежність $P_c(\lambda_0 t)$ для $\lambda_0 t$ наближаються у експоненті і функції імовірності безвідмовної роботи для нерезервованої системи;

2) середній час для безвідмовної роботи системи для збільшення кратності резервування буде зростати дуже повільно;

3) ефективність для резервування буде полягати в тому, що воно поліпшує характеристики для надійності в області малих значень $\lambda_0 t$.

4) існує низка методів для покращення діагностування і для поліпшення надійності для системи. Комбінування дозволяє покращити наші характеристики системи за порівнянням до невеликого підвищення її вартості.

6. СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

6.1. Обґрунтування для створення нечіткої системи керування, визначення її структури

Оскільки процес деасфолізації нафтового дистилляту, а саме вибір з суміші компонентів, є досить складним з точки зору математичного опису розглянутої системи, тому доцільно використовувати експертні системи для здійснення управління цим процесом. Як експертну систему ми вибираємо нечіткі системи управління.

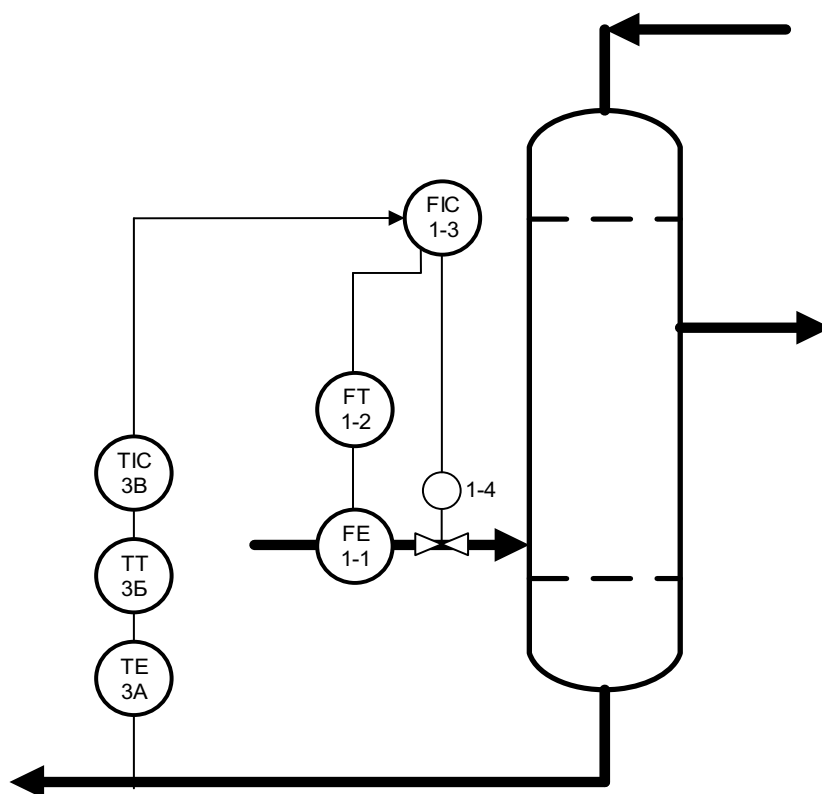


Рисунок 6.1. Фрагмент схеми автоматизації

6.2. Вибір та опис лінгвістичних змінних

Виходячи з достовірних експертних даних, ми можемо розглянути початкову лінгвістичну змінну температуру суміші як основний параметр якісної поведінки процесу.

В якості вхідних лінгвістичних змінних, споживання пари на вході в теплообмінник приймається, оскільки ці параметри мають вирішальний вплив на непрохідність процесу. Опишемо ці змінні:

- Температура суміші (T_C);
- Витрата пари (F_{B1}).

Опишемо терми та їх функції належності відповідних лінгвістичних змінних.

Універсум для лінгвістичної змінної T_C : 295-305K;

Терми лінгвістичної змінної T_C можна подати так:

- «Дуже низька».
- «Низька».
- «Нормальна».
- «Висока».
- «Дуже висока».



Рис. 6.2.1 – Графіки функцій належності лінгвістичної змінної T_C

Універсум для лінгвістичної змінної F_{B1} : 610-660 м³/год ;

Терми лінгвістичної змінної F_{B1} можна подати так:

- «Дуже низька».
- «Низька».
- «Оптимальна».

- «Висока».

- «Дуже висока».

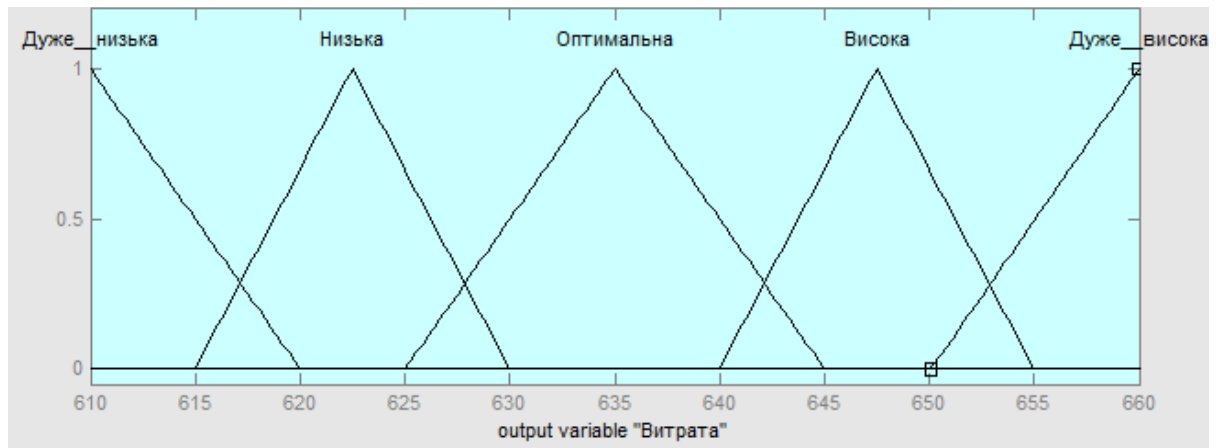


Рис. 6.2.2 – Графіки функцій належності лінгвістичної змінної F_{B1}

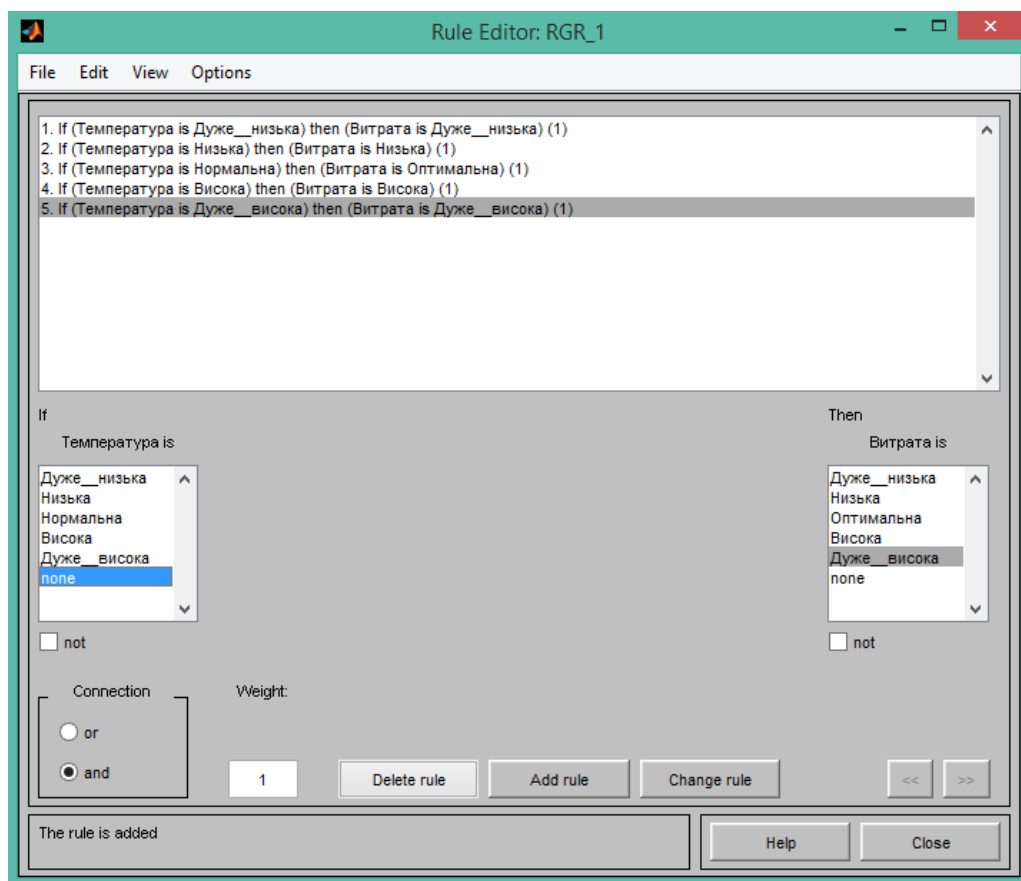


Рис. 6.2.3 – Вікно редактора правил продукції після їх визначення у середовищі *Matlab*

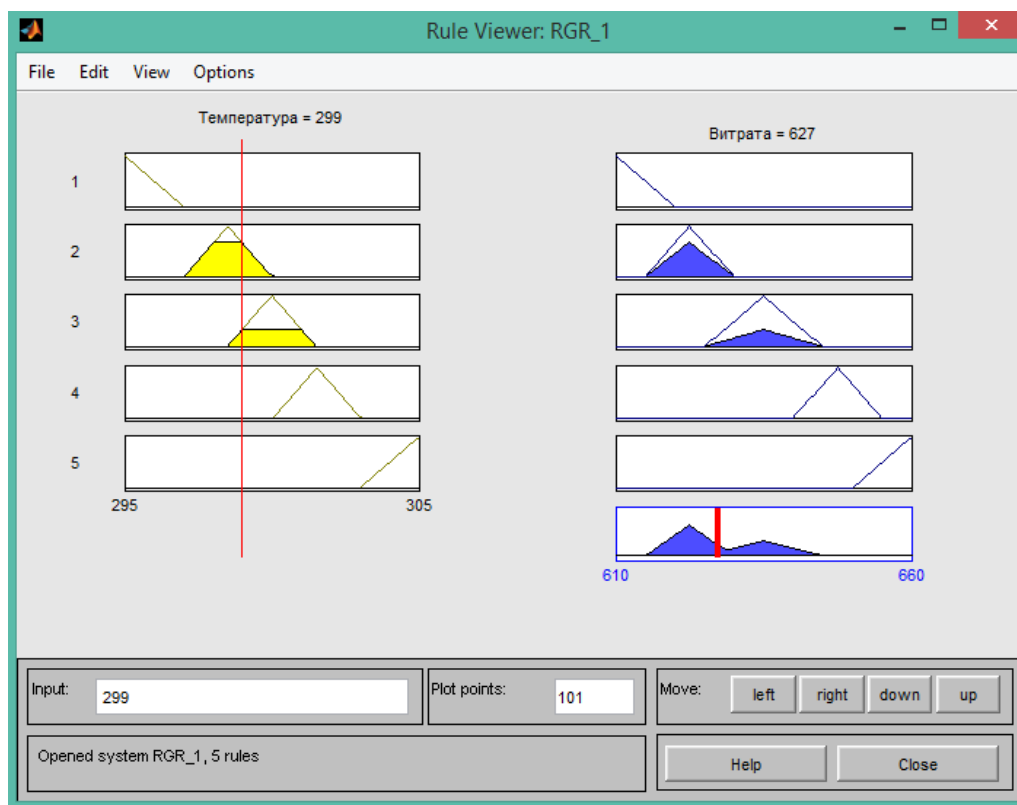


Рис. 6.2.4 – Вікно перегляду результату використання правил продукції у середовищі *Matlab*

Сформулюємо правила для нечіткої системи керування:

ЯКЩО Температура «Дуже низька», ТО Витрата пари «Дуже низька».

