

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»
ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра автоматизації хімічних виробництв

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ
на тему: «Система автоматизації процесу екстракції
ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою
діетиленгліколю»

Виконав :
Пахотін К.А.
Студент VI курсу, ІХФ
Група ЛА-371мп
Залікова книжка № ЛА-37106мп

Керівник магістерської дисертації:
к.т.н., ст. викладач Піргач М.С.

Київ - 2018 року

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

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

«18» грудня_2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: «Система автоматизації процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю»

Виконав: студент 6 курсу, групи ЛА-з71мп
(шифр групи)

_____ Пахотін Кирило Анатолійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ к.т.н., ст. викладач Піргач М.С. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, 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»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра автоматизації хімічних виробництв

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.І.Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)

«30» жовтня 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Пахотін Кирило Анітолійович

1. Тема дисертації : «Система автоматизації процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю»
науковий керівник дисертації к.т.н., ст. викладач Піргач М.С.,
затверджені наказом по університету від «12». 11. 2018 р. №4140-С
2. Термін подання студентом дисертації :
3. Об'єкт дослідження : *Процес екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю*
4. Вихідні дані : *Система автоматичного керування повинна забезпечувати вихід керованої величини на усталений режим з максимальною швидкодією*
5. Перелік завдань, які потрібно розробити : *1. Виконати аналіз процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю та вказати типові схеми автоматизації; 2. Розробити математичну модель установки екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю та об'єкту керування; 3. Розробити схему автоматизації*

установки екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю; 4. розробку системи керування.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу : 1. Пояснювальна записка 2. Схема автоматизації установки екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю 3. Специфікація приладів та технічних засобів автоматизації. 4. Презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій :

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання : 6 листопада 2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальний аналіз процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою діетиленгліколю	07.11.2018 р.	
2	Опис технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю	12.11.2018 р.	
3	Автоматизація установки екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю	16.11.2018 р.	
4	Розробка креслень	20.11.2018 р.	
5	Математичне моделювання об'єкта керування	26.11.2018 р.	
6	Написання висновку	02.12.2018 р.	
7	Підготовка звіту	07.12.2018 р.	

Студент

(підпис)

Пахотін К.А.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Піргач М.С.

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Реферат

Магістерська дисертація присвячена розв'язанню задачі екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю

В роботі досліджено екстракційну колону як технологічний об'єкт керування, отримано математичну модель процесу охолодження, запропоновано експертну систему екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю та розроблено систему керування технологічним процесом.

Пояснювальна записка до магістерської дисертації має обсяг 63 сторінки та містить 19 рисунків, 6 таблиць, 10 літературних джерел та 1 креслення форматом А1.

У розділах пояснювальної записки виконаний загальний аналіз ароматичних вуглеводнів, аналіз технологічного процесу екстракції та аналіз стану виробництва, спроектовано та запропоновано автоматичну систему керування, розроблена математична модель статичного й динамічного режимів роботи об'єкта керування, виконано налаштування регулятора відповідно до технологічних вимог ведення даного процесу.

Результати данної роботи можуть бути використані та впроваджені в системах керування процесом екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю.

Ключові слова: ароматичні вуглеводні, екстракція, автоматизація, холодильник, технологічний процес, схема автоматизації, контроль та регулювання, сигналізація та блокування, об'єкт керування.

Abstract

The master's dissertation is devoted to solving the problem of extraction of aromatic hydrocarbons from gasoline with diethylene glycol

The extraction column as a technological control object was investigated, a mathematical model of the cooling process was obtained, an expert system for the extraction of aromatic hydrocarbons from gasoline with the aid of diethylene glycol was proposed and a control system for the technological process was developed.

The explanatory note for the master's thesis is 63 pages long and contains 19 drawings, 6 tables, 10 literary sources and 1 drawings in A1 format.

In the explanatory note sections the general analysis of aromatic hydrocarbons, the analysis of the technological process of extraction and the analysis of the state of production have been made, an automatic control system has been designed and proposed, a mathematical model of the static and dynamic modes of operation of the control object has been developed, the regulator has been configured in accordance with the technological requirements of this process.

The results of this work can be used and implemented in the control systems of the process of extraction of aromatic hydrocarbons from gasoline with diethylene glycol.

Key words: aromatic hydrocarbons, extraction, automation, refrigerator, technological process, automation circuit, control and regulation, signaling and blocking, control object.

Зміст

Скорочення	9
Вступ	11
1. Загальна характеристика та аналіз ароматичних вуглеводнів	13
1.1. <i>Фізичні та хімічні властивості ароматичних вуглеводнів</i>	13
1.2 <i>Методи екстракції ароматичних вуглеводнів</i>	16
1.3 <i>Характеристика установки системи екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю</i>	18
1.4. <i>Опис технологічної системи процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю</i>	20
2. Автоматизація установки системи екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю	23
2.1. <i>Роль автоматизації виробництва у технічному прогресі</i>	23
2.2. <i>Основа автоматизації – технологічний процес</i>	
2.3. <i>Структура автоматизованих виробничих процесів в умовах різного типу виробництва</i>	
2.4 <i>Аналіз технологічного процесу</i>	35
2.2. <i>Автоматичний контроль</i>	36
2.3. <i>Автоматичне регулювання</i>	45
2.4. <i>Сигналізація, блокування, захист</i>	45
2.5. <i>Дистанційне керування</i>	49
2.6. <i>Схема принципова електрична управління та аварійного захисту електродвигунів</i>	49
2.7. <i>Опис розробленої схеми автоматизації</i>	51
3. Математичне моделювання технологічного процесу трубчатого теплообмінника (холодильника)	54
3.1 <i>Загальна характеристика теплообмінників</i>	54
3.2 <i>Аналіз кожухоподібного теплообмінника як об'єкту керування</i>	58
3.3 <i>Моделювання динамічного режиму холодильника</i>	55
3.4. <i>Синтез системи керування</i>	60

<i>3.4.1 Вибір типу регулятора</i>	61
<i>3.4.2 Налаштування ПІ-регулятора методом найменших квадратів</i>	62
<i>3.4.3 Налаштування ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольса</i>	63
<i>3.4.4 Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола</i>	65
<i>3.4.5 Порівняння методів налаштувань регулятора</i>	68
<i>3.5 Розробка оптимальної системи керування</i>	70
Висновки	72
Список літератури	73
Додатки	
<i>Додаток 1. Специфікації</i>	74

Перелік скорочень та умовних позначень

- *Абревіатури та скорочення:*

АФХ – амплітудно-фазова характеристика,
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика,
ЕРС – електрорушійна сила,
ІЧ – інфрачервоний,
КПО – коефіцієнт природного освітлення,
АТ – атмосферний трубчастий,
ВТ – вакуумний трубчастий,
АВТ – атмосферно-вакуумно трубчастий ,
мод. – модель,
НДІ – науково-дослідний інститут,
НТЦ – науково-технічний центр,
об. – частка об'єму,
ПІ – пропорційно-інтегральний,
поз. – позиція,
ТС – технічна система,
ЦНДЛ – центральна науково-дослідна лабораторія.

- *Умовні позначення:*

С – теплоємність,
D, d – діаметр,
k – коефіцієнт тепловіддачі,
K_r – коефіцієнт підсилення регулятора,
M – показник коливності,
T – температура/час,
T_i – час ізодрому,
V – об'єм,
ρ – густина .

- *Одиниці вимірювання:*

В – вольт,

г – грам,

год – година,

Гц – герц,

дБ – децибел,

Дж – джоуль,

г/моль – грам на моль,

°С – градус Цельсія,

дм³ – дециметр кубічний,

кг – кілограм,

кгс – кілограм сили,

кПа – кілопаскаль,

Лк – люкс,

Лм – люмен,

м² – метр квадратний,

м³ – метр кубічний,

мА – міліампер,

мг – міліграм,

мм – міліметр,

МОм – мегаом,

МПа – мегапаскаль,

нм – нанометр,

с – секунда,

см – сантиметр,

т – тонна,

хв – хвилина.

ВСТУП

В даний час основним джерелом отримання моноциклічних ароматичних вуглеводнів (бензолу, толуолу, ксилолів) є каталізата процесу риформінгу бензинових фракцій, з яких вони витягуються рідинної екстракцією селективними розчинниками. Для успішного здійснення процесу поділу вуглеводневої сировини, що застосовується екстрагент повинен задовольняти ряду вимог, найважливіші з яких висока селективність і розчинна здатність. Однак до сих пір не знайдений екстрагент, що повністю відповідає вимогам сучасної технології.

Використовувані в даний час у вітчизняній промисловості розчинники - діетіленгліколь (ДЕГ) і триетіленгліколь (ТЕГ) для виділення ароматичних вуглеводнів мають низьку селективність і розчиняють здатність, що змушує підвищених температурі і тиску, що призводить до додаткових матеріальних проводити процес при високих кратностях екстрагента до сировини і підвищених температурі і тиску, що призводить до додаткових матеріальних і енергетичним витратам. Тому вдосконалення технології поділу складних вуглеводневих сумішей з метою зниження енергетичних витрат, шляхом зменшення кратності розчинника до сировини і температури процесу, є актуальною науково-технічною задачею.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є використання екстрагентів змішаного типу. Застосування останніх дозволяє більш гнучко здійснювати екстракційні процеси поділу вуглеводневих сумішей при переробці сировини змінного складу за рахунок зміни екстракційних і фізико-хімічних властивостей екстрагентів.

На підставі лабораторних даних і їх математичної обробки встановлені оптимальні умови проведення екстракції ароматичних вуглеводнів з промислової сировини, які можуть бути рекомендовані для розробки та автоматизації технології процесу.

Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розроблення прогресивно-технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин або системи машин. Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів.

На сьогодні можна стверджувати, що напрямок переобладнання виробництва на основі автоматизацій усіх його процесів знайшов своє місце в машинобудуванні. Комплексно автоматизоване машинобудівне виробництво створює умови для одночасного досягнення високої продуктивності й технологічної гнучкості, яка раніше забезпечувалась лише безпосередньою участю людини у виробничому процесі.

Актуальною проблемою є створення інтегрованих виробничих систем. Для цього треба вирішення ряд певних важливих наукових та інженерних завдань створення технічних і програмних засобів управління, вимірювання, контролю за ходом виробництва, діагностики, маніпулювання оброблюваними деталями, конструювання інструменту, вибір технологічної стратегії. Причин, які б дозволяли в найкоротші терміни розробити принципи створення й упровадження гнучких автоматизованих виробництв – декілька. Перша полягає в тому, що автоматизоване виробництво дозволяє автоматизувати одиничне і дрібно-серійне виробництво, яке складає на сьогодні більше ніж 80% загального об'єму промислового виробництва. Друга причина - стрімкий розвиток сучасних засобів обчислювальної техніки, які відрізняються простотою керування й програмування, а також можуть забезпечити автоматизацію практично всіх ступенів реалізації технологічного задуму – від розроблення і конструювання до управління технологічними процесами і плануванням. Третя, найголовніша причина - автоматизоване виробництво за своєю суттю – новий напрямок виробничих сил.

Базовою складовою виробничих систем є виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси на базі основного технологічного обладнання робототехнічні засоби обслуговування даного обладнання засобів складування заготовок, деталей, інструментів і технологічної оснастки, транспортно-накопичувальні пристрої, пристрої видалення відходів виробництва.

Отже, виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси спільно з іншими автоматизованими засобами забезпечення функціонування є основними виконавчими структурними одиницями сучасного гнучкого автоматизованого виробництва.

Автоматизація процесу виробництва — важливий напрямок технічного прогресу усіх галузей народного господарств.

Автоматизація — галузь науки й техніки, що охоплює теорію й принципи побудови систем керування, а також сукупність технічних засобів для їхньої реалізації. Під автоматизацією мається на увазі комплекс організаційно-технічних заходів, що приводить до зменшення або повного виключення участі людини в здійсненні виробничого процесу.

Темою магістерської дисертації є «Система керування установкою екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю».

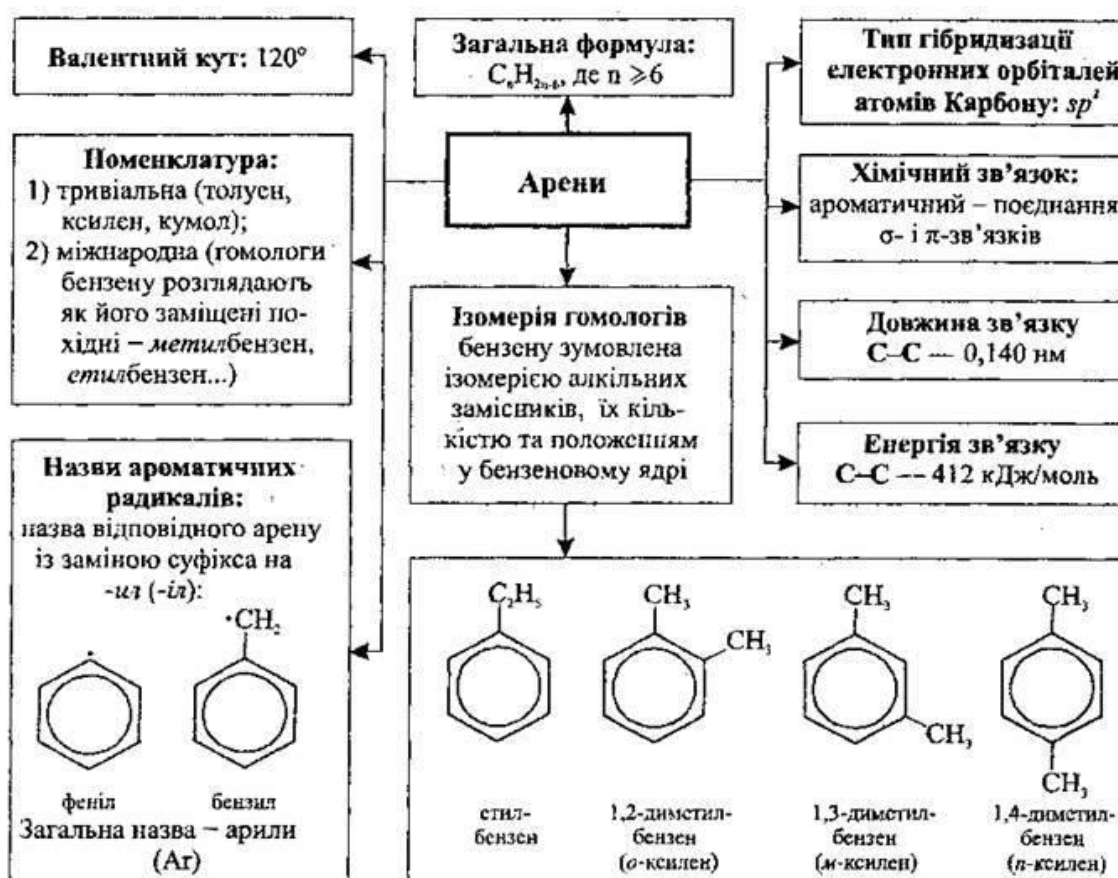
Новизною даної дисертації являється розробка схеми автоматизації процесу отримання ароматичних вуглеводнів. Для цього в проекті застосовано нове устаткування та технічні засоби автоматизації, що відповідають технічним та економічним вимогам.

