

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»
(повне найменування вищого навчального закладу)

ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ А.І.Жученко
«__» _____ 20__ р

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
хімічних виробництв»

з напрямку підготовки **151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

на тему: Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою розчинів діетиленгліколю та триетиленгліколю

Виконав: студент 4 курсу, групи ЛА-72
(шифр групи)

Прохоренко Максим Володимирович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник ст. викл. Жураковський Я.Ю.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант Охорона праці
(назва розділу)

асистент Ковтун А.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент доцент, к.т.н., Степанюк А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

Київ - 2021 року

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

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва)

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.І.Жученко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Прохоренку Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою розчинів діетиленгліколю та триетиленгліколю

керівник проекту _____ ст викл. Жураковський Ярослав Юрійович _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «26» квітня 2021 р. № 1071 – с _____

2. Термін подання студентом проекту «14» червня 2021р.

3. Вихідні дані до проекту система автоматичного керування повинна забезпечувати вихід керованої величини на усталений режим за час не більший за 60с із перерегулюванням не більше ніж 20%.

4. Зміст пояснювальної записки технологія процесу екстракції ароматичних вуглеводнів; розробка функціональної схеми та принципово-електричних схем; розробка математичної моделі парового підігрівача; синтез і дослідження системи керування; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу екстракції ароматичних вуглеводнів; принципова електрична схема системи дистанційного керування моторами; принципова електрична схема роботи контурів з технологічною сигналізацією параметрів; принципова електрична схема роботи системи технологічного блокування сигналів з регуляторів до регулювальних клапанів; монтажно-комутаційна схема

з'єднань системи дистанційного керування та аварійного захисту електромотора; монтажно-комутаційна схема з'єднань системи технологічного блокування вихідних сигналів з автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях; монтажно-комутаційна схема з'єднань системи технологічної сигналізації параметрів процесу.

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці | асистент Ковтун А.І. | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|-------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | Опис технологічного процесу | 05.03.2021 | |
| 2 | Автоматизація технологічного процесу | 27.03.2021 | |
| 3 | Математичне моделювання об'єкту керування | 19.04.2021 | |
| 4 | Синтез системи керування | 04.05.2021 | |
| 5 | Розробка креслень | 23.05.2021 | |
| 6 | Охорона праці | 28.05.2021 | |

Студент

_____ (підпис)

Прохоренко М. В.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Жураковський Я. Ю.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою розчинів діетиленгліколю та триетиленгліколю» містить пояснювальну записку об'ємом 66 сторінок, 1 лист креслень формату А1, 1 лист креслень формату А2 та 5 листів креслень формату А3.

Пояснювальна записка містить 17 рисунків, 2 таблиці, 7 літературних джерел та додатки. В додатках вказані специфікації устаткування, виробів і матеріалів.

В роботі запропоновано систему екстракції ароматичних вуглеводнів розчинами діетиленгліколю та триетиленгліколю, досліджено паровий підігрівач як технологічний об'єкт керування та отримано математичну модель нагрівання.

В розділах пояснювальної записки виконаний загальний аналіз ароматичних вуглеводнів, аналіз технологічного процесу їх екстракції, спроектовано та запропоновано автоматичну систему керування, розроблена математична модель статичного та динамічного режимів роботи об'єкта керування. Запропоновано вибір методу налаштування регулятора для об'єкту керування відповідно до технологічних вимог даного процесу.

Ключові слова: автоматизація, схема автоматизації, ароматичні вуглеводні, екстракція, технологічний процес, аварійний захист та блокування, принципова електрична схема, об'єкт керування, регулятор.

ABSTRACT

Diploma project on the topic: "Automation of the process of extraction of aromatic hydrocarbons by solutions diethylene glycol and triethylene glycol" contains an explanatory note of 66 pages, 1 sheet of drawings in A1 format, 1 sheet of drawing in A2 format and 5 sheets of drawings in A3 format.

The explanatory note contains 17 figures, 2 tables, 7 references and appendices. The appendices contain specifications of equipment, products and materials.

The system of aromatic hydrocarbons extraction with solutions of diethylene glycol and triethylene glycol is proposed, the steam heater as a technological object of control is investigated and the mathematical model of heating is received.