ЯКЩО Температура «Низька», ТО Витрата пари «Низька».

ЯКЩО Температура «Нормальна», ТО Витрата пари «Оптимальна».

ЯКЩО Температура «Висока», ТО Витрата пари «Висока».

ЯКЩО Температура «Дуже висока», ТО Витрата пари «Дуже висока».

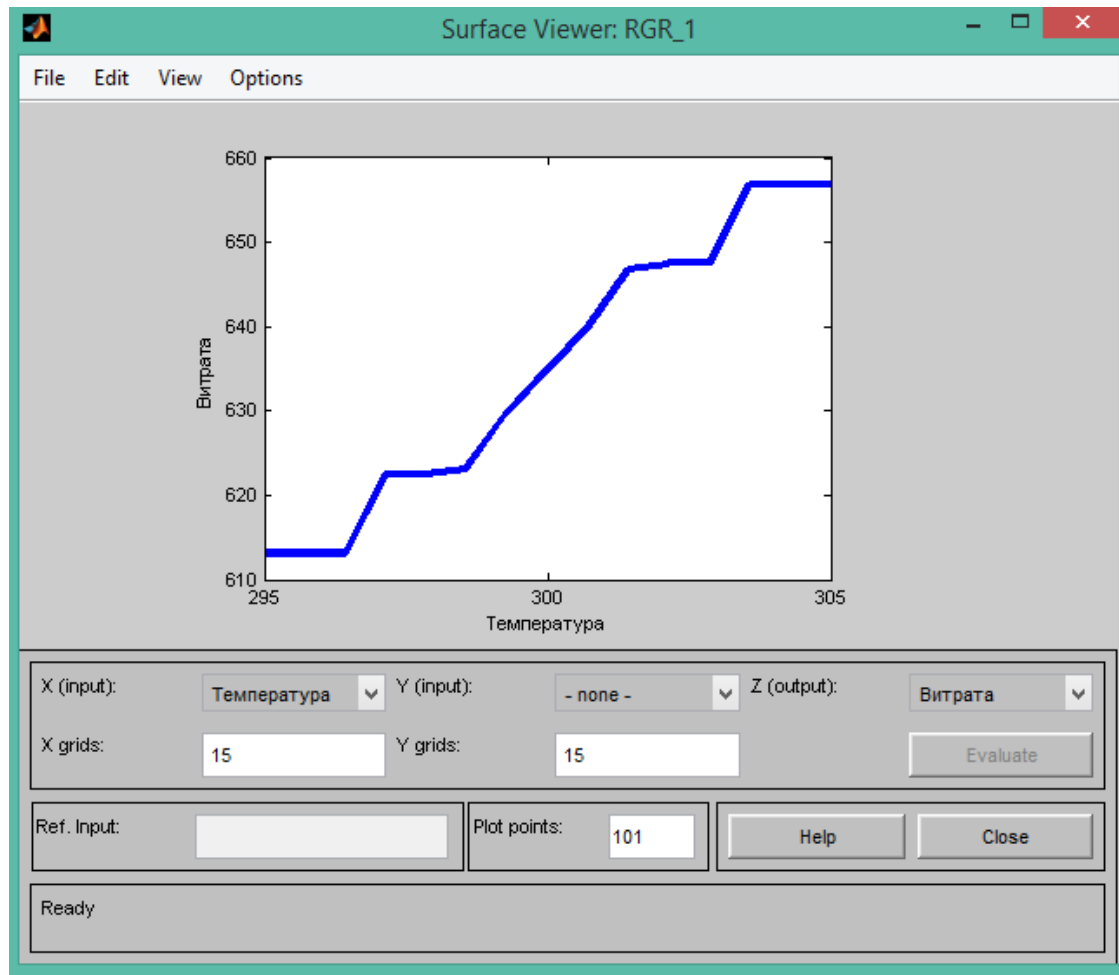


Рис. 6.2.5 – Вікно перегляду поверхні нечіткого висновку у середовищі Matlab

6.3. Результати реалізації нечіткої системи керування засобами *MathCad*

Функція належності для терми T_c «Дуже низька» була описана наступним чином:

$$\mu_{\tilde{O}_{\tilde{n}}_{\tilde{a}i}}(T_{\tilde{n}}) := \begin{cases} 1 & \text{if } T_{\tilde{n}} < 295 \\ \frac{297 - T_{\tilde{n}}}{297 - 295} & \text{if } 295 \leq T_{\tilde{n}} < 297 \\ 0 & \text{if } T_{\tilde{n}} > 297 \end{cases}$$

На рис. 6.3.1. зображено графік для функції належності нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини для значень температури на виході з сепаратора T_c .

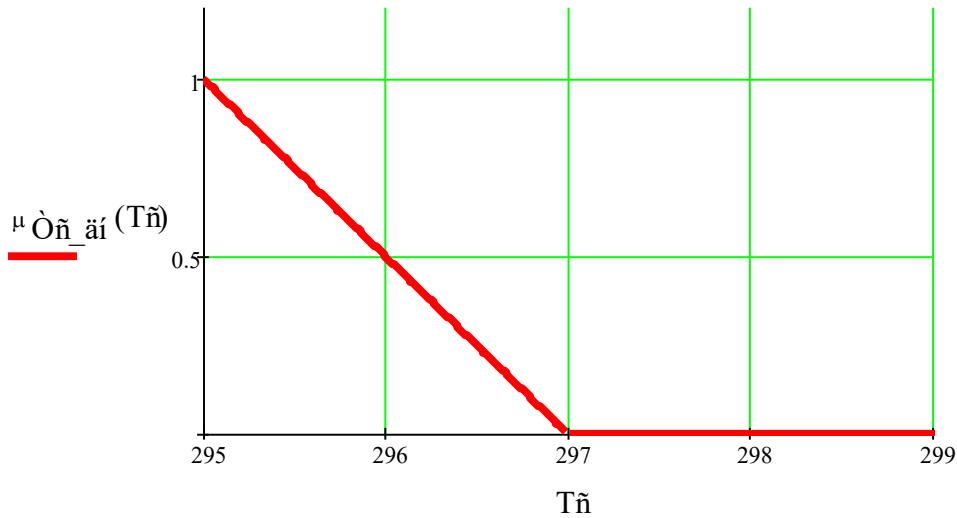
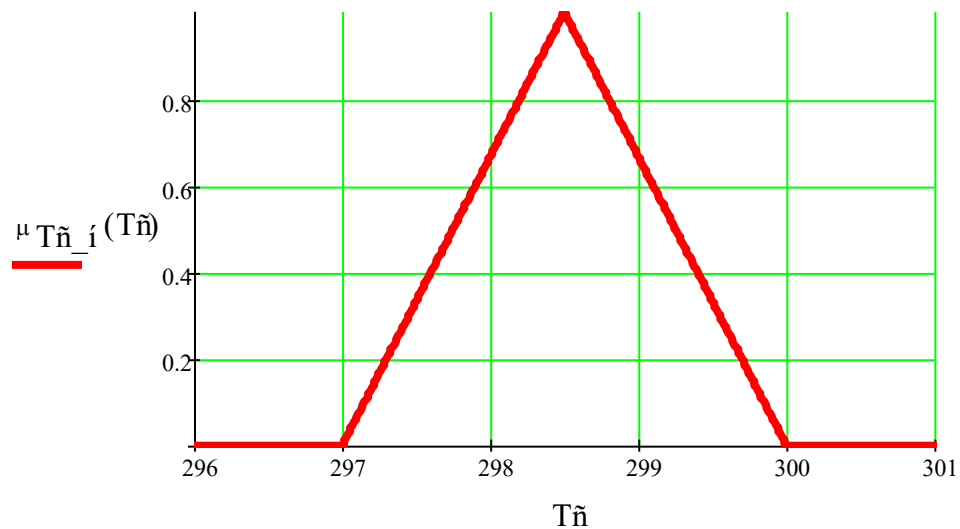


Рис. 6.3.1 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень температури на виході з сепаратора T_c

Функція належності має терму T_c «Низька» яка описана наступним чином:

$$\mu_{T_n_i}(T_n) := \begin{cases} 0 & \text{if } T_n < 297 \\ \frac{T_n - 297}{298.5 - 297} & \text{if } 297 \leq T_n < 298.5 \\ \frac{300 - T_n}{300 - 298.5} & \text{if } 298.5 \leq T_n \leq 300 \\ 0 & \text{if } T_n > 300 \end{cases}$$

На рис. 6.3.2. зображено графік для функції належності нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень температури на виході сепаратора T_c .



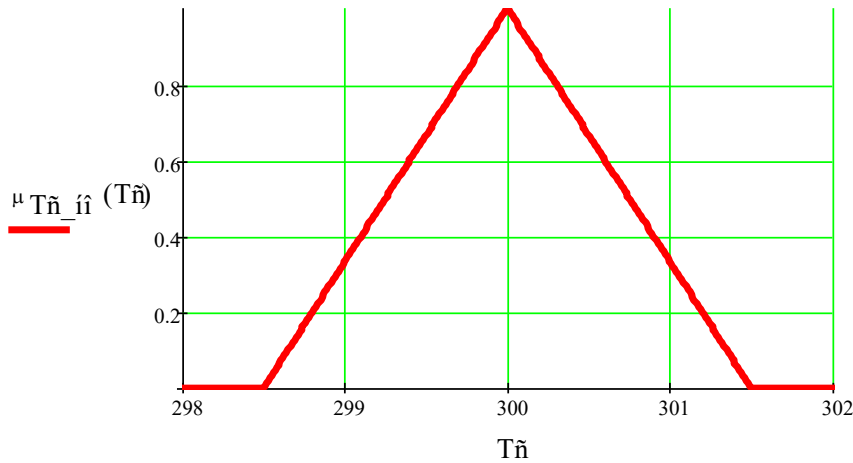


Рис. 6.3.2 – Функція належності нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень температури на виході з сепаратора T_c

Функція належності для терму T_c «**Нормальна**» описана наступним чином:

$$\mu_{T\tilde{n}_{\hat{l}}}(T\tilde{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\tilde{n} < 298.5 \\ \frac{T\tilde{n} - 298.5}{300 - 298.5} & \text{if } 298.5 \leq T\tilde{n} < 300 \\ \frac{301.5 - T\tilde{n}}{301.5 - 300} & \text{if } 300 \leq T\tilde{n} \leq 301.5 \\ 0 & \text{if } T\tilde{n} > 301.5 \end{cases}$$

На рис. 6.3.3. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «**Нормальна**», що визначена для множини значень температури у виході сепаратора T_c .