1. Характеристика та аналіз ароматичних вуглеводнів.

1.1. Фізичні та хімічні властивості ароматичних вуглеводнів.

Арени (також ароматичні вуглеводні) — органічні сполуки, які належать до класу карбоциклічних сполук. У складі молекули ароматичних вуглеводнів є одна або кілька груп з 6 атомів вуглецю (карбону), сполучених у ароматичне кільце (бензенове ядро) замкненою системою супряжених ПІ-зв'язків.

За сучасними уявленнями, атоми Карбону в бензеновому ядрі сполучені електронами двох типів: одні електрони містяться в площині молекули, інші розміщені перпендикулярно до неї.



Арени — клас вуглеводнів, молекули яких містять одне чи декілька бензенових кілець.

Інша назва вищезгаданих арен – ароматичні вуглеводні. Прямого відношення до запахів (ароматів) цей термін не має.

Залежно від кількості бензенових циклів розрізняють: одноядерні (моноциклічні) та багатоядерні (поліциклічні) арили.

Багатоядерні поділяють на арили з конденсованими (анельованими) циклами та арили з ізольованими циклами.

Найпростішим представником і найбільш важливим з одноядерних ариленів є бензен C_6H_6 (I).

Бензен входить до десяти найважливіших сполук органічної хімії. Значну частину бензену використовують в органічному синтезі:

- етилбензену (компонента високооктанових бензинів, вихідної речовини у виробництві старену, каучуків);
- кумолу (проміжного продукту у виробництві фенолу, ацетону та інших сполук);
- циклогексану (сировини для отримання капролактаму, адипінової кислоти і циклогексанону; розчинника ефірних олій, лаків, фарб, екстрагента у фармацевтичній промисловості);
- нітробензену (розчинника, окиснювача, продукту для виробництва аніліну та інших сполук);
- барвників, лікарських препаратів, розчинників, отрутохімікатів (пестицидів).

Значну частину (іноді до 50%) бензинів становлять ароматичні сполуки, зокрема бензен. Стратегічним завданням є зменшення вмісту бензену (до 1 %) через його високу канцерогенність (при хронічних отруєннях).

Важливе значення мають його похідні: толуен (II), п-ксилен (III), кумен (IV), стирен (V) та ін. Багатоядерні арили з конденсованими бензеновими циклами залежно від способу з'єднання циклів поділяють на: конденсовані системи з лінійним розміщенням циклів — нафтален (VI), антрацен (VII), конденсовані системи з ангулярним (кутовим) розміщенням циклів — фенантрен (VIII).

Багатоядерні ацени з ізольованими циклами містять два чи декілька бензенових ядер, сполучених між собою σ -зв'язком або через аліфатичний вуглецевий ланцюг — біфеніл (IX), трифенілметан (X).

Ароматичні вуглеводні у промисловості добувають коксуванням кам'яного вугілля з подальшою фракційною перегонкою; із нафти — каталітичним реформінгуванням. Синтетичні методи добування аценів включають циклотримеризацію алкінів, алкілування А.в. за Фріделем — Крафтсом та за реакцією Фіттіга чи Ульмана.

Ацени застосовують у синтезі лікарських речовин, тринітротолуен входить до складу мазі Унгветол; хлосил використовують як антигельмінтну речовину; цимен входить до складу ефірних олій багатьох рослин тощо.

Крім того, ацени використовують для виробництва лаків, фарб, вибухових речовин, барвників, полістиролу, синтетичного каучуку тощо.

1.2 Методи екстракції ароматичних вуглеводнів

Відомий спосіб екстракції ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичного вуглеводнями – екстракція триетиленгліколя. Однак через низьку розчинюючої здатності триетиленгліколя екстракцію необхідно проводити при високій температурі – 150°C і високому витраті екстрагента, кратність розчинника до сировини становить 800-1200 мас.%, що обумовлює великі капітальні та експлуатаційні витрати.

Відомі способи екстракції ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичного вуглеводнями екстрагентами, що складаються з двох розчинників: етиленгліколю і N-метілпірролідона (там же), гліцерину і N-метілпірролідона. Однак через низьку розчинюючої здатності зазначених екстрагентів по відношенню до ароматичних вуглеводнів для активації процесу екстракції використовують підвищені температуру і витрата екстрагентів.

Інші способи екстракції ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичного вуглеводнями - триетиленгліколя, додатково містять 50% мас. тетра-гідрофурилового спирту. Однак відомий спосіб не забезпечує високих показників екстракції. Крім того, тетрагідрофуриловий спирт відноситься до числа малодоступних реагентів через відсутність сировинної бази для його виробництва у великих обсягах. Завданням запропонованого технічного рішення є поліпшення показників екстракції ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичного вуглеводнями.

Екстракцію ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичного вуглеводнями здійснюють триетиленгліколі, що містять активну добавку - низькомолекулярний спирт. Як низькомолекулярних спиртів при здійсненні способу використовуються спирти, що містять від 2 до 4 атомів вуглецю, і їх витрата становить 3-8 мас.%.

Винахід відноситься до нафтопереробної і нафтохімічної галузі промисловості і може бути використано в процесі виділення ароматичних вуглеводнів з їх сумішей з неароматичними вуглеводнями методом рідинної екстракції.

Ароматичні вуглеводні бензинів є різними гомологами бензолу. Ідентифікація ароматичних вуглеводнів бензину має великий практичний інтерес – відомо, що антидетонаційні властивості бензинів в значній мірі залежать від присутності ароматичних вуглеводнів. Окремі представники ароматичних вуглеводнів, з точки зору антидетонаційних властивостей бензину, мають різне значення. Так, наприклад, етилбензол, крім високого октанового числа, характеризується гарною сприйнятливістю до тетрагілсвінцу. Тому, незважаючи на невеликий вміст ароматичних вуглеводнів у більшості нафт, їх ідентифікація є актуальним питанням хімії нафти.

1.3 Характеристика установки системи екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю

Значна різниця в складі рафінадного і екстрактного розчинів визначають різницю в проведенні процесів відгонки розчинників із екстрактного і рафінадного розчинів.

Рафінадний розчин складається в основному з нафтопродуктів, а розчинник складає тільки 10-30% від розчину. Екстрактний розчин, навпаки, містить 85-95% розчинника, а майже нелетучий компонент – екстракт – складає в ньому всього 5-15%. Кількість екстрактного розчину зазвичай вища, ніж рафінадного. Очевидно, відігнати розчинник від рафінадного розчину простіше, ніж від екстрактного.

Регенерацію розчинників із рафінадних розчинів здійснюють в одну, або дві стадії. Головна апаратура цієї частини установки складається із парового нагрівача, одної ректифікаційної колони, насоса для подачі розчину рафінаду в нагрівач, насоса для відкачки із колони рафінаду, звільненого від розчинника, теплообмінників, холодильника для охолодження рафінаду.

В колоні відбувається відділення головної маси розчинника, випаруваного в нагрівачі, і відпарювання відкритим паром його залишків. В тих випадках, коли в рафінадному розчині міститься велика кількість розчинника і має місце можливість відділити частину сухого розчинника одинарним випаруванням, колона розділяється на випарну і відпарну секції.

Практично неможливо випарувати в один прийом головну масу розчинника з розчину, в якому його багато. Крім того, це було б не вигідно з точки зору регенерації тепла пари розчинника.

Тому при регенерації розчинників із екстрактних розчинів застосовують ступеневий перегін з використанням тепла наступної ступені для підігріву продукту.

Щоб збільшити середню температуру в парадистилянтних теплообмінниках, в наступних ступенях підтримують більш високий надлишковий тиск.

Регенерація тепла екстракта, що виходить з відпарної колони, в більшості випадків не виправдовує себе, в особливості тоді, коли екстракт складає, незначну кількість від розчину.

1.4. Опис технологічної системи процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю

Принципова схема добування ароматичних вуглеводнів з бензинів мало відрізняється від схеми з використанням діетиленгліколю. Після невеликих змін відділення вилучення розчинника з екстракту і при використанні води з продукту в колоні для промивки рафіната схема із застосуванням діетиленгліколю може бути використана для екстракції за допомогою сульфолану.

Діетиленгліколь і Етилцеллозольв на відміну від гліцерину розчиняються в бензолі. Ці суміші важко розділити, тому в обох теплоносіях залишається до 15% бензолу. У етилцеллозольвом, крім того, добре розчиняються антиоксиданти. Виділення каучуку без стабілізаторів відбувається у вигляді кома. Застосування діетиленгліколю та етилцеллозольвом для виділення каучуку - недоцільно.

Установка екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю складається з наступних секцій: екстракція, регенерація розчинника з рафінатного розчину, регенерація розчинника з екстракційного розчину, ректифікація отриманих ароматичних вуглеводнів (бензол, толуол, суміш ксилолов).

Сировина зі сховища з температурою 20...25°C через підігрівач (150°C) закачується в екстракційну колону 4, у верхню частину якої подається діетиленгліколь. В нижню частину колони 4 нагнітається циркулююча на установці частина екстракту. Зверху колони 4 відводиться рафінатний розчин, який після охолодження в холодильнику 3 до температури 80°C направляється в колону 5 для промивання від рафіната діетиленгліколя водою, яка подається з бака 8. Знизу колони 5 відкачується водяний розчин діетиленгліколя, який змішується з безводним розчинником та повертається в екстракційну колону 4. Зверху колони 5 відводиться рафінат (неароматичні вуглеводні).

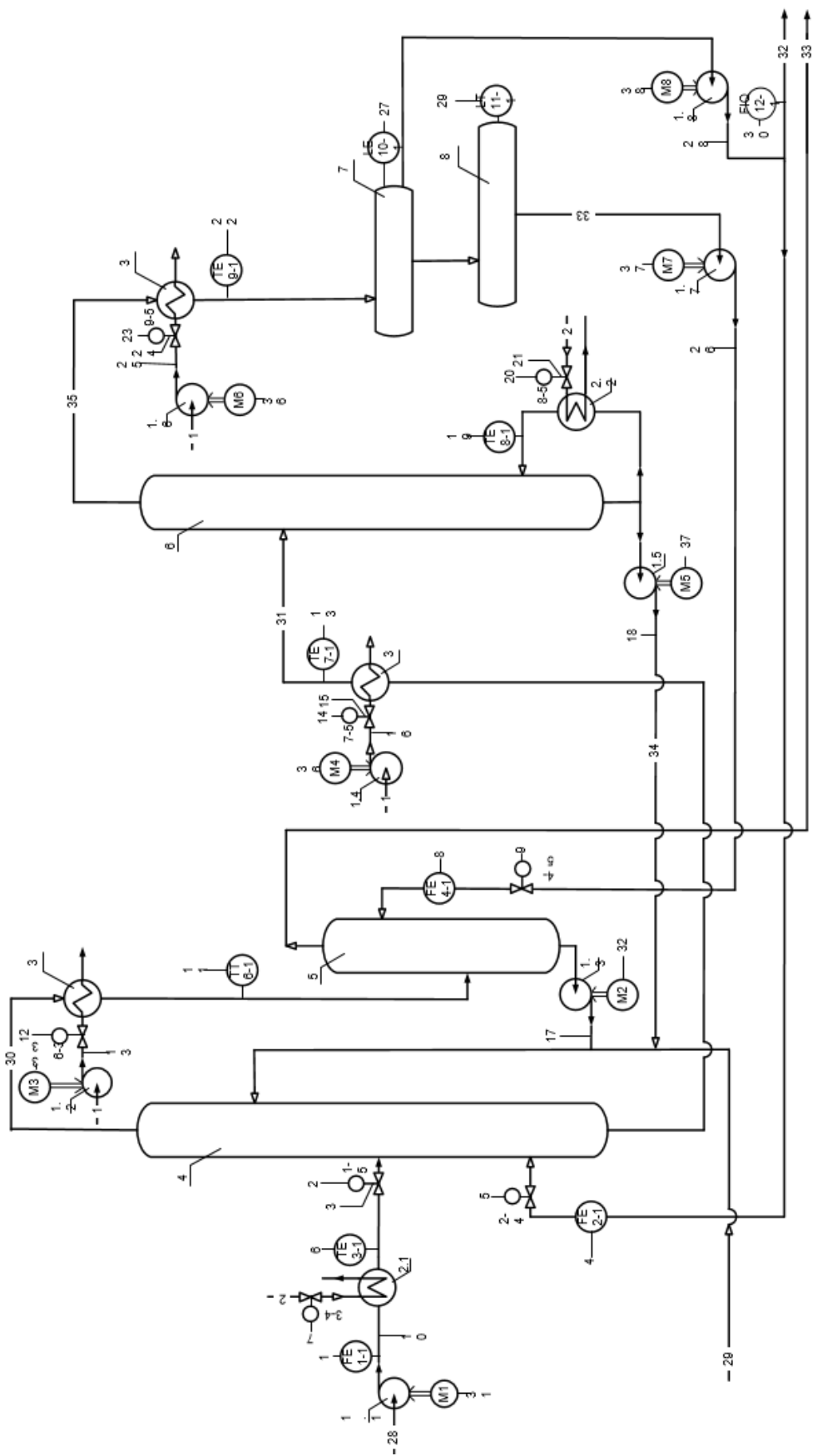


Рис. 1.1. Технологічна схема процесу

Екстрактний розчин, що складається з діетиленгліколя, води та екстракта, відводиться знизу колони 4 після охолодження в холодильнику 3 у верхню частину відпарної колони 6. Знизу цієї ж колони регенований розчин повертається назад у колону 4, а частина розчинника циркулює через паровий обігрівач 2.2 для підтримання в колоні 6 необхідного температурного режиму.

Пара суміші ароматичних вуглеводнів, води та діетиленгліколю, що відходить зверху колони 6, конденсується в холодильнику 3. Конденсат поступає в відстійник 7, де розділяється на два шари.

Верхній шар – екстракт (ароматичні вуглеводні) направляються в секцію ректифікації для розділення суміші ароматичних вуглеводнів на бензол, толуол та ксилол. Частина екстракту, що відходить, з відстійника 7, подається вниз екстракційної колони 4 для збільшення концентрації ароматичних вуглеводнів в продукті.

Нижній шар – вода з розчинником – потрапляє в приймач 8, звідки подається в колону 5 на промивку рафінованого розчину, балансова кількість води поступає у відпарну колону 6.