The sections of the explanatory note perform a general analysis of aromatic hydrocarbons, analysis of the technological process of their extraction, designed and proposed an automatic control system, developed a mathematical model of static and dynamic modes of operation of the control object. It is proposed to choose the method of adjusting the controller for the control object in accordance with the technological requirements of this process.

Keywords: automation, automation scheme, aromatic hydrocarbons, extraction, technological process, emergency protection and blocking, basic electrical scheme, control object, regulator.

ЗМІСТ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Скорочення..... | 8 |
| Вступ..... | 9 |
| 1. Загальна характеристика та аналіз процесу екстракції ароматичних вуглеводнів..... | 10 |
| 1.1. Фізичні та хімічні властивості ароматичних вуглеводнів..... | 10 |
| 1.2. Методи екстракції ароматичних вуглеводнів та їх застосування..... | 12 |
| 1.3. Опис схеми технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів..... | 15 |
| 2. Проектування системи автоматизації..... | 18 |
| 2.1. Опис схеми автоматизації технологічного процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів..... | 18 |
| 2.2. Аналіз фізико-технічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю та регулювання процесу виробництва..... | 19 |
| 2.3. Розробка схеми автоматизації технологічного процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів | 23 |
| 2.4. Система дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів насосів..... | 28 |
| 2.4.1. Постановка задачі до розробки схеми дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів насосів..... | 28 |
| 2.4.2. Опис роботи принципової електричної схеми дистанційного керування вмиканням та вимиканням живлення при роботі | |

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------|---------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою розчинів діетиленгліколю та триетиленгліколю Записка дипломного проекту | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Архивів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | Прохоренко М.В. | | | | | | |
| <i>Перев.</i> | | Жураковський Я.Ю. | | | | | 5 | 77 |
| <i>Н.Контр.</i> | | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського, каф. ТПЗА, гр. ЛА-72 | | |
| <i>Затв.</i> | | Жученко А.І. | | | | | | |

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| | електромоторів та їх технологічному обслугованні..... | 29 |
| 2.4.3. | Опис роботи системи з аварійного захисту електромоторів насосів та їх технологічне блокування в аварійних ситуаціях..... | 31 |
| 2.5. | Система технологічної сигналізації до параметрів процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів..... | 33 |
| 2.5.1. | Постановка задачі до розробки схеми системи з технологічної сигналізації параметрів процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів..... | 33 |
| 2.5.2. | Принципова електрична схема і опис роботи контурів з технологічної сигналізації параметрів..... | 34 |
| 2.6. | Система технологічного блокування сигналів контурів регулювання у схемі автоматизації технологічних процесів..... | 35 |
| 2.6.1. | Постановка задачі до розробки системи технологічного блокування вихідних сигналів автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях..... | 35 |
| 2.6.2. | Принципова електрична схема і опис роботи системи технологічного блокування сигналів з регуляторів..... | 36 |
| 2.7. | Схема монтажних комутаційних з'єднань до принципових електричних схем систем керування, аварійного захисту та технологічного блокування..... | 36 |
| 2.7.1. | Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи дистанційного керування та аварійного захисту електромоторів..... | 36 |
| 2.7.2. | Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи технологічного блокування вихідних сигналів автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях..... | 38 |
| 2.7.3. | Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи технологічної сигналізації параметрів..... | 39 |
| 2.8. | Висновки до розділу..... | 40 |
| 3. | Математичне моделювання об'єкта керування..... | 41 |
| 3.1. | Дослідження структурно-параметричної схеми | 41 |
| 3.2. | Моделювання статичного режиму..... | 42 |
| 3.3. | Моделювання динамічного режиму..... | 45 |
| 3.4. | Висновки до розділу..... | 48 |
| 4. | Налаштування регулятора..... | 49 |
| 4.1. | Налаштування ПІ-регулятора для заданої системи..... | 49 |
| 4.1.1. | Розрахунок параметрів регулятора методом Ціглера-Нікольса..... | 49 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.2. Розрахунок параметрів регулятора на заданий показник коливності..... | 51 |
| 4.1.3. Розрахунок систем керування в Matlab Control System Toolbox | 53 |
| 4.2. Порівняння систем керування з регуляторами, налаштованими різними методам | 55 |
| 4.3. Висновки до розділу..... | 56 |
| 5. Охорона праці..... | 57 |
| 5.1. Електробезпека..... | 58 |
| 5.2. Виробниче освітлення..... | 59 |
| 5.3. Виробничий шум і вібрація..... | 60 |
| 5.4. Пожежна безпека..... | 61 |
| 6. Висновки..... | 63 |
| 7. Список використаної літератури..... | 64 |