Функція належності для терми T_c «**Висока**» описана наступним чином:

$$\mu_{T\tilde{n}_{\hat{a}}}(T\tilde{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\tilde{n} < 300 \\ \frac{T\tilde{n} - 300}{301.5 - 300} & \text{if } 300 \leq T\tilde{n} < 303 \\ \frac{303 - T\tilde{n}}{303 - 301.5} & \text{if } 301.5 \leq T\tilde{n} \leq 303 \\ 0 & \text{if } T\tilde{n} > 303 \end{cases}$$

На рис. 6.3.4. зображено графік для функції належності нечіткої підмножини «**Висока**» визначена для множин значень температури виходу сепаратора T_c .

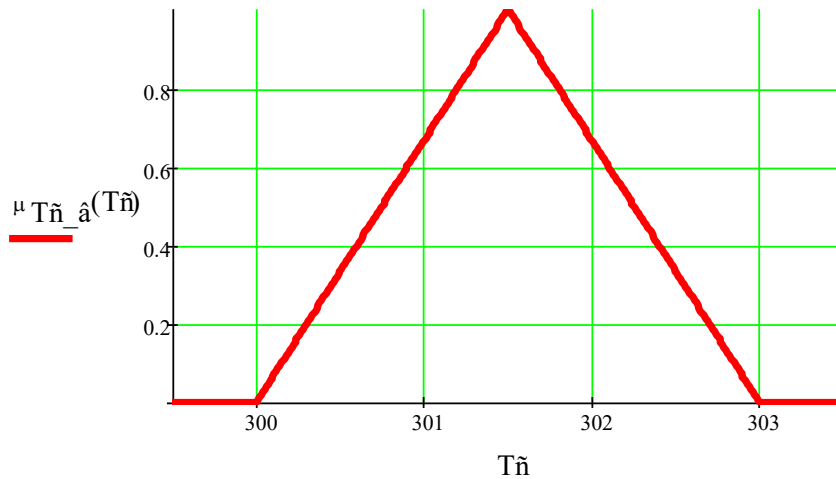


Рис. 6.3.4 – Функція належності нечіткої підмножини «Висока» яка визначена з множини значень для температури на виході з сепаратора T_c

Функція належності терми T_c «Дуже висока» описана таким чином:

$$\mu_{T\ddot{n}_{\ddot{a}a}}(T\ddot{n}) := \begin{cases} 0 & \text{if } T\ddot{n} < 303 \\ \frac{T\ddot{n} - 303}{305 - 303} & \text{if } 303 \leq T\ddot{n} < 305 \\ 1 & \text{if } T\ddot{n} \geq 305 \end{cases}$$

На рис. 6.3.5. зображено графік для функції належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень температури на виході з сепаратора T_c .

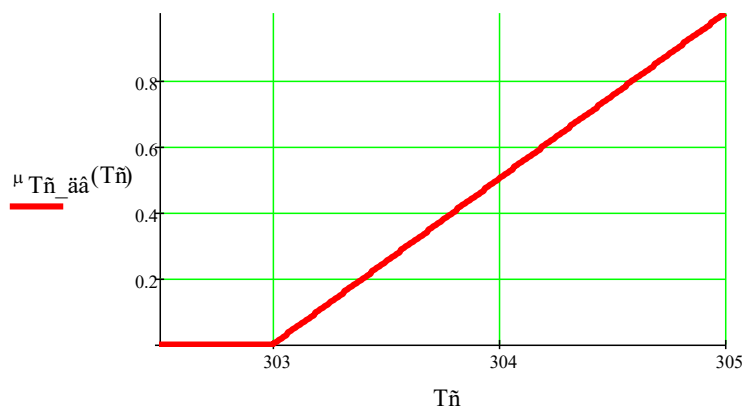


Рис. 6.3.5 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень температури на виході з сепаратора T_c

На рис.5.3.6 зображено графіки усіх функції належності керованої змінної температура на виході з сепаратора T_c .

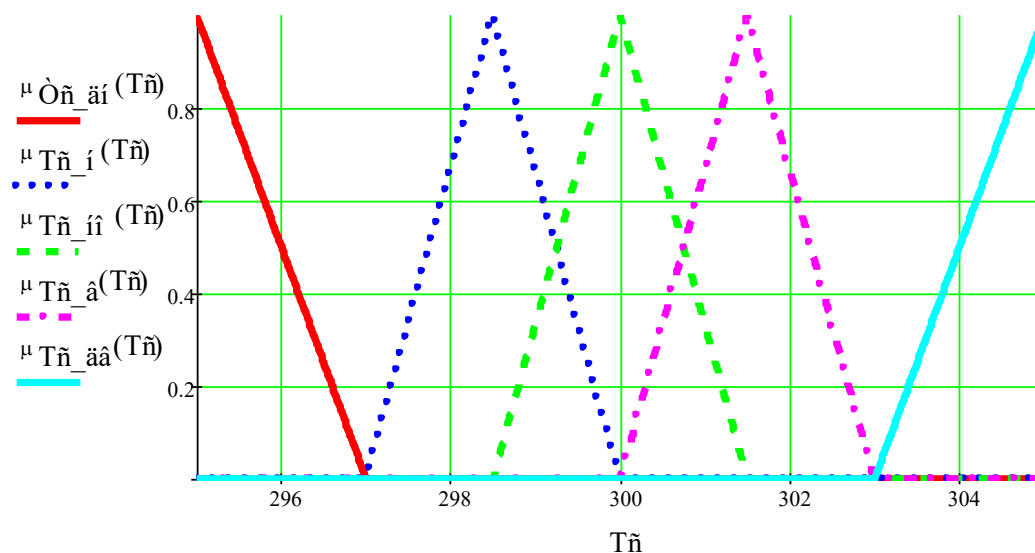


Рис. 6.3.6 – Графіки усіх функції належності керованої змінної температура на виході з сепаратора T_c

Функція належності для терму F_{B1} «Дуже низька» описана наступним чином:

$$\mu_{F\hat{a}1_äí}(F\hat{a}1) := \begin{cases} 1 & \text{if } F\hat{a}1 < 610 \\ \frac{620 - F\hat{a}1}{620 - 610} & \text{if } 610 \leq F\hat{a}1 < 620 \\ 0 & \text{if } F\hat{a}1 > 620 \end{cases}$$

На рис. 6.3.7. зображено графік функції lzk належності нечіткої підмножини «Дуже низька» визначена множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

$$\mu_{F_{\hat{a}1_ii}}(F_{\hat{a}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} < 625 \\ \frac{F_{\hat{a}1} - 625}{635 - 625} & \text{if } 625 \leq F_{\hat{a}1} < 635 \\ \frac{645 - F_{\hat{a}1}}{645 - 635} & \text{if } 635 \leq F_{\hat{a}1} \leq 645 \\ 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} > 645 \end{cases}$$

Рис. 6.3.7 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже низька», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Низька» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{\hat{a}1_i}}(F_{\hat{a}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} < 615 \\ \frac{F_{\hat{a}1} - 615}{622.5 - 615} & \text{if } 615 \leq F_{\hat{a}1} < 622.5 \\ \frac{630 - F_{\hat{a}1}}{630 - 622.5} & \text{if } 622.5 \leq F_{\hat{a}1} \leq 630 \\ 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} > 630 \end{cases}$$

На рис. 6.3.8. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

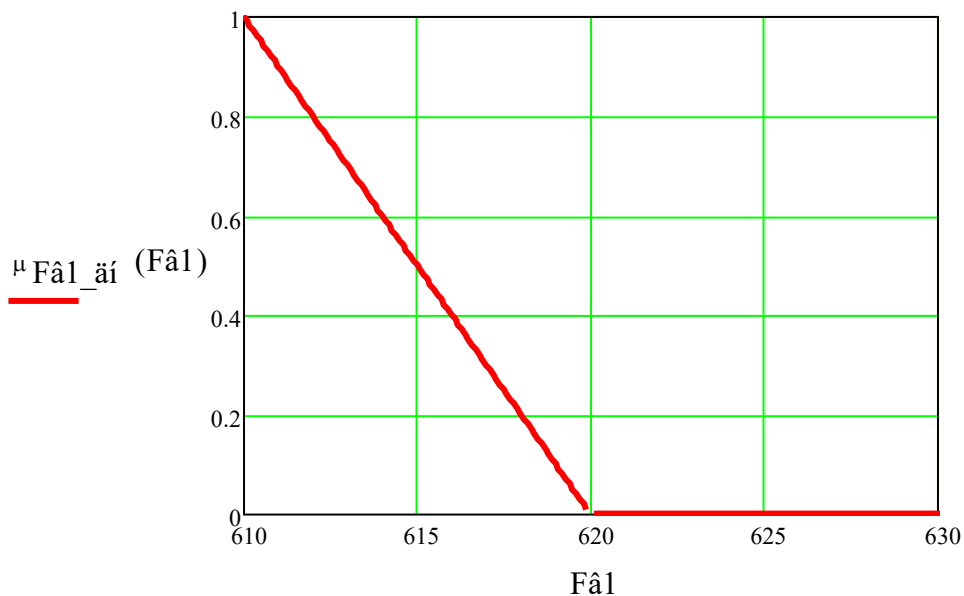


Рис. 6.3.8 – Функція належності для нечіткої підмножини «Низька», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Оптимальна» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{\hat{a}1_a}}(F_{\hat{a}1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} < 640 \\ \frac{F_{\hat{a}1} - 640}{647.5 - 640} & \text{if } 640 \leq F_{\hat{a}1} < 647.5 \\ \frac{655 - F_{\hat{a}1}}{655 - 647.5} & \text{if } 647.5 \leq F_{\hat{a}1} \leq 655 \\ 0 & \text{if } F_{\hat{a}1} > 655 \end{cases}$$

На рис. 6.3.9. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Оптимальна», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