2. Автоматизація установки системи екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю

2.1 Роль автоматизації виробництва у технічному прогресі

Під виробничим процесом сучасного виробництва розуміють певний комплекс заходів, допомогою яких здійснюється виробництво тих або інших машин, вузлів, апаратів та інших виробів. Основним завданням промисловості є освоєння нових конструкцій машин, обладнання, засобів механізації й автоматизації, нових технологій. Для кожного напрямку різних галузей народного господарства характерна своя специфіка, яка залежить від типу виробництва, призначення, розмірів і точності машин, рівня виробництва і технічної оснащеності. Автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління виробничими процесами та передаванням цих функцій технічним засобам – автоматичним пристроям і системам. Керування, цілеспрямована дія на об'єкт, забезпечує оптимально-заданий режим роботи.

Незалежно від мети або структури об'єкта процес керування передбачає отримання та попереднє опрацювання інформації про стан об'єкта, системи і навколишнього середовища, аналіз отриманої інформації, прийняття рішення про дію на об'єкт у певному напрямку та оцінювання можливості реалізації такої дії; реалізація управління, тобто формування дії за допомогою відповідних технічних засобів. При здійсненні керування часто доводиться спочатку відшукувати потрібний режим роботи, а потім його підтримувати.

В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних параметрів задають наперед, тоді системи називають системами автоматичного регулювання.

Сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерноінтегровані системи.

При створенні й аналізі системи автоматизацій виділяють такі структури:

- Функціональна – сукупність частин для виконання окремих функцій.
- Алгоритмічна – сукупність частин для виконання алгоритмів опрацювання інформації.
- Технічна – сукупність технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити зростання продуктивності та поліпшення умов праці та зростання надійності, техніко-економічних показників, загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу. Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками.

Однією з найпоширеніших класифікацій є функціональне призначення пристроїв: автоматичного контролю та сигналізації, автоматичного захисту, обчислювання, автоматичного керування.

Пристрої автоматичного контролю та сигналізації забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів, станом приміщень та відповідно сигналізацією. За нормальних умов процесів використовується оптична сигналізація, а при появі відхилень від цих умов – оптична та акустична.

Пристрої автоматичного захисту забезпечують захист об'єктів при появі загрози для обладнання, продукції або обслуговуючого персоналу. Блокуючі пристрої мають призначення не допускати виконання неправильних команд. Обчислювально-лічильні пристрої самостійно виконують складні розрахунки найвигідніших технологічних режимів роботи, експрес-аналізу та ін.

Вирішення проблем автоматизації потребує принципово нових технологічних підходів до обладнання, уніфікованих технологічних процесів, вибору систем керування, а також потребує розв'язання таких проблем, як максимальна концентрація операцій, упровадження багатоопераційних, багатоінструментальних машин, верстатів, застосування складальних і контрольних автоматів, завантажувальних пристроїв та ін.

Автоматизація – нова форма виробництва. Це складний процес, який охоплює багато співвідношень: технічних, наукових, економічних.. Вона вивчає умови функціонування і алгоритми управління для різних технологічних процесів з ціллю розроблення систем автоматичного керування. Перехід від ручної або механізованої праці до автоматизованого виробництва можна здійснити тільки після спеціальної підготовки, в якій основними положеннями переходу представлені певні умови.

Важливою умовою рентабельності сучасного виробництва є автоматизація транспортних робіт. Основними етапами вирішення проблеми транспортування деталей при автоматизованому виробництві є суміщення кількох операцій з метою скорочення транспортних шляхів або організація найкоротших прямолінійних технологічних ліній.

Найраціональнішим технологічним транспортом можна вважати технологічні конвейєри з перевантажними і розподільними автоматичними пристроями, з міжопераційним запасом і різними пристосуваннями для обробки різноманітних за формою деталей.

2.2. Основа автоматизації – технологічний процес

Під виробничим процесом сукупність окремих процесів, здійснюваних для отримання з матеріалів і напівфабрикатів готових виробів. У виробничий процес входить не тільки основні процеси, безпосередньо пов'язані з виготовленням сировини, але і всі допоміжні процеси, що забезпечують можливість виготовлення продукції.

Технологічний процес – частина виробничого процесу, під час якого відбувається зміна якісного стану об'єкта виробництва, система, в якій єдиний комплекс об'єднані устаткування, засоби контролю і керування, транспортні пристрої, які обробляє інструмент, які здійснює процес або керування.

На кожному етапі виробничого процесу, по окремих операціях технологічного процесу, здійснюється контроль за виготовленням сировини відповідно до технічних умов, які пред'явлені до деталі забезпечення належної якості готового виробу.

При цьому необхідно вирішити цілу низку задач, які визначають якісну і кількісну характеристики технічного процесу.

Коло операцій – визначає цільове призначення автомата або лінії, у відповідності з чим і їх певна назва (автомат, автоматична лінія). Технологічний процес може об'єднати споріднені операції або операції різної якості. Різні операції мають різні закони обробки, протікають в різних умовах. Це призводить до різної тривалості протікання і тому кількісне оцінювання по затратах часу для робочих і холостих операцій є основою для визначення продуктивності технологічного обладнання.

Для налагодження обладнання складають технологічну карту обробки. Перехід до комплексної автоматизації, до створення автоматичних цехів і заводів характерні тим, що технологічний процес містить у собі не тільки різноманітні операції, але ще й такі процеси – литво, термообробка, складання, контроль, пакування.

2.3. Структура автоматизованих виробничих процесів в умовах технічного процесу

Автоматизація виробничих процесів на основі впровадження роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих модулів, допоміжного обладнання, транспортно-накопичувальних і контрольно-вимірювальних пристроїв, об'єднаних у гнучкі виробничі системи, що керуються від ЕОМ, є однією зі стратегій прискорення науково-технічного прогресу.

Гнучка виробнича система являє собою сукупність різно-поєднаних обладнань з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка характеризується властивістю автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

Узгоджена робота всіх елементів виробничої системи повинні базуватися на організації просторового і часового зв'язку всіх елементів, які дозволять синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів.

Для виконання цієї умови потрібен аналіз технічного завдання, який вимагає :

- Зміст технічного завдання
- Аналіз конструктивів, деталювання, визначення класифікаційних кодів деталей, визначення основних технологічних операцій необхідних для повного виготовлення конструктивів та їх групування за типами
- Попередній вибір технічного процесу

- Попередній аналіз умов та організації виробництва для проектування виробничої системи.
- Згідно з отриманим технічним завданням на проектування гнучкої виробничої роботизованої системи на основі агрегатно-модульної побудови визначити технічне виробництво.

Паралельна структура даного виробництва можлива при наборі в групи більшої кількості конструктивів із сумарним випуском, що забезпечує економічно необхідну продуктивність складної лінії.

Технічна підготовка виробництва на базі виробничих систем характеризується вибором певних організаційних параметрів у встановлених межах значень їх характеристик : вибір основного та допоміжного технологічного обладнання для виконання основних або допоміжних технологічних операцій, вибір переналагоджуваних засобів.

2.4. Аналіз технологічної системи установки екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю

Для створення системи пристроїв, які б здійснювали задані процеси для виготовлення виробу, необхідно мати розроблену принципову і монтажну схеми кожного з пристроїв і системи в цілому. В загальному випадку це пристрої різної фізичної природи. Їх проектування та підбір будуть здійснювати спеціалісти відповідних профілів.

Вимоги до системи ставить замовник, котрий також у більшості випадків не володіє достатніми знаннями в усіх сферах. Виникає проблема подолання такого бар'єру, щоб наперед, до створення системи в металі, розробити вимоги до неї, аби вони якнайповніше відповідали вимогам необхідної промисловості та можливостям оснащення створюваної системи необхідними компонентами.

В останні роки розроблені методи складання схем, в яких у зручному формалізованому вигляді подані окремі елементи виробничого процесу, що автоматизується. Це – схеми автоматизації. Суть складання цих схем полягає у тому, що всі операції процесу, котрий автоматизується, подають у деякому формалізованому вигляді, що дозволяє віддалитися від конкретного змісту тієї чи іншої операції. Формалізація технічного процесу полягає у його математичному моделюванні з наступним проведенням досліджень на цих моделях. Використовуючи принцип аналогії особливості функціонування систем з різною фізичною природою можна відтворити за допомогою одних і тих же математичних залежностей.

Отже, під схемою автоматизації розуміємо подання виробничого процесу, починаючи з операції введення в систему напівфабрикату або вихідного матеріалу і закінчуючи виходом продукту.

Так як схема автоматизації містить операції виробничого процесу, то при виготовленні схеми можна абстрагуватися від конкретного змісту операцій й оперувати лише часовими співвідношеннями між ними.

Складання схеми автоматизації починається з розроблення на основі технологічного процесу переліку необхідних операцій, при створенні схеми автоматизації слід враховувати ці критерії, які назвемо показниками виробничого процесу. Крім того, схема автоматизації повинна враховувати можливості виробництва, а також граничні вимоги технології.

Отже, пошук оптимальних показників повинні здійснюватись в можливій області значень. На основі остаточних значень показників виробничого процесу і розробляють вимоги, котрі можуть бути покладені в основу підбору чи проектування блоків, підсистем і системи автоматизованого виробництва заданого виробу.

При розробленні проекту автоматизації у першу чергу необхідно вирішити, з яких місць ті чи інші ділянки об'єкта будуть керуватися, де будуть розміщуватися пункти керування, операторські приміщення, який повинен бути взаємозв'язок між ними, тобто необхідно вирішити питання вибору структури керування. Структура - сукупність частин автоматичної системи, на які вона може бути розділена за визначеною ознакою, а також шляху передавання впливів між ними.

Метою цієї роботи – є розробка системи автоматизації процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю на основі опису процесу та технологічних параметрів для досягнення ефективного функціонування апаратів, та забезпечення автоматизованого керування процесом, а також для запобігання можливого виникнення аварійних ситуацій у ході процесу, для чого в схемі автоматизації буде запропоновано систему аварійного захисту та технологічних блокувань.

Схема автоматизації технологічного процесу включає системи технологічного контролю за технологічними параметрами, системи автоматичного регулювання технологічних параметрів, системи технологічної сигналізації та захисту, системи дистанційного керування виконавчими механізмами.

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні стабілізації якості процесу екстракції ароматичних вуглеводнів й зниження витрати вихідних реагентів при заданій продуктивності.

2.2. Автоматичний контроль

У системі екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю необхідно забезпечувати автоматичний контроль технологічних параметрів таких як температура в різних точках процесу, витрати та рівня на певних апаратах.

Для отримання продукту високої якості, контрольовані параметри обов'язково повинні бути в межах встановленого технологічного регламенту процесу.

Враховуючи особливості технологічного процесу системи екстракції слід забезпечити автоматичний контроль таких параметрів:

- температуру сировини,
- температуру розчинника,
- температуру розчину перед промивкою водою,
- температуру сировини на виході з холодильника,
- температуру суміші після холодильного апарату,
- рівень суміші у відстійнику,
- рівень суміші в баку для води,
- витрату в трубопроводі,
- витрату суміші в трубопроводі перед колоною для промивки водою,
- витрату суміші в трубопроводі перед екстракційною колоною.

2.3. Автоматичне регулювання

Щоб підтримувати задане технологічному регламенті значення параметрів, було розроблені контури для регулювання таких параметрів:

- температуру суміші після ректифікаційної колони,
- температуру суміші після колони для відгону вуглеводнів,
- рівень суміші після ректифікаційної колони,
- рівень суміші після колони для відгону вуглеводнів,
- витрату в трубопроводі перед підігрівачем,
- витрату в трубопроводі перед екстракційною колоною,
- витрату в трубопроводі перед колоною промивання водою.

2.4. Сигналізація, блокування, захист

Сигналізація, блокування і захист захищають обладнання від поломок внаслідок можливих збоїв у процесі виробництва необхідної продукції, а також повідомляють оператору про відхилення від технологічного регламенту параметрів, які впливають на якість продукції, що випускається

У схемі автоматизації реалізовано такі контури сигналізації:

- роботи і зупинки електричних двигунів M1...M10, що мають сигнальні лампочки HL1, HL2, HL5...HL20, одна з яких (зеленого кольору) сигналізує про роботу двигуна, а інша (червоного кольору) про його зупинку;
- сигналізацію межі витрат суміші на виході трубопровода HL3, HL4;

Система блокувань у процесі реалізована для того, щоб зупинити процес в разі поломки якогось обладнання, для того, щоб забезпечити вихід якісного продукту і подальшу дієздатність технологічного обладнання.

В схемі блокування реалізовано таким чином:

- після кожного насосу встановлено вимірювач тиску , якщо значення тиску занадто низьке, це може свідчити про зупинку , в такому випадку спрацьовують технологічні блокування, які зупиняють електродвигуни, що приводять в дію ці насоси. Це технологічні блокування 1 Тб...10 Тб для моторів М1...М10 відповідно.

Захист реалізовано для того, щоб запобігти поломці обладнання внаслідок збоїв у роботі.

Електричний захист реалізований таким чином:

- для кожного електродвигуна насосу реалізовано аварійний захист, який спрацьовує, коли тиск після насосу падає , що дозволяє зберегти робочим обладнання. Це механічний захист у вигляді шпонки і електричний, що реалізується впливом на магнітний пускач двигуна.

Параметри контролю виробництва наведено у таблиці 2.4.1

Табл. 2.4.1. Параметри контролю виробництва

№ п/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 на подачі сировини, бензин	-	-	Контроль
2	Трубопровід перед підігрівачем, бензин	витрата	-	Контроль, регулювання
3	Трубопровід перед екстракційною колоною, регенерований розчин	Витрата	-	Контроль, регулювання
4	Трубопровід після підігрівача, бензин	Температура	150 °С	Контроль
5	Трубопровід після ректифікційної колони, рафінатний діетиленгліколь	Рівень	-	Контроль
6	Трубопровід після холодильника, рафінатний діетиленгліколь	Температура	80 °С	Контроль
7	Трубопровід після колони промки водою, рафінатний діетиленгліколь	Рівень	-	Контроль

Продовження таблиці 2.4.1.

8	Трубопровід перед колоною промивання водою, рафікатний розчин	Витрата	-	Контроль, регулювання
9	Трубопровід після ректифікаційної колони, рафікатний діетиленгліколь	Рівень, температура	45 °С	Контроль, регулювання
10	Трубопровід після колони для відгону вуглеводнів, розчинник	Температура, рівень	30 °С	Контроль, регулювання
11	Відстійник, розчинник	Рівень	-	Контроль, сигналізація
12	Бак для води, вода	Рівень	-	Контроль, сигналізація
13	Трубопровід після бака з водою	Рівень, витрата	-	Контроль
14	Трубопровід після відстійника	Рівень, витрата	-	Контроль
15	Вихідний патрубок насоса	Тиск	-	Контроль, сигналізація

2.5. Дистанційне керування

Для дистанційного запуску електродвигунів насосів використовуються магнітні пускачі МП1...МП10, які керуються з щита керування кнопками SB1, SB3, SB5, SB7, SB9, SB11, SB13, SB15 — для увімкнення та SB2, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14, SB16 - для вимкнення.