Додаток 1:

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Специфікація устаткування до схеми автоматизації технологічних процесів..... | 66 |
|------------------------------------------------------------------------------|----|

Додаток 2:

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Специфікація на технічні засоби до принципової електричної схеми системи дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів | 74 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Додаток 3:

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Специфікація на технічні засоби до принципової електричної схеми системи технологічного блокування вихідних сигналів автоматичних регуляторів | 76 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Перелік скорочень

ОК – об'єкт керування;

ПІ – пропорційно-інтегральний;

Аз – аварійний захист;

Тб – технологічне блокування;

G – витрата;

Θ – температура;

c – теплоємність;

r – питома теплота пароутворення (конденсації);

V – об'єм;

ρ – густина.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |

ВСТУП

Темою даного дипломного проекту є «Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів розчинами діетиленгліколю та триетиленгліколю».

Автоматизація виробничих процесів займає ключову роль технічного прогресу всіх галузей народного господарства України. На сьогоднішній день засоби автоматизації широко використовуються в різних сферах діяльності людини, зокрема в хімічній промисловості.

Метою роботи є розробка актуальної функціональної схеми автоматизації блоку екстракції ароматичних вуглеводнів, розробка математичної моделі парового підігрівача та проведення аналізу різних методів налаштування регулятора.

Актуальність полягає у тому, що попит на ароматичні вуглеводні високої чистоти для синтезу нафтохімічних продуктів завжди росте. Тому необхідна розробка функціональної схеми автоматизації для блоку екстракції. Математична модель для парового підігрівача розробляється, оскільки один із найважливіших аспектів блоку екстракції – це входження каталізатору в екстракційну колону при необхідній температурі. Для правильної роботи ОК також необхідно налаштувати регулятор, для чого потрібно підібрати найбільш вдалий метод налаштування.

В даній роботі буде розглянуто безпосередньо блок екстракції ароматичних вуглеводнів, вивчення температурного режиму процесу підігріву стабільного каталізатору, розробка і дослідження математичної моделі процесу підігріву стабільного каталізатору, знаходження передатних функцій ОК та пошук коефіцієнтів для налаштування регулятора.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДІПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

1.1 Фізичні та хімічні властивості ароматичних вуглеводнів

Ароматичні вуглеводні (також ацени) – велика група з'єднань карбоциклічного ряду, молекули яких містять одне або кілька бензенових кілець, а також і інші вуглеводневі групи (аліфатичні, нафтеніві, поліциклічні). Виходячи з кількості бензенових циклів виділяють такі ацени: однадерні (моноциклічні) та багатоядерні (поліциклічні). Багатоядерні ацени класифікують на ароматичні вуглеводні з конденсованими (анельованими) циклами та ароматичні вуглеводні з ізольованими циклами.

Елементарний представник ароматичних вуглеводнів – це бензол – безбарвна рідина з характерним запахом, яка кипить при $80,1^{\circ}\text{C}$, $\rho = 0,876\text{ г / см}^3$. Його молекулярна формула C_6H_6 . Бензол дуже вогнебезпечний. Він горить жовтим полум'ям і залишає шар кіптяви над склом, якщо його внести в полум'я. Відомо, що всі атоми вуглецю в молекулі бензолу знаходяться в одній площині у формі правильного шестикутника. Зв'язки С–С мають однакові довжини, що можна побачити на рисунку 1.1. Вони складають $0,139\text{ нм}$. Кожен з шести атомів вуглецю відповідно пов'язаний з одним атомом водню[3].

Для аценів найбільш характерні реакції електрофільного заміщення:

- галогенування;
- нітрування;
- сульфонування;
- алкілування.

Також ацени насичуються до нафтенів при високих парціальних тисках водню в присутності каталізаторів.