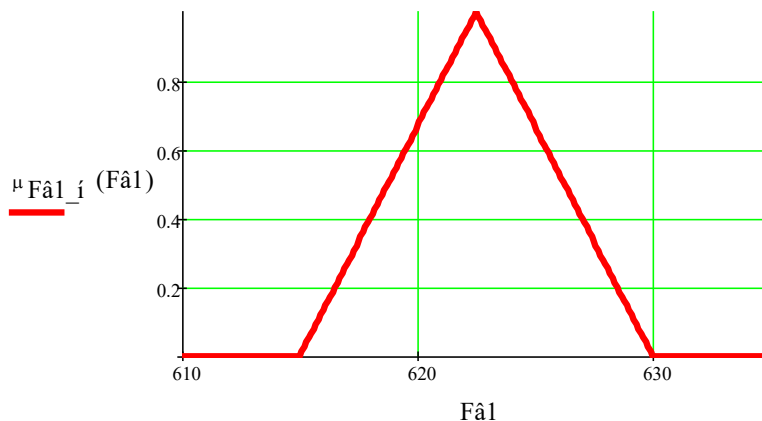
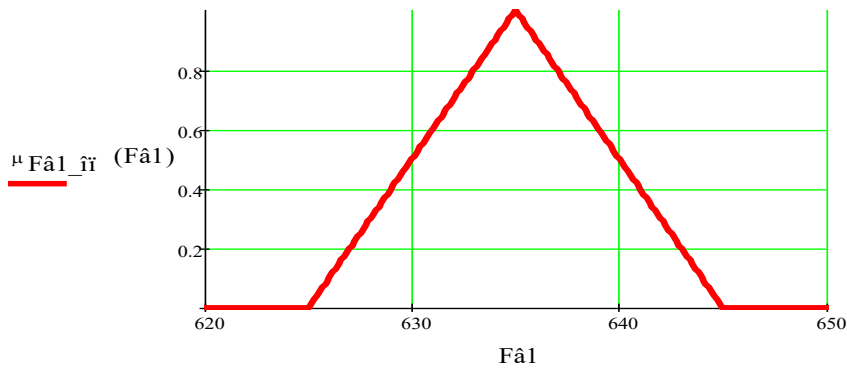


Рис. 6.3.9 – Функція належності для нечіткої підмножини «Оптимальна», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Висока» описана наступним чином:



На рис. 6.3.10. зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Висока» визначена з множини для значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

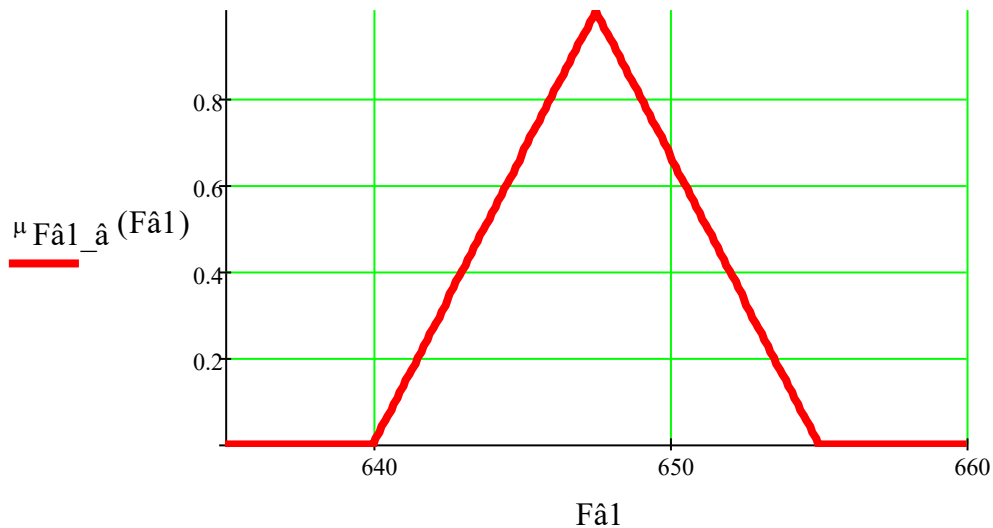


Рис. 6.3.10 – Функція належності для нечіткої підмножини «Висока», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

Функція належності для терму F_{B1} «Дуже висока» описана наступним чином:

$$\mu_{F_{a1_a}}(F_{a1}) := \begin{cases} 0 & \text{if } F_{a1} < 650 \\ \frac{F_{a1} - 650}{660 - 650} & \text{if } 650 \leq F_{a1} < 660 \\ 1 & \text{if } F_{a1} \geq 660 \end{cases}$$

На рис. 6.3.11 зображено графік функції належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

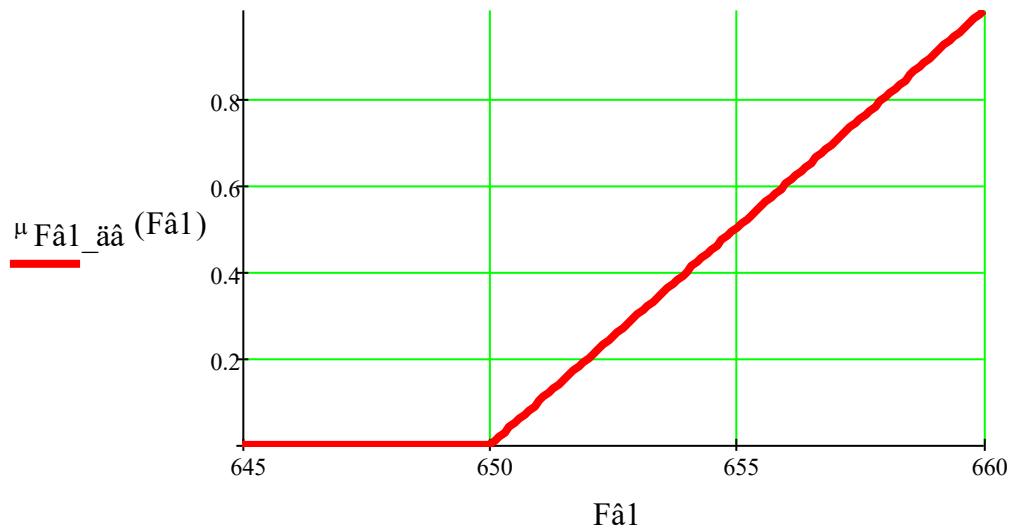


Рис. 6.3.11 – Функція належності для нечіткої підмножини «Дуже висока», що визначена з множини значень витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

На рис. 6.3.12 зображено графіки усіх функцій належності керованої змінної витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1} .

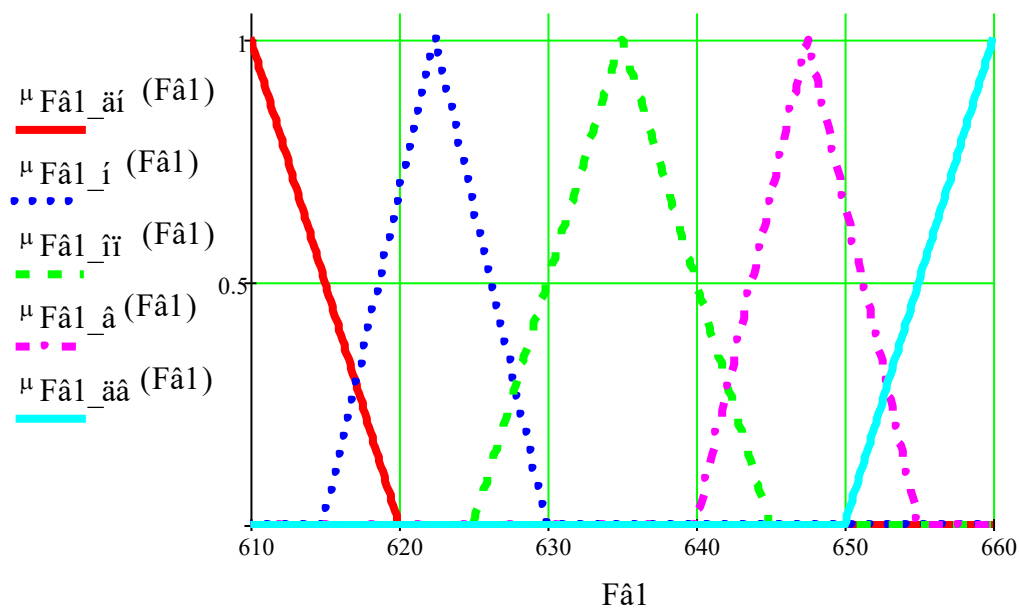


Рис. 6.3.12 – Графіки усіх функцій належності керованої змінної витрати пари на вході в теплообмінник F_{B1}

6.4. Розрахунок керувальної змінної системи управління за різними алгоритмами

Припустимо, що температура на виході з сепаратора T_c рівна 299К. Знайдемо ступінь входження цього значення у кожен терм лінгвістичної змінної «Температура на виході з сепаратора»:

Для терму «**дуже низька**» ступінь входження:

$$T_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}} := \mu_{\tilde{O}_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}}}(299) \rightarrow 0$$

Для терму «**низька**» ступінь входження:

$$T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}}}(299) \text{ float}, 2 \rightarrow 0.6$$

Для терму «**нормальна**» ступінь входження:

$$T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}}}(299) \text{ float}, 2 \rightarrow 0.3$$

Для терму «**висока**» ступінь входження:

$$T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}}}(299) \text{ float}, 2 \rightarrow 0.6$$

Для терму «**дуже висока**» ступінь входження:

$$T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}} := \mu_{T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}}}(299) \rightarrow 0$$

Урахування ступенів входження ліві частини правил потребують модифікації для правих частин правил. Використаємо метод добутку:

$$\mu_{\tilde{a}i_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1_{\tilde{a}i}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{a}i}}$$

$$\mu_{\tilde{i}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1_{\tilde{i}}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{i}}}$$

$$\mu_{\tilde{ii}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1_{\tilde{ii}}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{ii}}}$$

$$\mu_{\tilde{a}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{a}}}$$

$$\mu_{\tilde{aa}_{\tilde{a}}}(F\hat{a}1) := \mu_{F\hat{a}1_{\tilde{aa}}}(F\hat{a}1) \cdot T_{\tilde{n}_{\tilde{aa}}}$$

Для врахування дії для усіх існуючих правил, для виконання суперпозиції використаємо метод для об'єднання. На Рис. 6.4.1 показані результати

суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом добутку.

$$\mu_1(F\hat{a}1) := \max(\mu_{\hat{a}1_a}(F\hat{a}1), \mu_{i_a}(F\hat{a}1), \mu_{\tilde{i}_a}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}_a}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}\hat{a}_a}(F\hat{a}1))$$

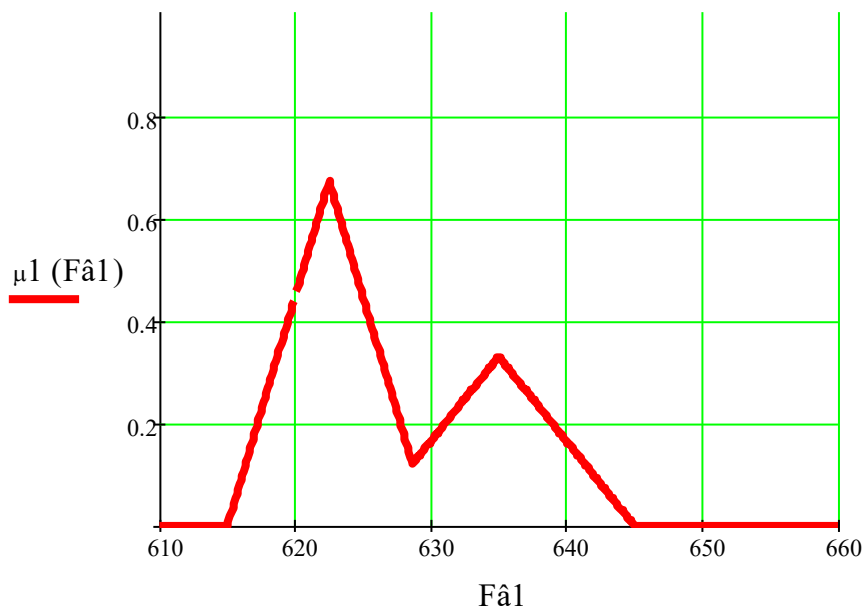


Рис. 6.4.1 –

Результати

суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом добутку

Тепер застосуємо інший метод суперпозиції, а саме метод підсумовування. На рис. 6.4.2. зображено результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом добутку.