Сигнальні лампи HL1, HL2, HL5...HL20 — є індикаторами увімкнення або вимкнення двигуна.

Дистанційному керуванню підлягають:

- електропривод двигуна М1 (кнопка Н, SA4 на щиті),
- електропривод двигуна М2 (кнопка Н, SA5 на щиті),
- електропривод двигуна М3 (кнопка Н, SA6 на щиті),
- електропривод двигуна М4 (кнопка Н, SA7 на щиті),
- електропривод двигуна М5 (кнопка Н, SA8 на щиті),
- електропривод двигуна М6 (кнопка Н, SA9 на щиті),
- електропривод двигуна М7 (кнопка Н, SA10 на щиті),
- електропривод двигуна М8 (кнопка Н, SA11 на щиті).

2.6. Схема принципова електрична керування та аварійного захисту електродвигунів

При роботі відцентрових насосів дуже часто між корпусом насоса і крильчаткою потрапляють тверді частинки. У результаті цього крильчатка зупиняється і зупиняється електродвигун, який може вийти з ладу. У випадку аварії повинен спрацювати механічний захист: шпонка між крильчаткою і валом зрізається. При цьому починає наростати число обертів електродвигуна, так як відсутній протидіючий момент навантаження.

При цьому повинен спрацювати електричний захист — електрично-аварійний захист передбачає автоматичне відключення живлення електродвигуна при виході насоса з ладу.

При аварійній зупинці відцентрового насоса замикається контакт в приладі і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ1. Реле КМ1 спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт КМ1-1 замикається і вмикається червона сигнальна лампочка HL5, яка вказує, що аварійне реле захисту спрацювало. Другий контакт аварійного реле КМ1-2 розмикається і розриває ланцюг живлення для електромагніту магнітного пускача МПЗ.

У результаті цього контакти МПЗ-4, МПЗ-5 розмикаються і живлення електродвигуна М1 при аварії вимикається.

Після проведення очищення та ремонту відцентрового насоса живлення електродвигуна М1 включається за допомогою кнопки SB1. Так як насос миттєво робочий тиск не набирає, кнопку SB1 потрібно утримувати натиснутою до тих пір, поки не згасне червона сигнальна лампочка HL5, якщо ця лампочка згасла, кнопку SB1 можна відпускати і ланцюг живлення електромагніту магнітного пускача МПЗ проходить через контакти МПЗ-1 і КМ1-2.

Принципова електрична схема керування та аварійного захисту електродвигунів наведено в Додатку Д1.

На схемі показані схеми дистанційного керування електродвигунами з аварійним захистом для електромоторів. Всі ланцюги керування побудовані за типовим варіантом.

2.7. Опис розробленої схеми автоматизації

До контурів автоматизації контролю входять контури контролю витрати, рівня та температури.

Для автоматизації контролю витрати та температури сировини на подачу в трубопроводі розроблено контур 1, до складу якого входять — діафрагма стандартна камерна (1-1); дифманометр безшкальний (1-2); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (1-3), регулятор мікропроцесорний (1-4).

Для автоматизації контролю витрати екстракційного розчину в трубопроводі розроблено контур 2, до складу якого входять — діафрагма стандартна камерна (2-1); дифманометр безшкальний (2-2); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний(2-3); механізм виконавчий пневматичний (2-4).

Для автоматизації контролю температури сировини в трубопроводі розроблено контур 3, до складу якого входять — термоперетворювач опору мідний (3-1); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (3-2); регулятор мікропроцесорний (3-3).

Для автоматизації контролю витрати рафінованого розчину в трубопроводі розроблено контур 4, до складу якого входять - діафрагма стандартна камерна (4-1); дифманометр безшкальний (4-2); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний(4-3); регулятор мікропроцесорний (4-4).

Для автоматизації контролю тиску у вихідному патрубку насоса розроблено контур 5, до складу якого входять — манометр електро-контактний сигналізувальний (5-1).

Для автоматизації контролю температури розчину в трубопроводі розроблено контур 6, до складу якого входять — термоперетворювач опору мідний (6-1); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (6-2).

Для автоматизації контролю температури екстракту в трубопроводі розроблено контур 7, до складу якого входять — термоперетворювач опору платиновий (7-1); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (7-2); регулятор мікропроцесорний (7-3); перетворювач електропневматичний (7-4); механізм виконавчий пневматичний (7-5); позиціонер безконтактний з датчиком положення робочого органу виконавчого механізму (7-6).

Для автоматизації контролю температури циркуляції в паровому обігрівачі розроблено контур 8, до складу якого входять — термоперетворювач опору платиновий (8-1); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (8-2); регулятор мікропроцесорний (8-3); перетворювач електропневматичний (8-4); механізм виконавчий пневматичний (8-5); позиціонер безконтактний з датчиком положення робочого органу виконавчого механізму (8-6).

Для автоматизації контролю температури екстрактивного розчину в трубопроводі розроблено контур 9, до складу якого входять — термоперетворювач опору платиновий (9-1); прилад вторинний, показувальний, реєструвальний (9-2); регулятор мікропроцесорний (9-3); перетворювач електропневматичний (9-4); механізм виконавчий пневматичний (9-5); позиціонер безконтактний з датчиком положення робочого органу виконавчого механізму (9-6).

Для автоматизації контролю рівня суміші у відстійнику розроблено контур 10, до складу якого входять — первинний вимірювальний перетворювач (10-1); проміжний вимірювальний перетворювач (10-2); прилад вторинний пневматичний показувальний (10-3);

Для автоматизації контролю рівня суміші у баку для води розроблено контур 11, до складу якого входять — рівнемір буйковий з пневматичним передавальним перетворювачем (11-1); прилад вторинний пневматичний показувальний (11-2).

Для автоматизації контролю витрати готового продукту розроблено контур 12, до складу якого входять — вихровий витратомір (12-1); прилад вторинний пневматичний показувальний (12-2);

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 13, до складу якого входять — HL5, HL6 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 14, до складу якого входять — HL7, HL9 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 15, до складу якого входять — HL9, HL10 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 16, до складу якого входять — HL11, HL12 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 17, до складу якого входять - HL13, HL14 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 18, до складу якого входять - HL15, HL16 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 19, до складу якого входять - HL17, HL18 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

Для автоматизації контролю електродвигуна насоса розроблено контур 20, до складу якого входять - HL19, HL20 - лампи електричні сигнальні жовтого та червоного кольору.

3. Математичне моделювання водяного холодильника.

3.1 Загальна характеристика теплообмінників

Теплообмінники - це пристрої, які служать для передачі тепла від теплоносія (гарячої речовини), до речовини, що нагрівається. В якості теплоносія можуть використовуватися рідина, пари або навіть газ.

На сьогоднішній день найбільш широке поширення з усіх видів теплообмінників отримали кожухотрубні. Принцип роботи кожухотрубчасті теплообмінника полягає в тому, що гарячий і холодний теплоносії рухаються по двох різних каналах. Процес теплообміну відбувається між стінками цих каналів.

Теплообмінник - досить складний пристрій, і існує безліч його різновидів. Кожухотрубні теплообмінники відносяться до виду рекуперативних. Ділення теплообмінників на види проводиться залежно від напрямку руху теплоносія. Вони бувають:

- перекрестноточними;
- Протиточний;
- прямотруминними.

Кожухотрубні теплообмінники отримали таку назву тому, що тонкі трубки, по яких рухається теплоносій, знаходяться в середині основного кожуха. Від того, яка кількість трубок знаходиться в середині кожуха, залежить те, з якою швидкістю буде рухатися речовина. Від швидкості руху речовини залежатиме, в свою чергу, коефіцієнт теплопередачі.

Для виготовлення кожухотрубних теплообмінників використовуються леговані і високоміцні сталі. Такі види сталей використовується тому, що дані пристрої, як правило, працюють у вкрай агресивному середовищі, яка здатна викликати корозію.

Теплообмінники поділяються також на типи. Виробляють такі типи даних пристроїв:

- с температурним Кожуховим компенсатором;
- с нерухомими трубками;
- с U-подібними трубками;
- с плаваючою головкою.

Кожухотрубні агрегати останнім часом користуються високим попитом, і більшість споживачів віддають перевагу саме даний тип агрегату. Такий вибір не випадковий - кожухотрубні агрегати мають безліч переваг.

Основним, і найбільш вагомим перевагою є висока стійкість даного типу агрегатів до гідрударів. Більшість вироблених сьогодні видів теплообмінників такою якістю не володіють.

Другою перевагою є те, що кожухотрубні агрегати не потребують чистому середовищі. Більшість приладів в агресивних середовищах працюють нестабільно. Наприклад, пластинчасті теплообмінники такою властивістю не володіють, і здатні працювати виключно в чистих середовищах.

Третім вагомою перевагою кожухотрубних теплообмінників є їх висока ефективність. За рівнем ефективності його можна порівняти з пластинчастим теплообмінником, який за більшістю параметрів є найбільш ефективним.

Таким чином, можна з упевненістю говорити про те, що кожухотрубні теплообмінники є одними з найнадійніших, довговічних і високоефективних агрегатів.

Незважаючи на всі плюси, дані пристрої мають і деякі недоліки, про які також варто згадати.

Перший, і найбільш значний недолік - великі розміри. У деяких випадках від використання таких агрегатів доводиться відмовлятися саме через великих габаритів.

Другий недолік - висока металоємність, яка є причиною високої ціни кожухотрубних теплообмінників.

Теплообмінники, в тому числі і кожухотрубні, пристрою досить «примхливі». Рано чи пізно їм потрібний ремонт, а він тягне за собою певні наслідки. Найбільш «слабка» частина теплообмінника - трубки. Саме вони найчастіше і є джерелом проблеми. При проведенні ремонтних робіт обов'язково слід враховувати, що в результаті будь-якого втручання може зменшитися теплообмін. Знаючи цю особливість агрегатів, більшість досвідчених споживачів воліє купувати теплообмінники з «запасом».

Треба також відзначити, що можуть виникати деякі складнощі при регулюванні таких теплообмінників «по конденсату». При будь-яких змінах відповідно змінюється і площа теплообміну. При цьому слід читав, що змінюється площа нелінійно.

Виготовити кожухотрубний теплообмінник самостійно складно, а в багатьох випадках просто неможливо. Це складний пристрій, при виробництві якого повинні бути строго дотримані всі етапи технологічного процесу.

3.2 Аналіз кожухоподібного теплообмінника як об'єкту керування

Трубчастий холодильник – холодильник в якому відбувається охолодження рафінованого розчину.

Розрахункову схему холодильника з позначенням усіх технологічних параметрів наведено на рисунку 3.1.

На цій схемі позначені такі технологічні параметри:

- F_{Π} – витрата сировини, яка надходить із реакторів до холодильника;
- $t_{\Pi}, t_{\text{к}}, C_{\Pi}, C_{\text{к}}$ – температура та теплоємність сировини (вихідної речовини) на виході з холодильника;
- $F_{\text{В3}}, C_{\text{В}}$ – витрата та теплоємність водяної пари що нагріває сировину;
- $t_{\text{В31}}$ – температура води на вході в холодильник;
- $t_{\text{В32}}$ – температура води на виході із холодильника.

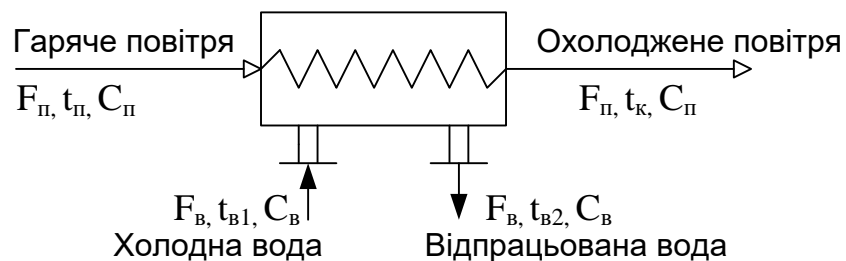


Рис. 3.1 – Розрахункова схема холодильника

При моделюванні статичного та динамічного режимів холодильника робимо такі припущення:

1. Об'єкт із зосередженими параметрами;
2. Витрата сировини на вході в холодильник не змінюється в часі;
3. Теплоємність сировини і водяної пари зі зміною температури залишається сталою;

Усі значення технологічних параметрів що використовуються при статичному моделюванні холодильника занесені до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Значення технологічних параметрів статичного режиму для холодильника рафінованого розчину

Назва	Позначення	Числове значення	Розмірність
Температура рафінованого розчину на вході	$t_{п}$	450	К
Температура рафінованого розчину на виході	$t_{к}$	333	К
Температура води на вході	$t_{вз1}$	288	К
Витрата рафінованого розчину	$F_{п}$	0,115	кг/с
Витрата води	$F_{вз}$	0,225	кг/с
Теплоємність рафінованого розчину	$C_{рс,}$	3200	Дж/(кг*К)
Теплоємність води	$C_{в}$	4200	Дж/(кг*К)
Коефіцієнт теплопередачі	K_3	0,0077	$\frac{\text{Кдж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{°К}}$
Площа поверхні	S_1	80	м

Оскільки ми регулюємо температуру конденсату на виході з холодильника за допомогою охолоджуючої води що подається в його міжтрубний простір, то для нашого холодильника розглядаємо такі входи та виходи:

Вихід: t_K – температура для рафінованого розчину на виході;

Вхід: $F_{ВЗ}$ – витрата води у холодильнику;

Збурення: $t_{ВЗ1}$ – температура води на вході;

$F_{П}$ – витрата рафінованого розчину на виході.

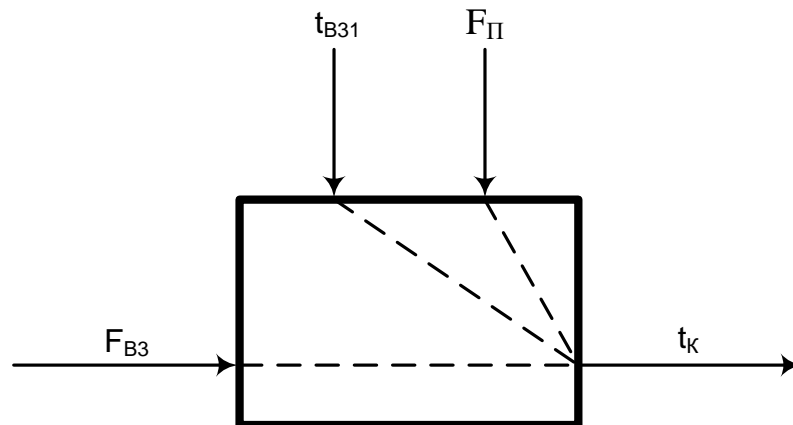


Рис. 3.1.1 – Структурно-параметрична схема зовнішнього холодильника

Тепловий баланс трубного простору:

$$Q_{П} - Q_{К} - Q_{ТОБЗ} = 0,$$

де $Q_{П} = F_{П} \cdot i_{П}$ – кількість тепла, яке приноситься дистилятом;

$Q_{К} = F_{П} \cdot t_{К} \cdot C_{К}$ – кількість тепла, яке виносить дистилят

$Q_{ТОБЗ} = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{К} - t_{ВЗ2})$ – кількість тепла теплообміну, яке відбирається водою в міжтрубному просторі.