Саме «ароматичними вуглеводнями» ацени називають, бо перші похідні бензолу виділяли з природних джерел і вони мали доволі приємний запах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | ДПЛА72.18.00.000ПЗ | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

«Ароматичність» сьогодні для всіх це особлива будова молекул аренів та характер їх реактивної здатності.

Для демонстрації будови молекули бензену використовують формули Кекуле, зображені на рисунку 1.1. Їх німецький хімік Август Кекуле запропонував ще в 1865 р[5].

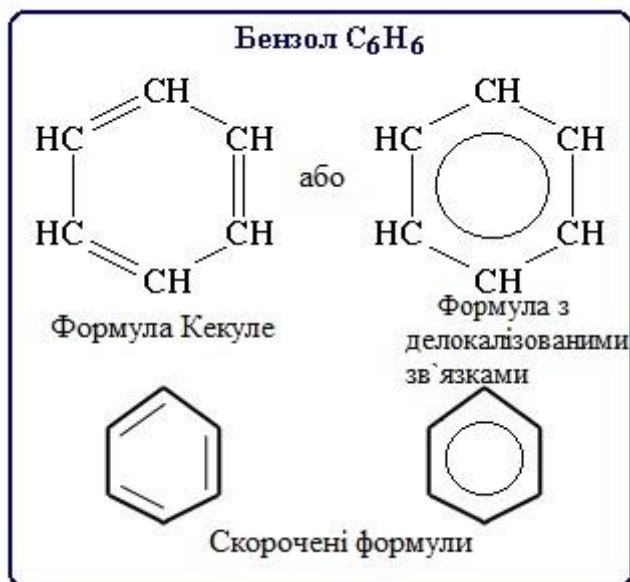


Рис.1.1. Формули Кекуле

Розглянемо молекулярну формулу бензолу C_6H_6 , згідно якої бачимо, що він має ненасичене з'єднання. Це означає, що для нього мають бути характерні реакції приєднання, які є типовими для алкенів. Проте, бензол або реагує дуже повільно, або зовсім не реагує в умовах, в яких алкени мають швидко вступати в реакції приєднання. Зниження енергії молекули обумовлене делокалізацією шести π -електронів в циклічній системі, зумовлює підвищену стійкість бензолу і його гомологів. Характерні якісні реакції, що властиві ненасиченим вуглеводням бензол також не дає. Наприклад, він не знебарвлює водний розчин перманганату калію та бромну воду. Такий характер реакційної здатності, оскільки у ароматичне кільце атоми вуглецю сполучені замкненою системою спряжених π -зв'язків[4].

1.2 Методи екстракції ароматичних вуглеводнів та їх застосування

Екстракція застосовується для того, щоб виділяти легкі ароматичні вуглеводні такі як бензол, толуол з каталізатору риформінгу, а також з інших видів нафтової сировини.

В ролі селективних розчинників використовують полігліколи (ді-, три- і тетраетиленгліколь), діметилсульфоксид, N-метилпіролідон, суміш діетиленгліколю з пропіленгліколем, сульфан. Розчинність в цих ароматичних вуглеводнів вища, ніж у вуглеводнів інших класів – парафінових, нафтонових, неподільних. Якщо молекулярна маса вуглеводнів зростає, то їх розчинність в селективних розчинниках зменшується. І навпаки, якщо підвищується температура, то розчинна здатність екстрагентів збільшується, та посилюється виборча здатність. Якщо додати воду, то виборча здатність підвищується, але при цьому зменшується ємність розчинника[4].

При екстракції найбільш широко поширене використання саме полігліколів. Ще на початку 1950-х років фірми UOP та DOW Chemical був розроблений процес з використанням в ролі екстрагенту 90-95% -го розчину діетиленгліколю. Тоді цей процес був найбільш розповсюдженим. А пізніше почали використовуватись і вищі полігліколи – триетиленгліколь і тетраетиленгліколь, що мають більшу ємність в порівнянні з діетиленгліколем, але при цьому, практично таку ж селективність. В деяких випадках також застосовували суміш діетиленгліколю з дипропіленгліколем, що по екстракційним властивостям було близько до використання триетиленгліколю.