$$\mu_2(F\hat{a}1) := \mu_{\hat{a}1_a}(F\hat{a}1) + \mu_{i_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\tilde{i}_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}_a}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}\hat{a}_a}(F\hat{a}1)$$

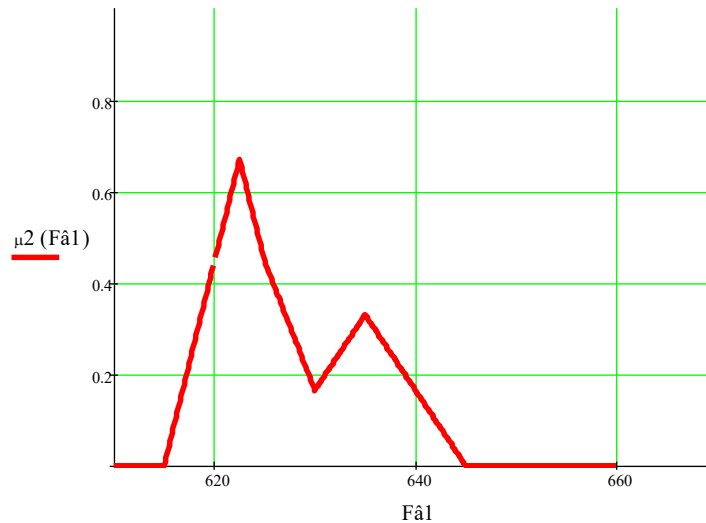


Рис. 6.4.2 – Результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом підсумовування

Застосуємо інший метод модифікації правих частин, а саме метод мінімуму:

$$\mu_{\tilde{a}1_i}(F\hat{a}1) := \begin{cases} \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) & \text{if } \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) \leq T_{\tilde{n}_i} \\ T_{\tilde{n}_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{b}1_i}(F\hat{a}1) := \begin{cases} \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) & \text{if } \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) \leq T_{\tilde{n}_i} \\ T_{\tilde{n}_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{c}1_i}(F\hat{a}1) := \begin{cases} \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) & \text{if } \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) \leq T_{\tilde{n}_i} \\ T_{\tilde{n}_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{d}1_i}(F\hat{a}1) := \begin{cases} \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) & \text{if } \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) \leq T_{\tilde{n}_i} \\ T_{\tilde{n}_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{e}1_i}(F\hat{a}1) := \begin{cases} \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) & \text{if } \mu_{F\hat{a}1_i}(F\hat{a}1) \leq T_{\tilde{n}_i} \\ T_{\tilde{n}_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Для врахування дії усіх існуючих правил, тобто для виконання суперпозиції використаємо метод об'єднання. На Рис. 6.4.3 показані результати

суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом мінімуму.

$$\mu_3(F\hat{a}1) := \max(\mu_{\hat{a}1_1}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}2_1}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}3_1}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}4_1}(F\hat{a}1), \mu_{\hat{a}5_1}(F\hat{a}1))$$

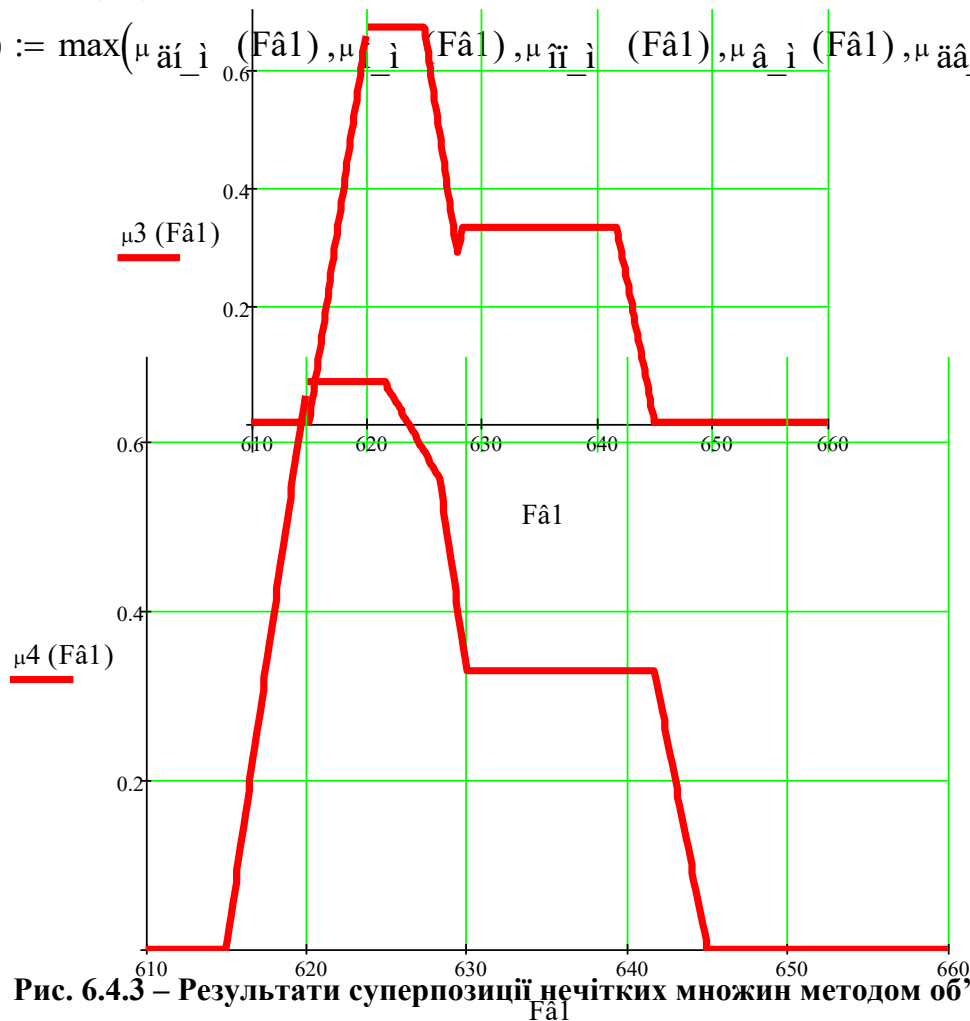


Рис. 6.4.3 – Результати суперпозиції нечітких множин методом об'єднання з модифікацією правил методом мінімуму

Тепер застосуємо інший метод суперпозиції, а саме метод підсумовування. На рис. 6.4.4. зображено результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом мінімуму.

$$\mu_4(F\hat{a}1) := \mu_{\hat{a}1_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}2_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}3_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}4_1}(F\hat{a}1) + \mu_{\hat{a}5_1}(F\hat{a}1)$$

Рис. 6.4.4 – Результати суперпозиції нечітких множин методом підсумовування з модифікацією правил методом мінімуму

Для визначення конкретного значення керувального впливу, визначають точку, яка є центром фігури, обмеженою контурами узагальненої функції належності. Значення, яке відповідає цьому центру – це значення керувального впливу. Визначимо даний керувальний вплив за допомогою метода центра ваги фігури для усіх застосованих методів:

$$y_1 := \frac{\int_{610}^{660} F_{\hat{a}1} \cdot \mu_1(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}{\int_{610}^{660} \mu_1(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}$$

$$y_1 = 627.439$$

$$y_2 := \frac{\int_{610}^{660} F_{\hat{a}1} \cdot \mu_2(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}{\int_{610}^{660} \mu_2(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}$$

$$y_2 = 627.455$$

$$y_3 := \frac{\int_{610}^{660} F_{\hat{a}1} \cdot \mu_3(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}{\int_{610}^{660} \mu_3(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}$$

$$y_3 = 631.631$$

$$y_4 := \frac{\int_{610}^{660} F_{\hat{a}1} \cdot \mu_4(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}{\int_{610}^{660} \mu_4(F_{\hat{a}1}) dF_{\hat{a}1}}$$

$$y_4 = 628.147$$

6.6. Моделювання системи керування з нечіткою логікою та порівняння

Система Simulink є складовою частиною системи Matlab і призначена для структурно-графічного моделювання різних динамічних об'єктів, як безперервних, так і дискретних. Об'єкт моделювання представляється у вигляді сукупності готових, закінчених блоків, між якими встановлюються зв'язки по типу "вхід-вихід". При побудові моделі, такі зв'язки зображуються просто стрілками.

Схема системи керування з нечітким регулятором.

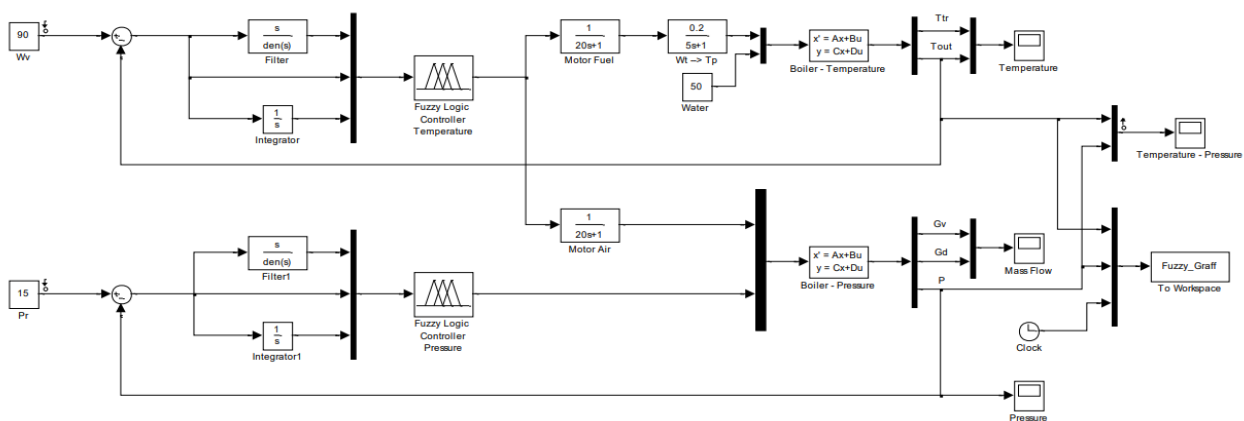


Рис. 6.1. Схема системи керування з нечітким регулятором.