Тут α_3 – коефіцієнт теплопередачі, S_3 – площа поверхні теплообміну.

Тепловий баланс води в міжтрубному просторі:

$$Q_{ВЗ1} + Q_{ТОБЗ} - Q_{ВЗ2} - Q_{НСЗ} = 0,$$

де $Q_{ВЗ1} = F_{ВЗ} \cdot t_{ВЗ1} \cdot C_{В}$ – кількість тепла, принесеного потоком води у міжтрубний простір холодильника;

$Q_{B32} = F_{B3} \cdot t_{B32} \cdot C_B$ – кількість тепла, винесеного потоком води з міжтрубного простору холодильника;

$Q_{HC3} = 0,2 \cdot Q_{TOB3}$ – кількість тепла, яке втрачається з міжтрубного простору холодильника в навколишнє середовище.

Запишемо систему підставивши в кожному рівнянні усі величини:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{II} \cdot i_{II} - F_{II} \cdot t_K \cdot C_K - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_K - t_{B32}) = 0; \end{array} \right. \quad (3.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{B3} \cdot t_{B31} \cdot C_B + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_K - t_{B32}) - F_{B3} \cdot t_{B32} \cdot C_B - 0,2 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_K - t_{B32}) = 0. \end{array} \right. \quad (3.6)$$

Виражаємо з рівняння (4.6) температуру t_{B32} :

$$t_{B32} = \frac{F_{B3} \cdot t_{B31} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K}{0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 + F_{B3} \cdot C_B}$$

Підставляємо отриману температуру в (4.5):

$$F_{II} \cdot i_{II} - F_{II} \cdot t_K \cdot C_K - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \left(t_K - \frac{F_{B3} \cdot t_{B31} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K}{0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 + F_{B3} \cdot C_B} \right) = 0;$$

Виражаємо вихідну температуру, і отримуємо *холодильника*:

$$t_K = \frac{F_{II} \cdot i_{II} + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{F_{B3} \cdot t_{B31} \cdot C_B}{0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 + F_{B3} \cdot C_B}}{F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3 - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3}{0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 + F_{B3} \cdot C_B}}.$$

Статичні характеристики усіх каналів холодильника для робочого режиму навантаження, побудовані за допомогою програми MathCAD, приведені на рисунках 3.1.12 – 3.1.14. Точки статичного режиму цих каналів можна побачити в таблицях 3.1.11 – 3.1.13.

Статичні характеристики та таблиці точок усіх каналів холодильника.

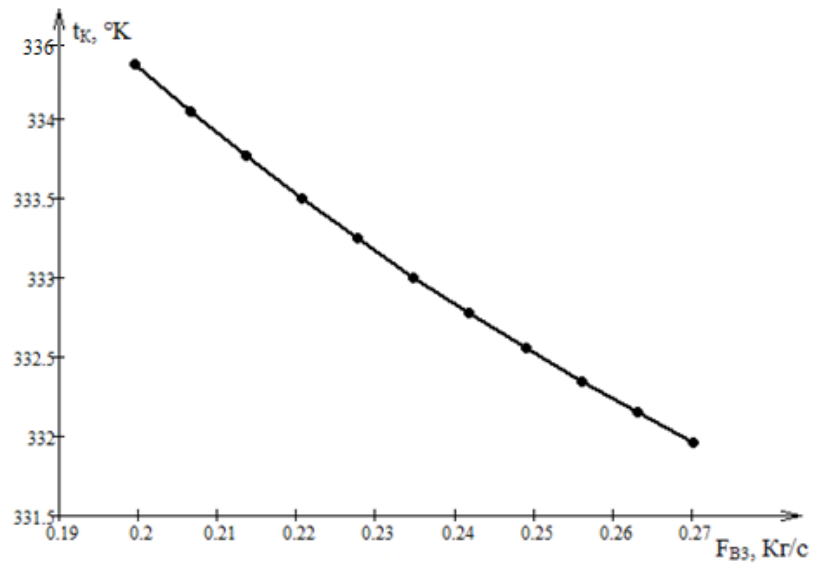


Рисунок 3.1.12 – Статична характеристика каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$

Таблиця 3.1.11 – Точки статичного режиму каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$

Витрата води, F_{B3} , Кг/с	Температура рафінованого розчину, t_K , °К
0.2	334.342
0.207	334.043
0.214	333.761
0.221	333.494
0.228	333.241
0.235	333
0.242	332.771
0.249	332.553
0.256	332.346
0.263	332.148
0.27	331.959

Коефіцієнт передачі каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$, $Kp17 = -33,82 \text{ } ^\circ\text{K}/(\text{Кг/с})$.

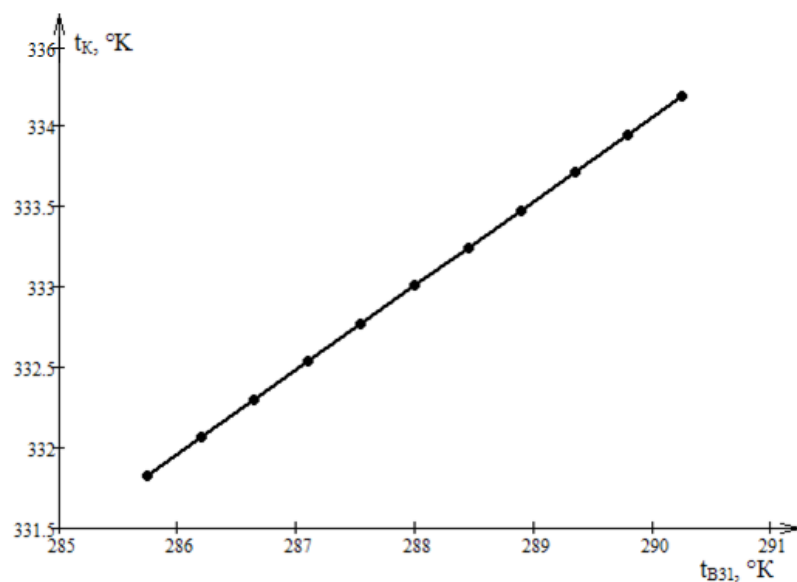


Рисунок 3.1.13 – Статична характеристика каналу $t_{B31} \rightarrow t_K$

Таблиця 3.1.12 – Точки статичного режиму каналу $t_{B31} \rightarrow t_K$

Температура води, $t_{B31}, \text{°K}$	Температура рафінованого розчину, $t_K, \text{°K}$
285.75	331.827
286.2	332.061
286.65	332.296
287.1	332.531
287.55	332.765
288	333
288.45	333.235
288.9	333.469
289.35	333.704
289.8	333.939
290.25	334.173

Коефіцієнт передачі каналу $t_{B31} \rightarrow t_K$, $K_{p18} = 0,521$.

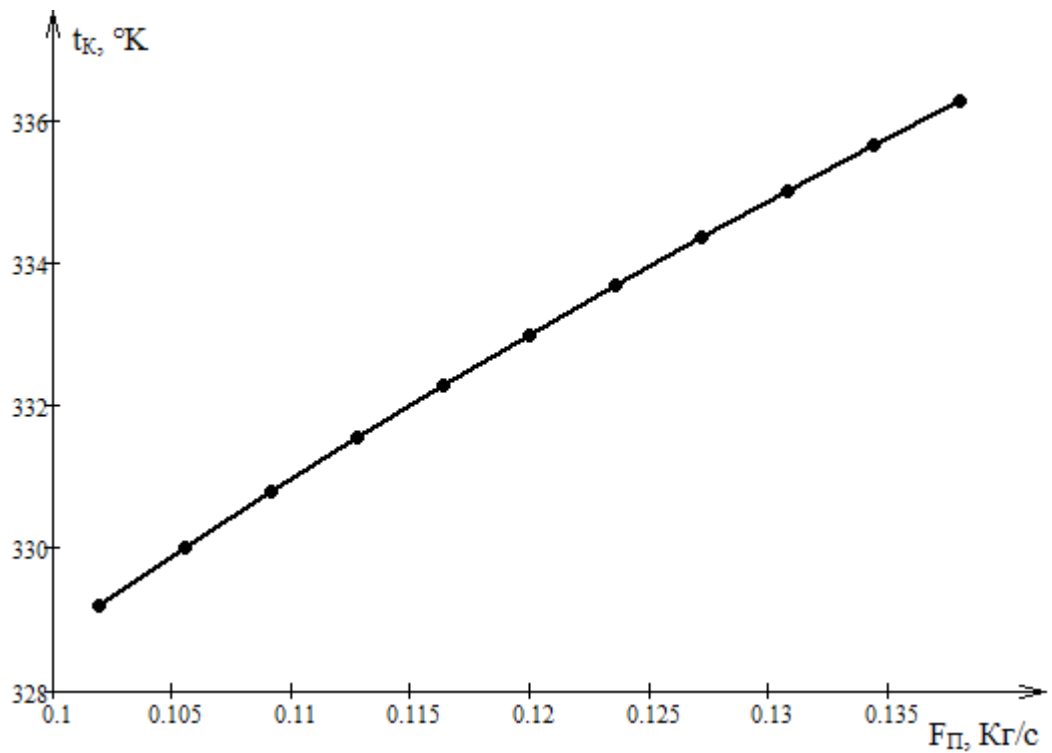


Рисунок 3.1.14 – Статична характеристика каналу $F_{\Pi} \rightarrow t_k$

Таблиця 3.1.13 – Точки статичного режиму каналу $F_{\Pi} \rightarrow t_k$

Витрата рафінатного розчину на вході, F_{Π} , Кг/с	Температура рафінатного розчину на виході, t_k , °К
0.102	329.208
0.106	330.012
0.109	330.793
0.113	331.55
0.116	332.286
0.12	333
0.124	333.694
0.127	334.369
0.131	335.025
0.134	335.663
0.138	336.284

Коефіцієнт передачі каналу $F_{\Pi} \rightarrow t_k$, $K_{p19} = 196,576 \text{ } ^\circ\text{K}/(\text{Kg}/\text{c})$.

3.3 Моделювання динамічного режиму холодильника

При моделюванні динамічного режиму крім наведених в таблицях 3.1.11 – 3.1.15 використовуються також такі додаткові технологічні параметри:

Об'єм конденсату в трубному просторі холодильника:

$$V_{КТ} = 0,750 \text{ м}^3$$

Об'єм води в міжтрубному просторі холодильника:

$$V_{МТ} = 0,5 \text{ м}^3$$

Площа теплообміну в холодильнику

$$S_3 = 80 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт теплопередачі від рафінованого розчину в холодильнику до охолоджуючої води:

$$\alpha_3 = 0,0077 \frac{\text{КДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{°К}}$$

Рівняння динаміки для трубного простору:

$$F_{П} \cdot i_{П} - F_{П} \cdot t_{К} \cdot C_{К} - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{К} - t_{В32}) = C_{К} \cdot V_{КТ} \cdot \rho_{К} \cdot \frac{dt_{К}}{dt},$$

де $V_{КТ}$ – об'єм конденсату в трубному просторі холодильника;

$\rho_{К}$ – густина конденсату.

Аналіз розмірностей:

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

Як бачимо, розмірність лівої та правої частини рівняння співпадають.

Рівняння динаміки для міжтрубного простору:

$$F_{В3} \cdot t_{В31} \cdot C_{В} + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{К} - t_{В32}) - F_{В3} \cdot t_{В32} \cdot C_{В} = C_{В} \cdot V_{МТ} \cdot \rho_{В} \cdot \frac{dt_{А32}}{dt},$$

де $V_{МТ}$ – об'єм води в міжтрубному просторі зовнішнього холодильника;

$\rho_{В}$ – густина води.

Аналіз розмірностей:

$$C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot \frac{dt_{\dot{A}_{32}}}{dt} = \left[\frac{KДж}{кг \cdot K} \right] \cdot [M^3] \cdot \left[\frac{кг}{M^3} \right] \cdot \left[\frac{K}{c} \right] = \left[\frac{KДж}{c} \right]$$

Як бачимо, розмірність лівої та правої частини рівняння співпадають.

Лінеаризація рівняння динаміки для трубного простору:

$$i_{\Pi} \cdot F_{\Pi} - t_K \cdot C_K \cdot F_{\Pi} - F_{\Pi} \cdot C_K \cdot t_K - \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_K - t_{B32}) = C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot \frac{d\Delta t_K}{dt}.$$

Виконаємо перетворення за Лапласом:

$$C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot p \cdot t_K(p) + F_{\Pi} \cdot C_K \cdot t_K(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) = i_{\Pi} \cdot F_{\Pi}(p) - t_K \cdot C_K \cdot F_{\Pi}(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{B32}(p) \quad (3.2.11)$$

Лінеаризація рівняння динаміки для міжтрубного простору:

$$t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3} + F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B31} + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_K - t_{B32}) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3} - F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B32} = C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot \frac{d\Delta t_{\dot{A}_{32}}}{dt}$$

Виконаємо перетворення за Лапласом:

$$C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p \cdot t_{B32}(p) + F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B32}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_{B32}(p) = t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) + F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B31}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) \quad (3.12)$$

Виражаємо з рівняння (3.2.12) $t_{B32}(p)$:

$$t_{B32}(p) = \frac{t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) + F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B31}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p)}{C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p + F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3}$$

Підставляємо $t_{B32}(p)$ в рівняння (3.2.11):

$$C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot p \cdot t_K(p) + F_{\Pi} \cdot C_K \cdot t_K(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) = i_{\Pi} \cdot F_{\Pi}(p) - t_K \cdot C_K \cdot F_{\Pi}(p) + \\ t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) + F_{B3} \cdot C_B \cdot t_{B31}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) \\ + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p + F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3}{C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p + F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3}$$

Оскільки канал керування $F_{B3} \rightarrow t_K$, то далі розглядаємо рівняння динаміки саме для цього каналу.