Нижче наведені графіки для ПІД-регуляторів та нечітких регуляторів відповідно, для порівняння.

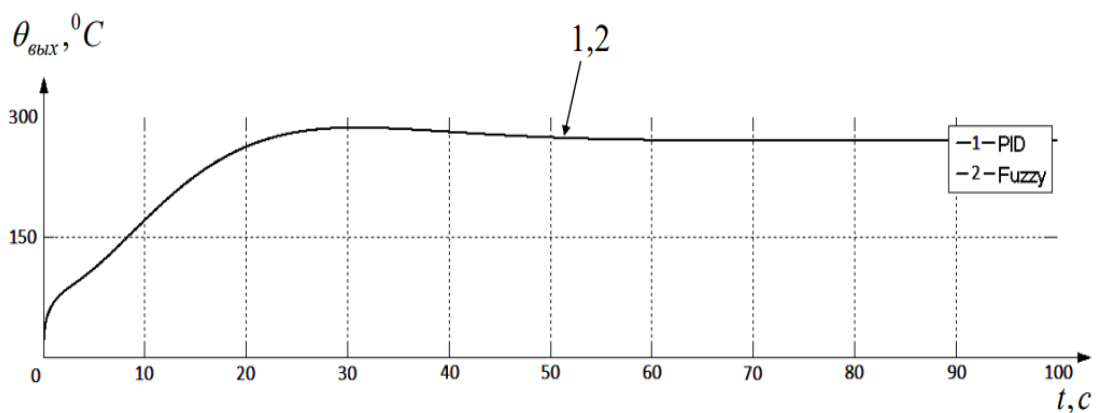


Рис. 6.2. Порівняння перехідної характеристики замкненої системи з Нечіткою логікою та ПІД-регулятором.

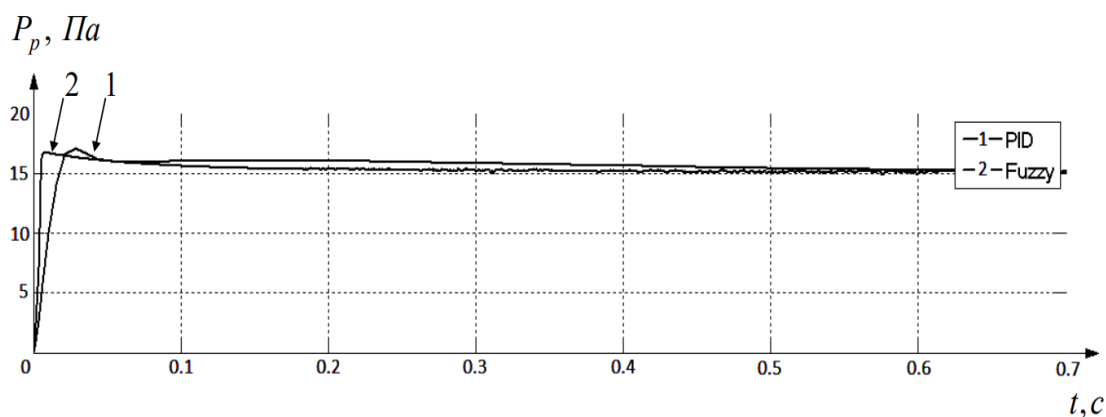


Рис. 6.3. Порівняння перехідної характеристики замкненої системи з Нечіткою логікою та ПІД-регулятором.

6.6 Висновок до розділу 6

Аналіз результату моделювання ПІД-регулятора і регулятора який базується нечіткій логіці показав, що при незначній інерційності об'єкта обидва регулятора показують однакові результати. У разі змінени інерційності об'єкт управління з нечіткою логікою показує кращі показники якості. ПІД –регулятор який має нечіткою логікою розроблений на основі метода кластеризації та алгоритмом нечіткої С – середньої вершини. Нечіткий регулятор налаштовуваний на заданий рівень нелінійності, це допомагає ефективно вносити поправки у якісні показники управління для використанні данного типу регулятора у реальному об'єкті керування.

Також налаштований нечіткий регулятор має більший ступінь чіткості як при сталому режимі так і при різких перепадах температур, коли на регулятор потрапляють нові дані перерегулювання. Оскільки регулятор з нечіткою логікою має більш точні проміжки режимів регулювання: “дуже низька”, “низька”, “нормальна”, “висока”, “дуже висока”, він має кращі показники регулювання, що необхідно для отримання кращих результатів по якості продукту.

7. СТВОРЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

7.1 Опис ідеї стартап-проекту

Важко уявити сучасну промисловість без використання нафтопродуктів. Практично кожна галузь так чи інакше потребує нафтової продукцію.

Ідея стартап проекту полягає у створенні математичної програми, яка збиратиме статистичну інформацію про дані перебігу процесів (в нашому випадку – концентрація оксиду алюмінію в процесі спікання), виконуватиме реєстрацію показників технологічних параметрів, будувати діаграму значень з прогнозуванням наступних результатів, реєстрація точок, значення яких виходить за межі допустимих, інформування про перебіг процесу.

Математична програма буде виконувати такі задачі: 1. Збір та реєстрація значень контрольованих технологічних параметрів; 2. Побудову діаграм із зібраних статистичних даних з імовірним прогнозом їх подальшого розвитку; 3. Визначення режимів та реєстрація точок, які виходять на межі допустимий меж та можуть спричинити брак; - Моніторинг відхилення вихідних значень параметрів; - Пошук причини спричинення відхилення; - Аналіз причин аварійної ситуації; - Рекомендації щодо усунення аварії. Проект розробляється базуючись на даних та параметрах трубчастої печі у виробництві глинозему спіканням, з якої ми отримуємо готовий продукт.

Процес виробництва складається з великої кількості апаратів та послідовного підключення потоків сировини у ході виробництва. Статистичні методи, які використовуються у стартапі, будуть включати детальний опис усіх можливих ситуацій які можуть трапитися з об'єктом та на виробництві в цілому. Побудова графіків: - Значення вхідних параметрів від номеру досліду; - Значення вихідного параметру від номеру досліду - Статична характеристика процесу. Обов'язки розподілені однаково. Конкуренти: Ринок в процесі дослідження. Практично у кожній компанії, яка займається виробництвом у сфері хімічної, металургійної та харчової промисловості, розроблена математична програма розрахунку необхідних параметрів відповідно до власних вимог. Такі програми

дуже рідко можуть бути універсальними та зручними у використанні для інших процесів виробництва.

Ми пропонуємо програму з максимально універсальними функціями та властивостями. Ціль програми: широке використання програми у різних галузях промисловості, зокрема хімічній, металургійній та харчовій. Можливість застосування стартапу у інших виробництвах. Конкурентні переваги: розробниками програми є саме ті спеціалісти, які започаткували цю технологію. Ми розробники і виконавці.

Таблиця 7.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Деасфальтизація з селективним очищенням масел	<ul style="list-style-type: none"> - Зменшення затрат енергії та інших ресурсів на виробництві - Висока якість - Зменшення собівартості продукції

7.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Таблиця 7.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкур ент1	Конку- рент2			
1.	Час	70-100 годин	100-140 годин	100-140 годин			+
2.	Якість продукту	висока	середня	середня			+

3.	Витрати електроенергії менші на	8 %	3 %	Не менші			+
4.	Температура	100 °C	80 °C	100 °C		+	

7.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Головною ідеєю зменшення затрат та покращення якості продукції – є зменшення впливу людини на проходження процесу майже до нуля. Пропонується використати розроблену систему автоматичного керування процесом, котра дозволить керувати всім тонкощами процесу завдяки ПК. Це буде можливо навіть на відстані завдяки мережевим з'єднанням, тобто людина може бути у іншому кутку світу, а процес буде іти безвідмовно і у випадку несправностей він зупиниться, спрацює аварійна сигналізація і все закінчиться без проблемних наслідків для робочих на заводі (додаток Б). Також, варто відмітити, що завдяки цьому програмному забезпеченню можна буде скоротити штат працівників, що обслуговують піч, а це значно зменшить собівартість продукції. У програмному продукті буде вмонтовано регулятори різних типів, які будуть автоматично підбиратися, але можливо також буде вибрати регулятор вручну (якщо знати особливості процесу безпосередньо на місці). Система обмежень програмного комплексу зможе пришвидшити процес збільшення температури розігріву печі до надвисоких температур.

Окрім вищевказаного варто додати деякі технічні нюанси. У процесі для запобігання впливу вологи на ріст температури ядра запропоновано встановлювати захисні щити з волокнистого теплоізоляційного матеріалу вздовж бічних поверхонь ядра. Для забезпечення рівномірного нагріву заготовок по рядах запропоновано укладати заготовки таким чином, щоб у верхньому ряді їх було на одну більше, ніж у нижньому, що виключає завищені температури та знижує теплові втрати.

7.4 Характеристика потенційних клієнтів

Зважаючи на сучасний економічний, соціальний стан нашої держави, необхідність економити власні кошти мають багато приватних та державних підприємств, окремих регіонів та груп населення (наприклад, чорна та кольорова металургія, гальванопластика, тяжке машинобудування, хімічна промисловість).

Таблиця 7.3 – Характеристика потенційних клієнтів

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1	2	3	4	5
	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Визначити потенційні цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавлені у задоволенні значеної потреби	Вписати фактори, що формують поведінку клієнта (стандарти, технічні регламенти, інші фактори цінового та нецінового характеру) та особливості купівлі та експлуатації товару	<ul style="list-style-type: none"> - до продукції - до компанії -постачальника

Продовження таблиці 7.3.

1	2	3	4	5
1.		Чорна та кольорова металургія, гальванопластика, тяжке машинобудування, хімічна промисловість	ДСТУ, ГОСТ	Достатня економія електроенергії при виробництві згідно ДСТУ та правдивих результатів постійний контроль

Загрози існують скрізь і при застосуванні даної технології також є загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно встановлювати якісні та сучасні системи контролю та спостережень, а також працювати на очисних установках повинні висококваліфіковані фахівці. Також, на виході після очищення води за даною технологією необхідно виконувати регулярний контроль та аналіз очищених вод, щоб якомога швидше усунути несправність або помилки, у разі їх виникнення.

Таблиця 7.4 – Фактори загроз

<i>№n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
-------------	---------------	----------------------	---------------------------------

1.	Недостатня економія, внаслідок неправильного використання	Низька якість керування процесом	Ремонт або налаштування системи керування
2.	Недостатня якість готового продукту, внаслідок виходу із ладу необхідного обладнання	Вихід із ладу обладнання в печі Ачесона	Ремонт або налагодження обладнання
3.	Недостатня температура внаслідок застарілого обладнання	Готова продукція не високої якості	Модернізація обладнання або ж заміна на нове

Таблиця 7.5 – Фактори можливостей

№ n/n	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Застосування лише за інструкцією	Економія електроенергії та уникнення несправності електромережі	Збільшення об'єму виготовленої продукції
2.	Вчасна модернізація обладнання	Знижує загрозу виготовлення продукції низької якості	Збільшення об'єму виготовленої продукції
3.	Встановлення додаткових термопар, для виміру температури в печі	Знижує загрозу роботи печі на неправильній температурі	Збільшення об'єму виготовленої продукції

Таблиця 7.6 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції : Чиста	Ніхто не може вплинути на ситуацію на ринку безпосередньо. Лише інновації та вигідні пропозиції	Система знижок, програми лояльності. Довготривалі контракти, зниження ціни. Випробувальні терміни.
2. За рівнем конкурентної боротьби : національна (згодом і міжнародна)	Треба орієнтуватися спочатку на національний ринок, адже імені і компанії ще немає. Потрібно працювати максимально з усіма фірмами і розширювати ім'я.	Розсилати електронною поштою листи та шукати особистої зустрічі з підприємцями
3. За галузевою ознакою : внутрішньогалузева.	Автоматизовані системи керування по факту мають собою різницю лиш у якості, ціні і функціях.	Робити якісні АСК, які будуть робити товар вищої якості з використанням менше ресурсів.

Продовження таблиці 7.6.

1	2	3
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Ми пропонуємо АСК з різними властивостями в залежності від потреби покупця.	Запропонувати або широкий спектр із дуже потужними властивостями
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Наша продукція матиме трішки вищу ціну за середньоринкову, основний акцент варто зробити на якість продукції	Пропозиція з випробувальним терміном. Вказівка на економію у часі, ресурсі та якості вихідної продукції.

6. За інтенсивністю: марочна	Потрібно зробити бренд із нашого продукту, щоб його можна було легко впізнати	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті.
------------------------------	---	---

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 7.7 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
1	2	3	4	5	6
	«Смарт Сервіс» (СС) «Вотум» (В) «Мікрол» (М)	Нові компанії, які починають розвиватися і впроваджують інновації. Надалі, при розширенні ним може стати «ABB» та «Siemens»	Сила у тому, що без АСК наразі виробництва не працюють. Можна поставити АСК інших виробників, але прибуток знизиться.	Клієнти можуть вимагати зниження ціни за рекламу і використання продукції протягом тривалого часу. Також вони можуть шукати щастя у інших фірмах.	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але є різні рівні цін та якості.

1	2	3	4	5	6
Висновки:	Основна перевага – ціна і досвід. Але враховуючи потенціал, можна заповнити їхній ринок	Є можливість входу в ринок. Конкуренти уже змогли стати брендами, але є можливість задавити їх завдяки вигідним пропозиціям	Диктують. Співвідношення якості/ціна/обсяг	Можуть наполягати на здешевленні.	Не можна завищити ціну.

7.5. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 7.8 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Висока якість	Чим вища якість продукту – тим більше буде прибутку.
2.	Доступна ціна	Ціна трішки вища середньої, але дає можливість себе окупити дуже швидко.
3.	Можливість надати випробувальний період	Клієнт має можливість сам переконатися у ефективності.
4.	Економія ресурсів при виготовленні	Економія ресурсів призводить до збільшення прибутку

З таблиці бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при запровадженні технології деасфальтизації з селективним очищенням масел.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл.7.9) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 7.10).

Таблиця 7.9 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з “КАР-Company”						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Висока якість	18		М	СС	В			
2.	Доступна ціна	10					В	СС	М
3.	Можливість надати випробувальний період	20	В, СС	М					
4.	Економія ресурсів при виготовленні	18		СС	М		В		

Таблиця 7.10 - SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Якісна продукція - Контракти з ВНЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Ціна вища ніж у конкурентів - Конкуренти, які створюють продукцію новітніми технологіями
Можливості	Загрози

<ul style="list-style-type: none"> - Заощадження на зарплаті - Навчати «своїх» працівників після ВНЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Люди не будуть купляти товар - Зниження якості роботи - Збільшення часу виготовлення продукції
--	--

Управлінська проблема:

Знайти можливість випускати продукцію такої ж якості за ринковою ціною та якісною навчити молодий персонал.

Таблиця 7.11 - Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. Зробити систему знижок	Зменшення прибуток	Може урівняти ціни
2. Проводити тренінги	Затрати часу та коштів	Підвищення кваліфікації персоналу

Найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми є – розробка системи знижок на товар та проведення тренінгів для молодого персоналу.

7.6. Вибір цільових груп потенційних споживачів

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл.7.12).

Таблиця 7.12 - 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.	Підприємства, що спеціалізуються на виготовленні електродної продукції	80%	65%	Середня конкуренція. Зазвичай компанії звертаються до не спеціалізованих фірм	Враховуючи те, що на цей напрям буде зроблений акцент – то це дасть нам перевагу
2.	Автоматизовані виробництва різних профілів	50%	45-50%	Велика конкуренція, особливо за рахунок	Важко, адже нова компанія. Першозаявлений профіль –

				використання іноземних компаній. Акцент можна робити на	системи керування для вузької спеціалізації,
Які цільові групи обрано: 1. Виробництва, що спеціалізуються на виготовленні електродної продукції					

7.7. Визначення базової стратегії розвитку

Результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свою технологію та визначили стратегію охоплення ринку:

- стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу. Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл.7.13).

Таблиця 7.13 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Зниження ціни до середньоринкової	Пропозиція із випробувальним періодом за символічну ціну.	1. Висока якість 2. Низька ціна 3. Регульований термін контракту і легке його розірвання	Стратегія лідерства по витратах
2.	Заклучення не довготривалих контрактів	Надання компаніям книгу відгуків від інших фірм; Відеозаписи.	1. Можливість легко розірвати контракт. 2. Безкоштовне надання своїх фахівців для обслуговування.	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл.7.14).

Таблиця 7.14 - 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.	Ні	Обов'язково. Потрібно показувати свої переважні риси над іншими. Зараз важко знайти такі фірми, які ще не мають своїх постачальників. Хіба фірми які розвиваються і на початковому етапі знаходяться.	Якщо при базовій стратегії не вдасться заповнити ринок (а скоріш за все так і буде), то будемо брати конкурентну ціну. Обов'язково слідувати за нововведеннями і новими розробками та конкурентними пропозиціями інших компаній та аналізувати. Дещо удосконалювати і переробляти під себе.	Стратегія розширення первинного попиту, з подальшим переходом до наступальної стратегії.

Таблиця 7.15 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	1. Платоспроможність. 2. Максимально тривалий контракт.	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Можливість випробувального періоду за символічну ціну. 4. Програми лояльності за тривалі контракти	1. Висока якість. 2. Тривалі контракти. 3. Програма лояльності.

Таблиця 6.16 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Продукція актуальна. Наразі висока актуальність	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	Якість продукції вища ніж у конкурентів. Дозволяє зекономити ресурси

Таблиця 7.17 - Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари - аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	відсутні	15-25 тис. грн	50-100 тис. грн	Верхня: 30 тис. грн Нижня: 23 тис. грн

Таблиця 7.18 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Цільові клієнти хочуть мати систему, яка буде економити ресурси та покращувати якість своєї продукції. Вони будуть шукати у ціні щось середнє пропорційне.	Доставка Тест Гарантія Ремонт Допомога введення у експлуатацію	Нульовий рівень. Наша компанія сама встановлює і проектує датчики. Деякі з них закуповують, деякі модифікуються. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Заклучення контрактів про поставки в певні терміни із щорічним нашим технічним обслуговуванням АСК

Таблиця 7.19 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного відомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Бажання заключити контракт на низьку ціну	Все спілкування і обговорення вживу та по телефону. Можлива комунікація у	Якість залежить від ціни; Тривале партнерство =	Показати переваги продукції і можливий виграш у	Офіційний стиль. Додавати факти, графіки. Шукати

	на невеликий термін.	соціальних мережах та по електронній пошті. Замовлення приймається офіційно лише після підписання паперів.	лояльності ціни; Вчасно і економно.	прибутку компанії. +Зручність обслуговування та вчасні поставки.	зустрічей. Пропозиції випробувального терміну для порівняння
--	----------------------	--	--	---	---

7.8. Опис трьох рівнів моделі товару

Таблиця 7.20 - Опис трьох рівнів моделі товару

Обрана альтернатива розвитку проекту	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована системи виробництва		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	м ²	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Система керування ,яка підключається до печі Ачесона (або іншого пристрою, якщо це вказано у замовленні) та побічних пристроїв, а також до комп'ютера та засобів керування. По факту це система датчиків та з'єднувальних шнурів, які вмонтовуються на потрібне місце (вказано у інструкції)	1x1	20 тис. грн Можна підключити на будь-якому зручному місці для обслуговуючого персоналу. Захищені від потрапляння води та інших речовин. U=360V; та U=220V. I=20mA;
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Тестування проводиться на перед відправкою ,а також на місці.		
	Пакування – картонова коробка із спеціальними захисними матеріалами всередині для уникання деформацій чи пошкодження		
	Марка: «KAP-Company» + “ACS for oven Acheson”		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: • можлива програма лояльності при підписаному довготривалому контракті; • Розрахунок готівкою/безготівковий; • пільги доставки.		
	Після продажу: • гарантійний ремонт, • гарантія повернення грошей і обміну товар.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному приладі буде акцизна марка та фірмовий штамп.			

Отже, переглянувши всі плюси та мінуси технології деасфальтизації з селективним очищенням масел, можна зробити висновки, що ідея є актуальною та нагальною для застосування. Програмне забезпечення та грамотно спроектована система автоматизованого керування дає можливість зменшити кількість обслуговуючого персоналу, підвищити якість продукції, зменшити витрати часу та надає можливість керувати процесом на відстані. Технологія є доступною в плані ціни та застосування на підприємствах чи установах.

ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації була розроблена функціональна схема автоматизації процесу деасфальтизації з селективним очищенням масла. Також для даного процесу була розроблена принципова електрична схема і монтажно-комутаційна схема. В магістерській дисертації, як оригінальна частина, було розраховано витратомір змінного перепаду тиску. Для теплообмінника була розроблена математична модель, як об'єкта керування. Показані входи і виходи в апарат, класифікація об'єкта, і побудова статичної на динамічної характеристик апарату. Був проведений розрахунок надійності системи та проаналізовані шляхи покращення її безвідмовної роботи.

Надано рекомендації з охорони праці у процесі очищення стічних вод методом неперервної ректифікації, що відповідають чинному законодавству України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Остапенко Ю.О., Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник для студентів вищих закладів освіти, що навчаються за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – К.: Задруга, 1999. – 424 с.
2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Лукінюк М. В., Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2007. – 436 с.
4. Грищенко А.З., Автоматическое управление в производстве химических волокон. – М.: Химия, 1975. – 296 с.
5. Лукінюк М. В., Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
6. Моделирование систем: метод. указания / сост.: С.В. Фролов, А.А. Третьяков, С.Б. Путин, С.А. Скворцов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 32 с.
7. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев – К: Наука, 1965 - 524с.
8. Брянкин, Н.П. Утробин, В.С. Орехов, Т.П. Дьячкова Общая химическая технология [Текст]: учебное пособие: в 2 ч. / К.В. . – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Ч. 2 – 172 с.
9. Шишов, О.В. Технические средства автоматизации и управления: Учебное пособие / О.В. Шишов. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 397 с.