Спростуємо попереднє рівняння:

$$C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot p \cdot t_K(p) + F_{\Pi} \cdot C_K \cdot t_K(p) + \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) = \\ t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) \\ = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot \frac{t_{B31} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3 \cdot t_K(p) - t_{B32} \cdot C_B \cdot F_{B3}(p)}{C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p + F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3}$$

Виконаємо перетворення:

$$C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p^2 \cdot t_K(p) + C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot (F_{B3} \cdot C_B + \\ + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) \cdot p \cdot t_K(p) + (F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p \cdot t_K(p) + \\ + (F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) \cdot t_K(p) = \\ = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B31} \cdot C_B - t_{B32} \cdot C_B) \cdot F_{B3}(p) + 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2 \cdot t_K(p);$$

$$C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B \cdot p^2 \cdot t_K(p) + [C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) + \\ + (F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B] \cdot p \cdot t_K(p) + [(F_{\Pi} \cdot C_K + \\ + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2] \cdot t_K(p) = \\ = \alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B31} \cdot C_B - t_{B32} \cdot C_B) \cdot F_{B3}(p).$$

Зведемо до канонічної форми:

$$\frac{C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot p^2 \cdot t_K(p) + \\ + \frac{C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) + (F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B}{(F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot p \cdot t_K(p) + \\ + \frac{(F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2}{(F_{\Pi} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot t_K(p) =$$

$$+ t_K(p) = \frac{\frac{(F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2}{\alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B31} \cdot C_B - t_{B32} \cdot C_B)}}{(F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2} \cdot F_{B3}(p);$$

Введемо позначення:

$$A_6 = \frac{C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B}{(F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

$$A_5 = \frac{C_K \cdot V_{KT} \cdot \rho_K \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) + (F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot C_B \cdot V_{MT} \cdot \rho_B}{(F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

$$K_3 = \frac{\alpha_3 \cdot S_3 \cdot (t_{B31} \cdot C_B - t_{B32} \cdot C_B)}{(F_{II} \cdot C_K + \alpha_3 \cdot S_3) \cdot (F_{B3} \cdot C_B + 0,8 \cdot \alpha_3 \cdot S_3) - 0,8 \cdot \alpha_3^2 \cdot S_3^2}$$

Маємо рівняння:

$$A_6 \cdot p^2 \cdot t_K(p) + A_5 \cdot p \cdot t_K(p) + t_K(p) = K_3 \cdot F_{B3}(p);$$

Передатна функція каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$:

$$W_{F_{B3} \rightarrow t_K}(p) = \frac{t_K(p)}{F_{B3}(p)}$$

$$W_{F_{B3} \rightarrow t_K}(p) = \frac{K_3}{A_6 \cdot p^2 + A_5 \cdot p + 1}$$

Числові значення та розмірності:

$$A_6 = 5.33$$

$$A_5 = 21.061$$

$$K_3 = -33.82$$

Перехідна характеристика, побудована в програмі Simulink, для каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$, при робочому режимі холодильника, зображена на рис. 3.2.

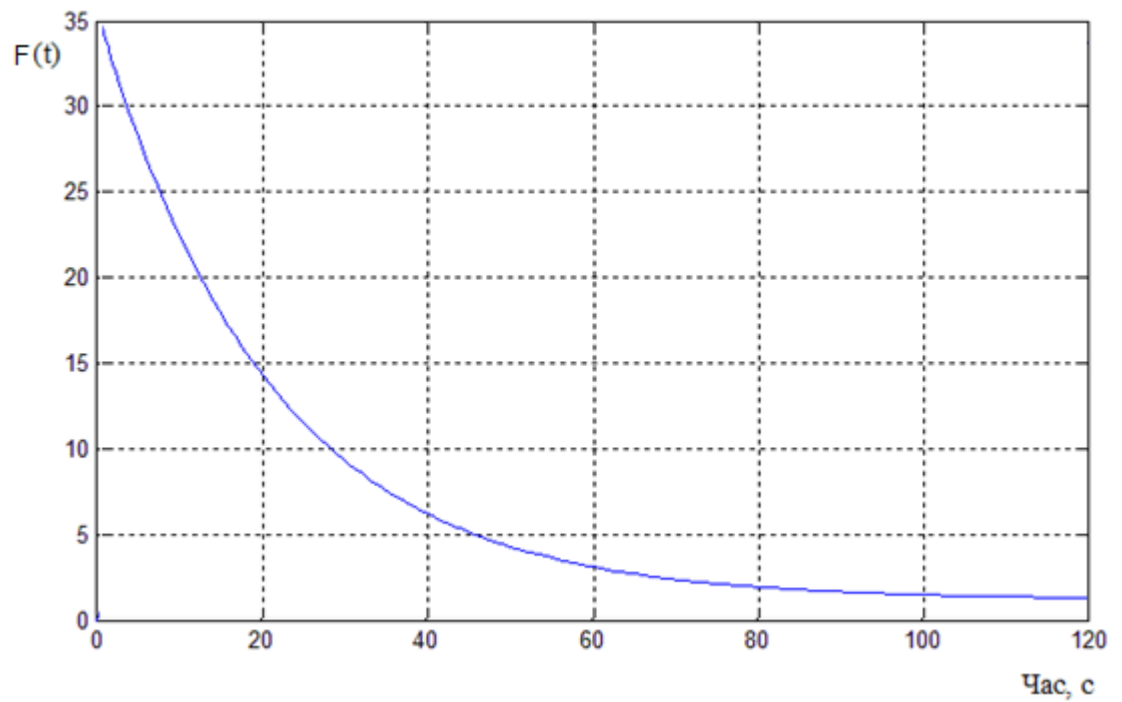


Рисунок 3.2. - Перехідна характеристика каналу $F_{B3} \rightarrow t_K$

3.4. Синтез системи керування

Екстракція ароматичних вуглеводнів є складним процесом, де важливо мати постійний контроль над процесом та підтримання на заданому рівні потрібних параметрів. Це є важливою функцією автоматизованої системи керування технологічним процесом.

Передатна функція каналу $F_{B2} \rightarrow t_{PC2}$:

$$W_{F_{B2} \rightarrow t_{PC2}}(p) = \frac{t_K(p)}{F_{B2}(p)}$$

$$W_{F_{B2} \rightarrow t_{PC2}}(p) = \frac{K_3}{A_6 \cdot p^2 + A_5 \cdot p + 1}$$

$$A_6 = 5,33$$

$$A_5 = 21,061$$

$$K_3 = 33,82$$

Передатна функція ПІ-регулятора:

$$W(p) = \frac{33,82}{5,33 \cdot p^2 + 21,061 \cdot p + 1}$$

На основі функції підбираємо параметри регулятора для забезпечення заданих показників якості системи керування. Також, цю функцію можна налаштувати за різними показниками. Розглянемо ці показники.

3.4.1 Вибір типу регулятора

При виборі типу регулятора слід враховувати такі фактори як: точність, помилка, час регулювання, перерегулювання, показник коливності та складність налаштування.

Одним з найбільш універсальних регуляторів є ПІ-регулятор. ПІ-регулятор - це майже П-регулятор, але з додатковою інтегральною І-складовою. І-складова, яка доповнює алгоритм, в першу чергу потрібна для усунення статичної помилки, яка характерна для пропорційного регулятора. Це необхідно, тому що коефіцієнт підсилення K достатньо невеликий та при регулювання П-регулятором не дасть нам високої точності регулювання. Інтегральна частина є накопичувальною, і таким чином дозволяє здійснити те, що ПІ-регулятор враховує в даний момент часу попередню історію зміни вхідної величини.

ПІ-регулятор широко використовується для роботи на стійких і нейтральних об'єктах, коли статична помилка регулювання має дорівнювати нулю. Показники якості перехідного процесу покращують, збільшуючи коефіцієнт підсилення регулятора K_p .

Обраний ПІ-регулятор має такі перевагами:

- забезпечує нульову статичну помилку регулювання,
- досить простий в налаштуванні, тому що налаштовуються тільки два параметри - коефіцієнт посилення K_p і постійна часу інтеграції T_i .
- в регуляторі є можливість оптимізації величини відношення K_p / T_{i-min} , що забезпечує керування з мінімально можливою середньоквадратичною помилкою регулювання.
- невелика чутливість до шумів в каналі вимірювання (на відміну від ПД-регулятора).

3.4.2 Налаштування ПІ-регулятора методом найменших квадратів

Проводимо налаштування ПІ-регулятора за допомогою метода найменших квадратів в програмному середовищі Simulink.

Передатна функція ПІ-регулятора:

$$W_{reg}(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

Структурна схема, яка отримана із замкненої системи, має вигляд:

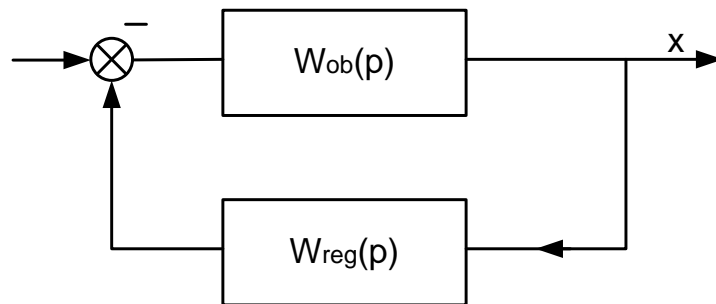


Рис.3.3.1 – Структурна схема замкненої системи

Отримані із автоматичного налаштування коефіцієнти мають такі значення:

$$K_p = 0,146$$

$$T_i = 0,0296$$

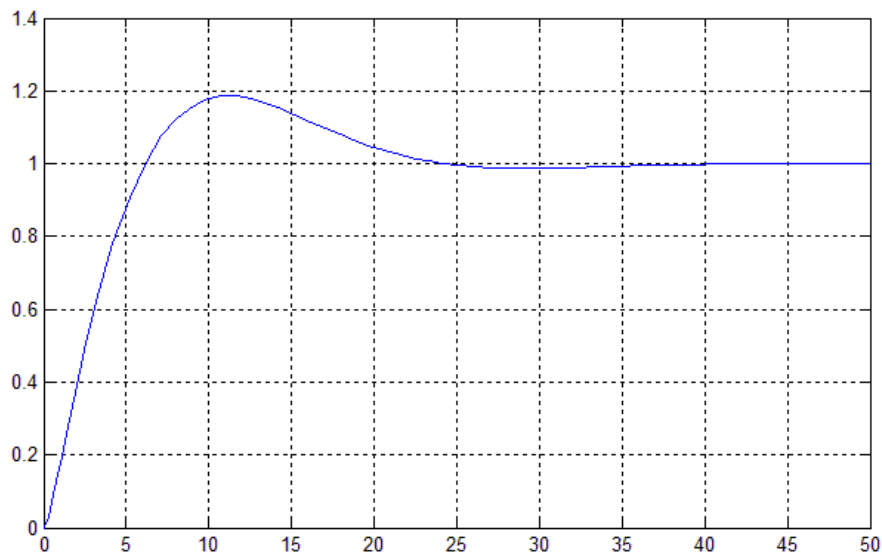


Рис 3.3.2. Перехідна характеристика замкненої системи з ПІ-регулятором

Як видно з перехідної характеристики для досліджуваного об'єкта, метод автоматичного налаштування в математичній моделі Simulink, що використовує метод найменших квадратів забезпечує малу коливність системи, високу якість налаштування та високу швидкодію.

3.4.3 Налаштування ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольса

В основу метода Циглера-Нікольса покладено необхідність виведення замкнутої системи в режим автоколивань.

Для цього необхідно визначити передатну функцію замкненої системи з ПІ-регулятором та знайти перехідну характеристику системи. Будуємо знайдену перехідну характеристику. Далі, поступово змінюючи параметри настройки ПІ-регулятора, а саме K_r та T_i , виводимо систему у режим автоколивань. Після отримання значень параметрів регулятора при яких система виходить в режим автоколивань, визначимо допустимі значення параметрів регулятора.

Для цього використаємо наступні формули:

$$K_{r_{\text{опт}}} = 0,35K_r; T_{i_{\text{опт}}} = 1,25T_i, \quad (3.12)$$

де K_r – значення коефіцієнту регулювання, при якому система виходить у режим автоколивань; T_i – час ізодрому; $K_{r_{\text{опт}}}$ – допустиме значення коефіцієнту регулювання K_r ; $T_{i_{\text{опт}}}$ – допустимий час ізодрому.

Всі обчислення проведені за допомогою програми *MathCAD*.

При значеннях настройки регулятора $K_r=15000$, $T_i=500$, система переходить в режим автоколивань. На рис. 3.3.3 проілюстровано перехідну характеристику замкненої системи в режимі автоколивань.

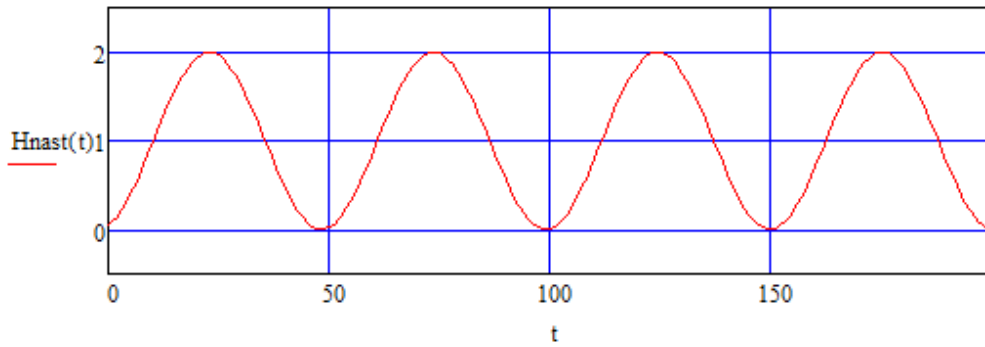


Рис. 3.3.3. Перехідна характеристика системи в режимі автоколивань.

Використовуючи формулу (3.12) знайдемо допустимі значення настройки регулятора та побудуємо перехідну характеристику замкненої системи.

В результаті налаштування регулятора за допомогою метода Циглера-Нікольса отримали наступні параметри регулятора:

$$K_{\text{ропт}} = 5250, T_{\text{іопт}} = 250$$

Побудували перехідну характеристику замкненої системи. На рис. 3.3.4 проілюстровано перехідну характеристику замкненої системи з допустимими настройками ПІ-регулятора.

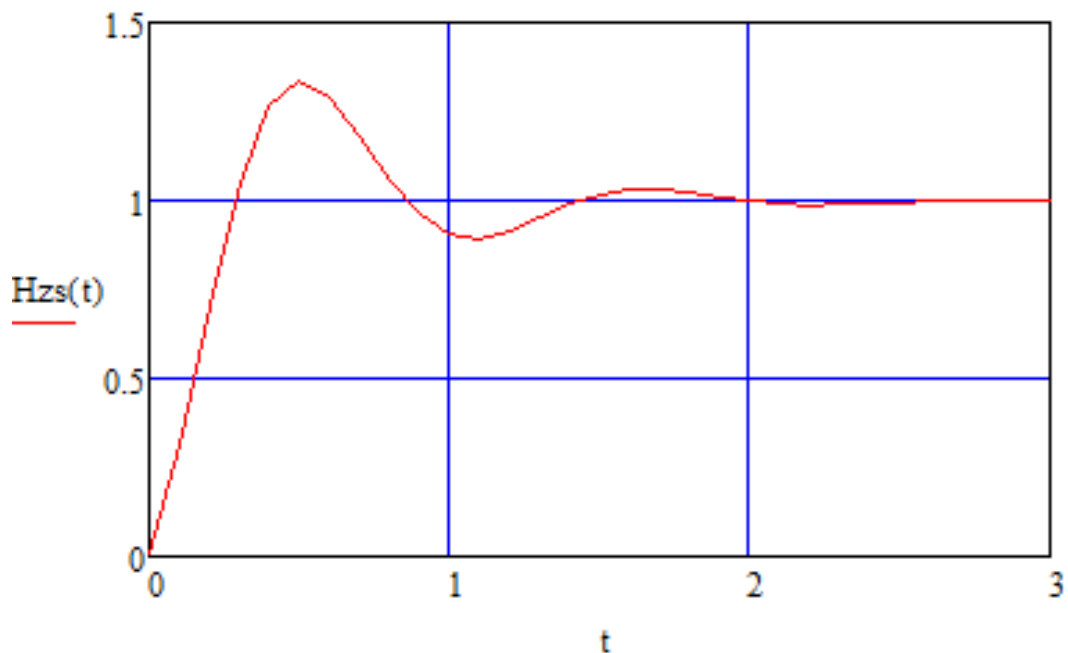


Рис. 3.3.4. Перехідна характеристика системи з допустимими настройками.