ДОДАТКИ

Додаток Б База знань параметрів процесу деасфальтизації нафтового дистилляту

№	Назва змінної	Ідент. змінної	Реєстрація потоку	Попередній апарат	Наступний апарат	Місце спостереження	Одиниці вимірювання	Спосіб вимірювання	Періодичність вимірювання	Допустимі границі	Показник якості	Перелік пов'язаних показників якості	Змінна - причина аварії?	Ознаки порушення (аварії)	Наслідки порушення (аварії)	Імовірність порушення (аварії)	Складено повний перелік аварій?	Визначення придатності змінної для прогнозування аварії
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Потоки																		
1	Температура дистилляту після перегонки	t_d	Д	Б	РК	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	290-297	Ні	Температура КЗ, Температура РС1	Так	Температура дистилляту < 290	Низька температур а РС1, низька температур а КЗ	20%	Так	-
2	Витрата дистилляту після перегонки	F_d	Д	Б	РК	Трубопровід	м ³ /год	Авт.	Неперервно	1500-1550	Ні	Концентрація РС1	Так	Витрата нафтового дистилляту < 1500	Низька концентрація РС1	50%	Так	-
3	Концентрація дистилляту після перегонки	Q_d	Д	Б	РК	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	90-95%	Ні	Концентрація РС1, Концентрація КЗ	Так	Концентрація дистилляту < 90%	Низька концентрація РС1	90%	Так	+
4	Співвідношення витрат Д і Ф	α	Д, Ф	СП, Б	РК	Трубопровід	-	Авт.	Неперервно	1:2 - 1:2,3	Так	Концентрація РС1, Витрата КЗ	Так	Співвідношення витрат не відповідає 1:2	Перевищення витрати КЗ, Низька витрата РС1, Низька витрата Р2	90%	Так	+
5	Температура бінарної суміші	$t_{б1}$	РС1	РК	ДФ	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	340-345	Ні	Температура РС2	Ні	---	---	0%	---	-
6	Витрата бінарної суміші	$F_{б1}$	РС1	РК	ДФ	Трубопровід	м ³ /год	Авт.	Неперервно	530-550	Ні	Витрата РС2	Так	Витрата РС1 < 530	Недостатня витрата РС2	50%	Так	-
7	Концентрація бінарної суміші	$Q_{б1}$	РС1	РК	ДФ	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	85-90	Так	Концентрація РС2	Так	Концентрація РС1 < 85%	Низька концентрація РС2	70%	Так	-
8	Температура холодної води	$t_{в1}$	Х	-	ДФ	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	287-297	Ні	Температура РС2	Так	Температура холодної води < 287 К	Недостатньо охолодження пари бінарної суміші РС2	50%	Так	-

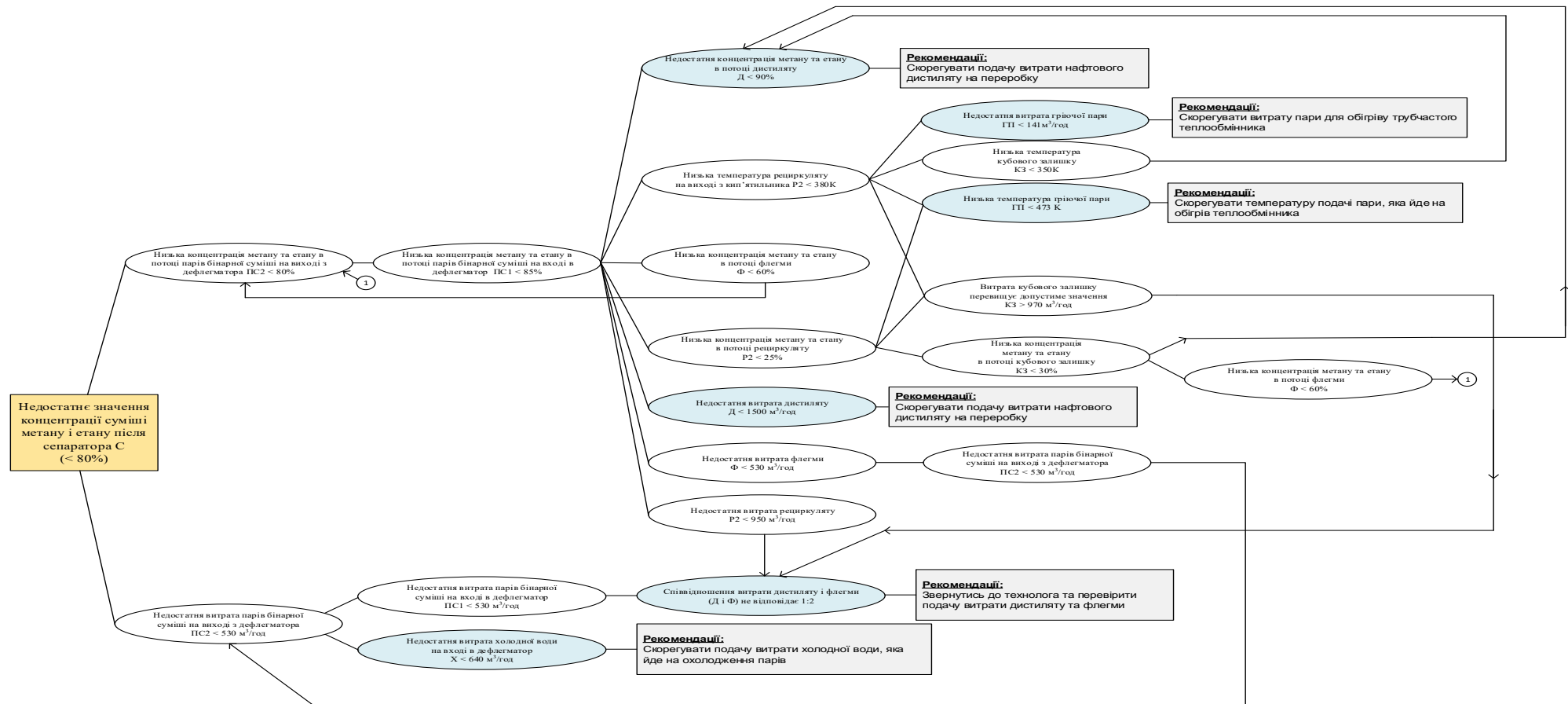
продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9	Витрата холодної води	F_{B1}	X	-	ДФ	Трубопровід	$m^3/год$	Авт.	Неперервно	610-660	Ні	Температура ПС2, Витрата ПС2	Так	Витрата холодної води <640	Недостатньо охолодженої пари бінарної суміші ПС2	50%	Так	-
10	Температура бінарної суміші	t_{b2}	ПС2	ДФ	СП	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	290-300	Ні	---	Ні	---	---	0%	---	-
11	Витрата бінарної суміші	F_B	ПС2	ДФ	СП	Трубопровід	$m^3/год$	Авт.	Неперервно	530-550	Так	Концентрація С	Так	Витрата бінарної суміші < 530	Низька концентрація С	50%	Так	-
12	Концентрація бінарної суміші	Q_{b2}	ПС2	ДФ	СП	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	80-95	Так	Концентрація С	Так	Концентрація бінарної суміші < 80	Низька концентрація С	60%	Так	-
13	Температура флегми	t_{ϕ}	Ф	СП	РК	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	310-320	Ні	---	Ні	---	---	0%	---	-
14	Витрата флегми	F_{ϕ}	Ф	СП	РК	Трубопровід	$m^3/год$	Авт.	Неперервно	310-330	Так	Концентрація ПС1	Так	Витрата флегми < 310	Низька концентрація ПС1	70%	Так	-
15	Концентрація флегми	Q_{ϕ}	Ф	СП	РК	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	60-70	Так	Концентрація КЗ, Концентрація ПС1	Так	Концентрація флегми < 60	Низька концентрація ПС1, Низька концентрація КЗ	60%	Так	-
16	Температура суміші метану і етану	t_c	С	СП	-	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	295-305	Ні	---	Ні	---	---	0%	---	-
17	Витрата суміші метану і етану	F_c	С	СП	-	Трубопровід	$m^3/год$	Авт.	Неперервно	200-210	Так	---	Так	Витрата > 210	Низька концентрація вихідної речовини	60%	Так	-
18	Концентрація суміші метану і етану	Q_c	С	СП	-	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	80-90	Так	---	Так	Концентрація < 80%	Низька концентрація вихідної речовини	95%	Так	+
19	Температура кубового залишку	$t_{куб}$	КЗ	РК	К	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	350-360	Так	Температура P2	Так	Температура < 350	Недостатня температура P2	50%	Так	-
20	Витрата суміші кубового залишку	$F_{куб}$	КЗ	РК	К	Трубопровід	$m^3/год$	Авт.	Неперервно	950-970	Так	Концентрація P2, Температура P2	Так	Витрата > 970	Недостатня температура P2, Недостатня	50%	Так	-

															концентрація P2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21	Концентрація кубового залишку	$Q_{куб}$	КЗ	РК	К	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	30-40	Так	Концентрація P2	Так	Концентрація кубового залишку < 30%	Низька концентрація P2	30%	Так	-
22	Тиск пари	$P_{п}$	ГП	-	К	Трубопровід	кПа	Авт.	Неперервно	196-294	Ні	---	Ні	---	---	0%	---	-
23	Температура пари	$t_{п}$	ГП	-	К	Трубопровід	°C	Авт.	Неперервно	200-250	Ні	Температура P2, Концентрація P2	Так	Температура пари < 200	Низька температура рециркуляції P2	30%	Так	-
24	Ентальпія пари	$i_{п}$	ГП	-	К	Трубопровід	кДж/кг	Авт.	Неперервно	20.99-20.102	Ні	---	Ні	---	---	0%	---	-
25	Витрата пари	$F_{п}$	ГП	-	К	Трубопровід	м ³ /год	Авт.	Неперервно	135-145	Так	Температура P2, Концентрація P2	Так	Витрата пари < 135	Недостатня температура P2, Недостатня концентрація P2	50%	Так	-
26	Температура рециркуляції	t_{p2}	P2	К	РК	Трубопровід	К	Авт.	Неперервно	380-390	Так	Концентрація ПС1	Так	Температура рециркуляції < 380	Низька концентрація ПС1	80%	Так	-
27	Витрата рециркуляції	F_p	P2	К	РК	Трубопровід	м ³ /год	Авт.	Неперервно	950-960	Ні	Температура ПС2	Так	Витрата рециркуляції < 950	Низька концентрація ПС1	40%	Так	-
28	Концентрація рециркуляції	Q_p	P2	К	РК	Трубопровід	%	Авт.	Неперервно	25-35	Ні	Концентрація Ф, Концентрація ПС1	Так	Концентрація рециркуляції < 25%	Низька концентрація ПС1	50%	Так	-

продовження таблиці

Додаток Б, Дерево аварійних ситуацій з рекомендаціями по їх усуненню



Додаток 1. Дерево аварійних ситуацій з рекомендаціями по їх усуненню