3.4.4 Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола

Налаштування на заданий показник коливності M відбувається із залученням так званих M – кіл, центр яких при $M > 1$ знаходиться на від’ємній дійсній напівосі на відстані L від початку координат:

$$L = \frac{M^2}{M^2 - 1} \quad (3.13),$$

а радіус

$$R = \frac{M}{M^2 - 1}. \quad (3.14).$$

Система має показник коливності $M > 1$, якщо амплітудно-фазова характеристика розімкненої системи, не охоплюючи і не заходячи всередину відповідного M -кола, має з ним точку дотику. Отже, M -коло є забороненою зоною для амплітудно-фазової характеристики розімкненої системи. Ця зона включає точку $(-1, 0)$ та забезпечує заданий запас стійкості.

Знайдемо налаштування ПІ-регулятора задаючи показник коливності $M=1,2$. Для хімічної промисловості прийнято брати саме таке значення показника коливності.

При використанні методу настройки регулятора на заданий показник коливності $M=1,2$ (метод M -кола) знайдемо передатну функцію розімкненої системи та виконаємо заміну змінної Лапласа p на $j\omega$, визначимо параметри R та C , що слугують значеннями для побудови M -кола. Побудуємо у системі координат $Im-Re$ M -коло та передатну функцію розімкненої системи. Поступово змінюємо параметри ПІ-регулятора – K_r та T_i .

Всі обчислення були проведені за допомогою програми *MathCAD*.

Провівши підбір параметрів, отримали $K_r=2.79$ та $T_i=200$. На рис. 3.3.5. проілюстровано настройку регулятора.

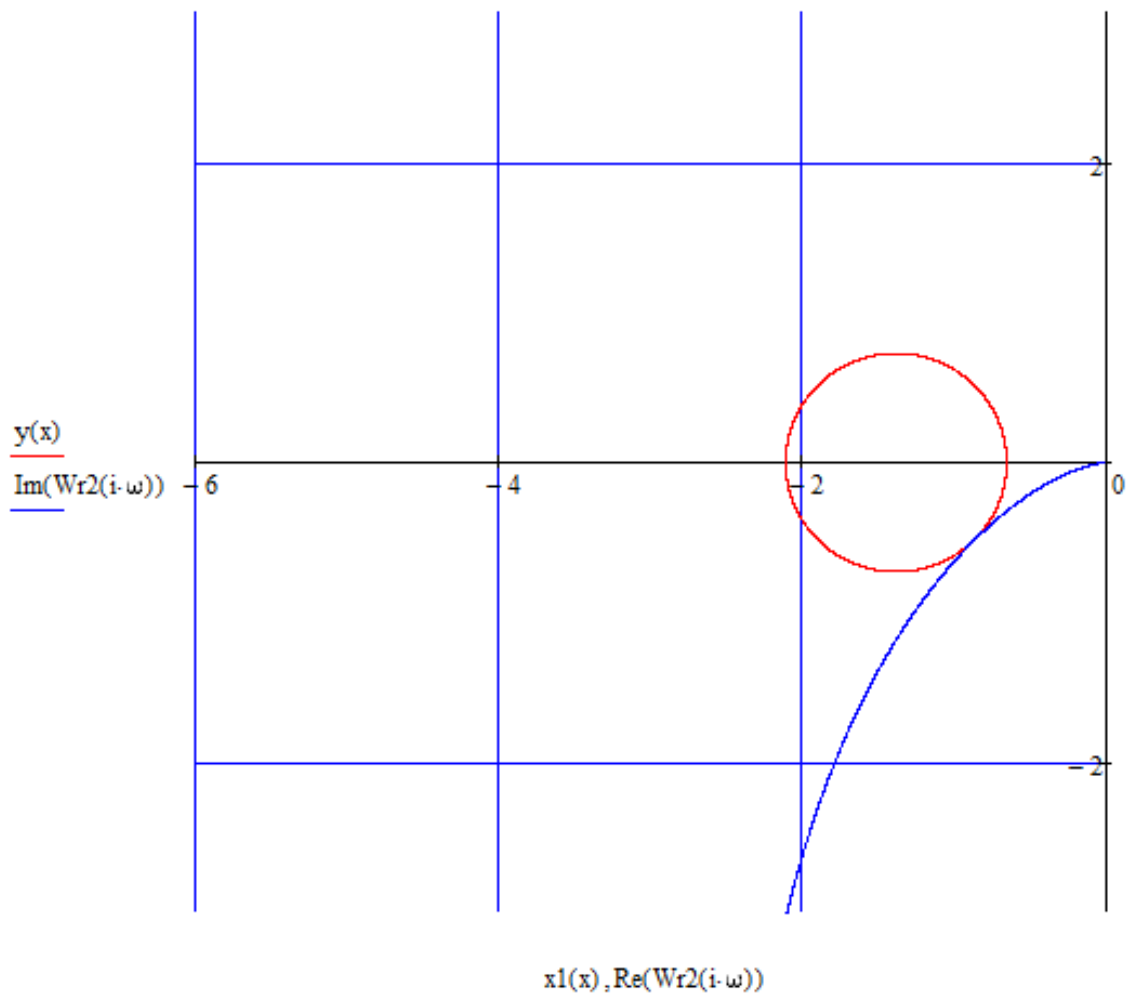


Рис. 3.3.5. Настройка регулятора за допомогою М-кола.

Як видно з рис. 3.3.5, коефіцієнти підбрані вірно.

Побудуємо перехідну характеристику замкненої системи, використовуючи настройки регулятора, які були знайдені за допомогою метода M -кола.

На рис. 3.3.6 зображена перехідна характеристика замкненої системи з регулятором, який був настроєний методом M -кола.

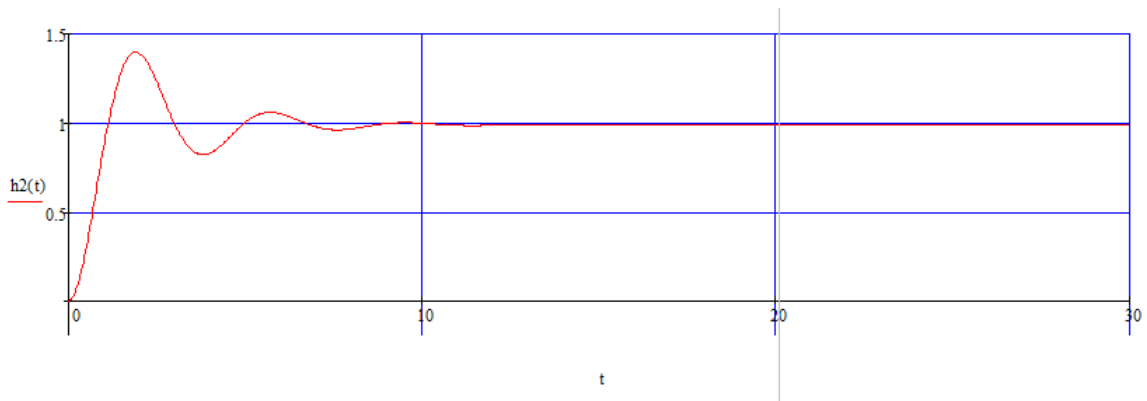


Рис. 3.3.6. Перехідна характеристика замкненої системи з регулятором, настроєним методом M -кола.

3.4.5 Порівняння методів налаштувань регулятора

У п.п. 3.3.4 та п.п. 3.3.3 було використано два методи настройки ПІ-регулятора: метод Циглера-Нікольса та метод настройки регулятора на заданий рівень коливності (метод М-кола).

В результаті настройки регулятора було отримано перехідну характеристику замкненої системи з регулятором настроєним вище перерахованими методами.

Використовуючи програму *MathCAD*, побудуємо в одній системі координат перехідну характеристику з одного та іншого методів. Результат проілюстровано на рис. 3.3.7.

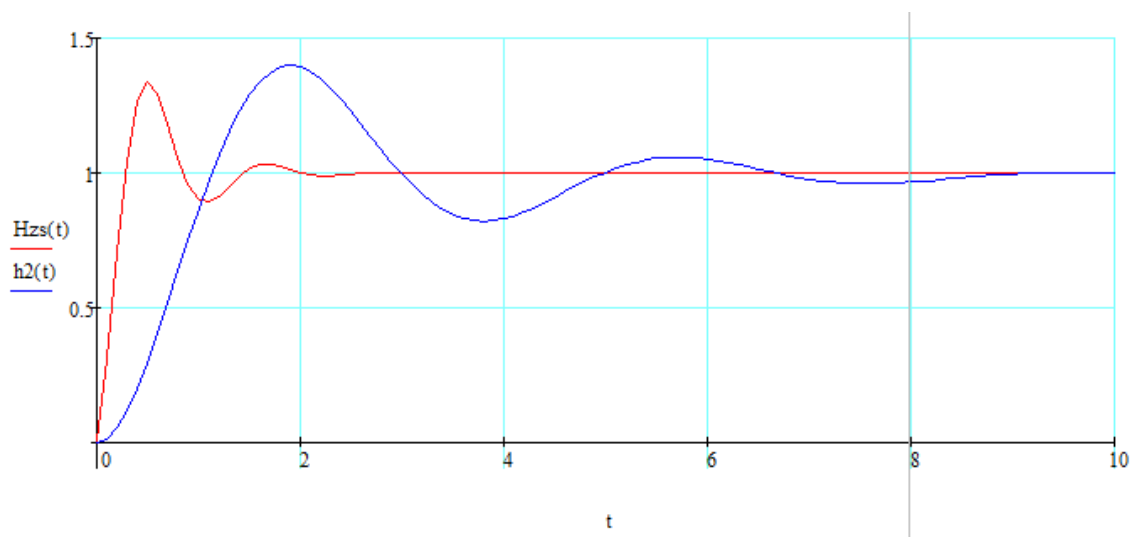


Рис. 3.3.7. Порівняння перехідних характеристик замкненої системи, знайдених двома методами: синій – метод М-кола, червоний – метод Циглера-Нікольса.

Виходячи з дослідження графіка, можна зробити висновок, що метод настройки регулятора Циглера-Нікольса, краще підходить для обраного технологічного об'єкта – процесу охолодження. При даному методі настройки перехідний процес виходить на сталий рівень за 3 сек., в той час при настройці регулятора методом М-кола перехідний процес виходить на сталий рівень більше ніж за 9 сек..

Виходячі з останнього, метод настройки регулятора в процесі екстракції вуглеводнів на заданий показник коливності Циглера-Нікельсона є доцільнішим.

3.5 Розробка оптимальної системи керування

Підтримання температури рафінатного розчину на виході з холодильника наша задача. Отже, витрата охолоджуючої води повинна бути включена до критерію оптимальності. Наша модель лінійна. Тоді візьмемо квадратичний критерій, який необхідно мінімізувати помноживши його на вагові коефіцієнти

$$J=1/2 \cdot Q \cdot (t_k - t_{k_зад})^2 + 1/2 \cdot F_{вз}^2 \cdot R$$

Витрата охолоджуючої води знаходиться в межах:

$$F_{вз_min} < F_{вз} < F_{вз_max} \quad 0,05 < F_{вз} < 0,4$$

Маючи статичну модель, критерій оптимальності і обмеження перетворимо задачу умовної оптимізації в безумовну:

$$L=1/2 \cdot Q \cdot (t_k - t_{k_зад})^2 + 1/2 \cdot F_{вз}^2 \cdot R + \lambda_1 [F_{п} \cdot C_k \cdot t_{п} - F_{п} \cdot C_k \cdot t_k - K_3 \cdot S_3 \cdot (t_k - t_{вз2})] + \lambda_2 [F_{вз} \cdot t_{вз1} \cdot C_B + K_3 \cdot S_3 \cdot (t_k - t_{вз2}) - F_{вз} \cdot t_{вз2} \cdot C_B - 0,2 \cdot K_3 \cdot S_3 \cdot (t_k - t_{вз2})] + R \cdot [1/(F_{вз} - F_{вз_min}) + 1/(F_{вз_max} - F_{вз})]$$

Необхідними умовами оптимальності будуть:

$$dL/dt_k = Q \cdot (t_k - t_{k_зад}) + \lambda_1 \cdot ((-F_{п}) \cdot C_k - K_3 \cdot S_3) + 0,8 \cdot \lambda_2 \cdot K_3 \cdot S_3$$

$$dL/dt_{вз2} = \lambda_1 \cdot K_3 \cdot S_3 + \lambda_2 \cdot ((-0,8) \cdot K_3 \cdot S_3 - F_{вз} \cdot C_B)$$

$$dL/dF_{вз} = F_{вз} \cdot R + \lambda_2 \cdot (t_{вз1} \cdot C_B - t_{вз2} \cdot C_B) + R \cdot (-1/(F_{вз} - F_{вз_min})^2 + 1/(F_{вз_max} - F_{вз})^2)$$

Розв'яжемо задачу за допомогою штрафних функцій, для чого створимо програму у MathCad.

Програмно цей алгоритм реалізується так :

```

V:=

$$\alpha_1 \leftarrow 7.7$$


$$S_1 \leftarrow 80$$


$$\theta_{n1} \leftarrow 288$$


$$Q \leftarrow 1$$


$$R \leftarrow 1$$


$$G_{n_0} \leftarrow 0.04$$


$$G_{nmin} \leftarrow 0.05$$


$$G_{nmax} \leftarrow 0.4$$


$$C_{rs} \leftarrow 3200$$


$$C_n \leftarrow 4200$$


$$G_{rs} \leftarrow 0.115$$


$$Q_{rszad} \leftarrow 343$$


$$Q_{pot} \leftarrow 450$$


$$\theta_{n2} \leftarrow 333$$


$$a \leftarrow 500$$


$$k \leftarrow 1000$$

for i ∈ 0..k
    
$$Q_{rs_i} \leftarrow \frac{G_{n_i} \cdot C_n \cdot \theta_{n1} \cdot (G_{rs} \cdot C_{rs} \cdot Q_{pot} + \alpha_1 \cdot S_1)}{C_n \cdot G_{n_i} + 0.8 \alpha_1 \cdot S_1}$$


$$\lambda_{2_i} \leftarrow \frac{Q_{rs_i} \cdot Q}{0.8 + C_n \cdot G_{n_i}} \cdot (G_{rs} \cdot C_{rs} + \alpha_1 \cdot S_1) - 0.8 \alpha_1 \cdot S_1$$


$$\Delta L_i \leftarrow G_{n_i} \cdot R + \lambda_{2_i} \cdot C_n \cdot (\theta_{n1} - \theta_{n2}) + R \cdot \left[ \frac{1}{(G_{n_i} - G_{nmin})^2} + \frac{1}{(G_{nmax} - G_{n_i})^2} \right]$$


$$G_{n_{i+1}} \leftarrow G_{n_i} + \frac{1}{a} \cdot \Delta L_i$$


$$I_i \leftarrow 0.5 \cdot Q \cdot (Q_{rs_i} - Q_{rszad})^2 + 0.5 \cdot R \cdot (G_{n_i})^2$$

return 
$$\begin{pmatrix} Q_{rs} \\ \lambda_2 \\ G_n \\ I \end{pmatrix}$$


```

k := 0..50

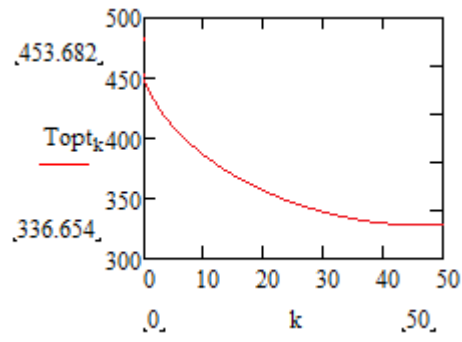


Рис.3.4.2 Зміна оптимальної вихідної температури рафінованого розчину

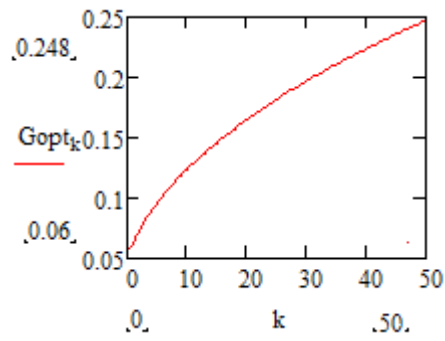


Рис.3.4.3 Зміна оптимальної витрати водяної пари .

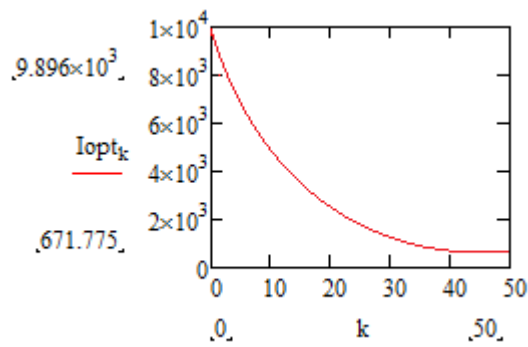


Рис.3.4.4 Зміна квадратичного критерію якості

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації представлено ряд виконаних задач, на основі чого зроблено висновки до роботи:

1. На основі схеми та опису технологічного процесу, розроблена функціональна та принципово-електрична схема автоматизації процесу екстракції ароматичних вуглеводнів з бензину за допомогою діетиленгліколю.
2. Для холодильника розроблено математичну модель статичного та динамічного режимів роботи. Отримано передатну функцію по каналу «витрата суміші – температура суміші на виході».
3. Синтезовано систему керування з ПІ-регулятором. На основі аналізу показників якості перехідних процесів в системі з ПІ-регулятором зроблено рекомендацію по його застосуванню.

Список використаної літератури

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Грищенко А.З., Автоматическое управление в производстве химических волокон. – М.: Химия, 1975. – 296 с.
3. Общая химическая технология: учебное пособие: в 2 ч. / К.В. Брянкин, Н.П. Утробин, В.С. Орехов, Т.П. Дьячкова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Ч. 2 – 172 с.
4. 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.
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'ютерно-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. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні євро [Текст]. – Чинний від 28.05. 2015 р. – К.: Держстандарт України, 2015. – 15 с.
8. Стефани Е.П. Основы построения АСУТП. – М.: Энергия, 1982. – 352 с
9. Голубятников В.А, Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в химической промышленности. М.: Химия, 1985. 375 с.
10. Wikipedia – вільна енциклопедія.

Таблиця 1. Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Додаток Д1

По-зиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та технічна характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ								
1-1 2-1 4-1	Витрата	Трубопровід сировини	16...24 м ³ /год	Трубопровід сировини	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 100$ мм	ДКС-0,6-100	3	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
1-2 2-2 4-2		Трубопровід		Місцевий	Дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення; матеріал чутливого елемента – сплав 36НХТЮ; $\Delta P_{max} = 400$ кПа; температура повітря (-50)...80 °С, відстань передачі сигналу за внутрішнього діаметру трубки 6 мм – 300 м, клас точності 1, $P_{вих} = 20...100$ кПа	САФІР-М, мод.2460	3	ЗАТ «Манометр», м. Харків
1-3 4-3	Температура	Трубопровід		Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; клас точності 0,5	ДИСК–250	2	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці 1.

1-4 4-4	Темпе- ратура	Трубопровід		Щит керування	Регулятор мікропроцесорний. Реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) та пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання з імпульсним або аналоговим виходами. Забезпечує корекцію за другим параметром. <i>Кількість входів:</i> аналогових – 2 (0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В), максимальна похибка АЦП $\pm 0,2\%$; <i>кількість виходів:</i> дискретних або імпульсних – 4 (транзисторний ключ ВК – відкритий ключ або релейний вихід на напругу 220 В і струм 8 А), аналогових – 1 (0...5 мА, 0(4)...20 мА), максимальна похибка ЦАП $\pm 0,5\%$	МК-21	2	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
1-5 (1-6)		Трубопровід		Трубопро- води теп- ломункту, системи ГВП	Електродвигунний виконавчий механізм однообертовий, оснащений блоком сигналізації положення вихідного органу 16 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 25 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об; основна похибка блоку БСПИ-10 до 2,5 %, блоку БСПР-10 до 1,5 % від максимального значення вихідного сигналу	М Э О		Севанський завод електричних виконав- чих механізмів, м. Севан

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці 1.

2-3 3-2		Трубопровід		Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із вбудованим ПІ-регулятором; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, термоперетв. опору – 50П, 100П, 50М, 100М; $P_{вих} = 20...100$ кПа; клас точностей: 0,5	ДИСК-250В4	2	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
2-4 3-4 7-5 8-5 9-5					Механізм виконавчий пневматичний пружинний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і верхнім дублером; $P_{живл} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05В	4	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ
2-5 4-3	Витрата			Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний (система СТАРТ; $P_{вх} = 20...100$ кПа, граничнодопустима основна похибка 0,5 %; $P_{живл}=140$ кПа, витрата повітря живлення 6,5 л/год;	ФК0071	2	АТ «ТИЗПРИБОР», м. Москва
2-6 4-4	Витрата			Щит керування	Регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний (система СТАРТ); витрата повітря живлення 4,5 л/хв, $P_{вих} = 20...100$ кПа (ПІД-регулятор – ФР0095)	ФР0091	2	АТ «ТИЗПРИБОР», м. Москва
3-1	Температура	Трубопровід	150 °С	Трубопровід	Термоперетворювач опору мідний [вибухонебезпечні хімічні виробництва], НСХ 50М, діапазон вимірювання 50...200 °С, $P_{max} = 0,63$ МПа, довжина монтажної частини 120...2000 мм, захисна арматура – сталь 10Х1713М2Т; інерційність 20 с, клас допуску В	ТСМ-1187	1	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці 1.

3-3 7-3 8-3 9-3	Температура	Трубопровід		Щит керування	Регулятор мікропроцесорний. Реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) та пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання з імпульсним або аналоговим виходами. Забезпечує корекцію за другим параметром. <i>Кількість входів:</i> аналогових – 2 (0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В), максимальна похибка АЦП $\pm 0,2$ %; <i>кількість виходів:</i> дискретних або імпульсних – 4 (транзисторний ключ ВК – відкритий ключ або релейний вихід на напругу 220 В і струм 8 А), аналогових – 1 (0...5 мА, 0(4)...20 мА), максимальна похибка ЦАП $\pm 0,5$ %	МК-21	4	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ
5-1	Тиск (на виході з насосів)	Трубопровід	0...4 МПа	Трубопровід	Манометр електро-контактний сигналізувальний; механізм-танусь; ступінь захисту IP53; напруга – 220В, 380 В; сила струму ≤ 1 А; діапазон 0...4 МПа; клас точності 2,5	«Сапфир-22ДІ», мод.2150	8	ПАТ «Склоприлод», м. Полтава
6-1	Температура	Трубопровід	80 °С	Трубопровід	Термоперетворювач опору мідний з уніфікованим вихідним сигналом, НСХ 50М, захисна арматура – сталь 10Х18Н10Т, діапазон вимірювання 0...100 °С, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм; основна похибка 0,5 %; $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	ТСМУ-0288	1	НВФ «АГАТ-1», м. Харків

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці 1.

6-2		Трубопровід		Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із вбудованими електропневматичним перетворювачем ЭП-1324 і пневматичним пропорційно-інтегральним регулятором; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, термоперетв. опору – 50П, 100П, 50М, 100М; $P_{вих} = 20...100$ кПа;	ДИСК-250В4	1	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
7-1 8-1 9-1	Температура	Екстракційний розчин, низ колони відгону,	45 °С	трубопровід	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, діапазон вимірювання 0...50 °С, $P_{max} = 25$ МПа, довжина монтажної частини 200...3150 мм, захисна арматура – сталь 8Н10Т; інерційність 30 с, клас допуску 2	ТСПУ-0288	3	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк
7-2 8-2 9-2		Трубопровід		Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним (РМТ-39Д – точковим) записом на діаграмній стрічці; вхідні сигнали: 0...100 мВ, 0...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; інтерфейс RS-232; доп. осн. похибка показань 0,2 %, реєстрації 1 %	РМТ-49Д	3	НПП «ЭЛЕМЕР», сел. Менделеево Московской области
7-4 8-4 9-4		Трубопровід		Щит керування	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0...5$ мА, $P_{вих} = 20...100$ кПа; граничнодопустима основна похибка $\pm 0,5$; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур (-30)...50 °С	МТМ 810	1	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонецьк

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці 1.

7-6 8-6 9-6		Трубопровід		Місцевий	Позиціонер безконтактний з датчиком положення робочого органу виконавчого механізму, оснащений пристроєм блокування привода; діапазон робочого ходу 3...150 мм; клас захисту IP66, матеріал – алюміній; $P_{живл} = 0,14...0,8$ МПа; похибка < 1%; $I_{вих} = 4...20$ МА	SITANS VP300	3	Виробник «ДП Сіменс Україна», м. Київ
9-1	Температура	Суміш ароматичних вуглеводнів, верх колони	30 °С	Трубопровід	Термоперетворювач опору мідний [вибухонебезпечні хімічні виробництва], НСХ 50М, діапазон вимірювання (-50)... 50 °С, $P_{max} = 0,63$ МПа, довжина монтажної частини 120...2000 мм, захисна арматура – сталь 10X1713М2Т; інерційність 20 с, клас допуску В	TSM-1187	1	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк
10-1	Рівень	12-ОСК	5,5 м	місцевий	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н [для вимірювання рівня рідких, сипких, кускових матеріалів, у т. ч. агресивних, вибухо- та пожежонебезпечних]; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
10-2	Рівень	12-ОСК	5,5 м	місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{вих} = 0...5$ (4...20) МА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
10-3 11-2				Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, із вбудованим пристроєм сигналізації (система СТАРТ) ; $P_{вх} = 20...100$ кПа, граничнодопустима основна похибка 0,5 %; $P_{живл} = 140$ кПа, витрата повітря живлення 6,5 л/год;	ПКП.1П	1	АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Закінчення таблиці 1.

11-1	Рівень	Вода	3,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним передавальним перетворювачем, матеріал буйка та підвіски – Сталь 12Х18Н10Т, $L_{\max} = 0,02 \dots 16$ м, $p_{\text{доп}} = 4$ МПа, температура (-50)...50 °С, відносна вологість 98–100 % (при 35 °С), $P_{\text{вих}} = 20 \dots 100$ кПа, допустима основна похибка 1,5 %	УБ-ПА	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
12-1	Витрата			Місцевий	Вихровий витратомір, із вбудованим інтегрувальним пристроєм вимірювані середовища: рідина, газ, пара; $D_y = 25 \dots 200$ мм, абс. тиск вимірюваного середовища до 4 МПа, температура – (-50)...250 °С, гранично допустима основна похибка для рідини $\pm 1,0$ %, для пари та газу $\pm 1,5$ %; вихідні сигнали: струмовий 4...20 мА; частотно-імпульсний 0...10 кГц; цифровий – на основі HART-протоколу	Метран-390	1	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
12-2				Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	1	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

ЕЛЕКТРОПАРАТИ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SB1... SB16	— " —	— " —	— " —	Щит керування	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутацій на зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15- 21-131 У3	18	Трест «Проме- нерго-автома- тика», м. Київ
SA1... SA11	— " —	— " —	— " —	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КУ-91- 1ExdІІВТ 5	9	Трест «Проме- нерго-автома- тика», м. Київ
МП1... МП11	— " —	— " —	— " —	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний nereверсивний з тепловим реле РТТ-326 136-160А, кнопками «ПУСК» і «СТОП» для керування трифазними асинхронними електродвигунами з короткозамкнутим ротором [приводи насосів, мішалок іншого технологічного устаткування з однобічним обертанням]; номінальний робочий струм 160 А; до-даткові контакти: 2 н. р. і 2 н. з.; номінальна робоча напру-га 220, 380, 660 В, номінальна потужність 45 кВт; можуть застосовуватись у схемах з мікро-процесорною технікою	ПМ12- 160210 У2 В	10	ВАТ «Кашинс- кий завод елект- роаппа-ратури», м. Москва

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк

Продовження таблиці

HL1... HL4	— " —	— " —	— " —	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-Ж-2-220	4	ВАТ «Кашинський завод електроапаратури», м. Москва
HL5 HL7 HL9 HL11 HL13 HL15 HL17 HL19	— " —	— " —	— " —	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-3-2-220	8	ВАТ «Кашинський завод електроапаратури», м. Москва
HL6 HL8 HL10 HL12 HL14 HL16 HL18 HL20	— " —	— " —	— " —	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-К-2-220	8	ВАТ «Кашинський завод електроапаратури», м. Москва

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛАЗ71мн.06.ДП.00.001

Арк