Під кінець 70-их років фірми RoyalDutchShell та OUP розробили процес екстракції ароматичних вуглеводнів сульфаном. Він має вищу розчинну здатність та селективність в порівнянні з діетиленгліколем. Тож процес може проводитись за меншої концентрації розчинника у розчині та меншої

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

кількості рісайклів. Проте, оскільки сульфолан має низькі коефіцієнти розподілення між водною та вуглеводною фазами, то його відокремлення з рафінату, а особливо з екстракту набагато важче в порівнянні з процесом екстракції гліколями.

Фірма Lurgi розробила процес екстракції з використанням N-метилпіролідона. Цей розчинник нетоксичний та при його використанні не відбувається корозії апаратури. Чистий N-метилпіролідон має недостатню велику селективність, але при цьому велику ємність. Для підвищення селективності на перших установках додавали до розчинника 10-20% води. Пізніше по техніко-економічним показникам процесу було вирішено використовувати в якості розчинника суміш N-метилпіролідону з 40-50% етиленгліколю.

Попит на ароматичні вуглеводні високої чистоти завжди був актуальний, особливо для синтезу нафтохімічних продуктів. На установках для екстракції працюють з розчинниками із різною полярністю. Для прикладу у Сульфолана висока полярність. А от у діетиленгліколю (ДЕГ) та триетиленгліколю (ТЕГ), які і використовуються у моїй роботі низька полярність.

Бензол і толуол сучасні технології екстракції дозволяються виробляти високої чистоти – не менше 99% та 97% відповідно .

Попередньо не раз наголошував про такі властивості того чи іншого розчинника як розчинна здатність і селективність. Це тому, що саме по ним і ґрунтується вибір розчинників. Якщо розчинники мають високу полярність і відповідну селективність, то при цьому будуть мати і найбільшу розчинну здатність.

При цьому, якщо розчинник має високу розчинну здатність, то його використання буде з низьким ступенем циркуляції розчинника, а відповідно не буде необхідності багато витратитися на екстрактор і колони екстрактивної перегонки. Але в такому разі, для регенерації розчинника

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

необхідно додаткове обладнання, оскільки відділення від продукту розчинника з високою розчинюючою здатністю, як раніше я вже зазначав – процес досить складний.

І дотепер найчастіше використовують такі розчинники як діетиленгліколь, триетиленгліколь та сульфолан, графік властивостей яких зображений на рисунку 1.2. Так німецька фірма EDL AnlagenbauGesellschaftmbH виробляє установки для екстракції ароматичних вуглеводнів вищевказаними розчинниками[6].



Рис.1.2. Властивості розчинників діе-, триетиленгліколів та сульфолану

Як для очевидного прикладу використання, після екстракції, ароматичних вуглеводнів з каталізатору риформінгу фракції 62-105 ° С, селективний гідрокрекінг рафінату, дозволяє отримати повноцінний компонент автомобільного палива з октановим числом 75-76[2].

1.3 Опис схеми технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів

Ректифікація каталізату риформінгу проходить з виділенням головної і залишкової фракцій. Потім змішуванням залишкової фракції риформата із гідроізомеризатом мають малоароматизований високооктановий базовий компонент автомобільних бензинів при цьому з поліпшеними екологічними властивостями.

А каталізат риформінгу, що далі направляється на екстракцію, може ще містити до 2 % ненасичених вуглеводнів. Під час процесу екстракції лише кількість олефінів (до 0,1 %) переходить в екстракт ароматичних вуглеводнів, а більша їх частина концентрується в рафінаті. Якість ароматичних вуглеводнів може бути понижена під час ректифікації екстракту, так як у цільові продукти можуть потрапляти ненасичені сполуки[4].

Схему технологічного процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів показано на рисунку 1.3, а сам процес проходить так:

До блоку екстракції належать:

- відділення екстракції та відпарки розчинника;
- відділення ректифікації екстракту для виділення індивідуальних ароматичних вуглеців з екстракту;
- вузол регенерації розчинника.

Насосом Н-1 стабільний каталізат фракції 62-105 °С надходить з блоку риформінгу та подається в теплообмінник Т-1. Там йде початкове нагрівання каталізату від тепла рафінату (верхній вихідний продукт екстракційної колони К-1). Далі йде один з основних процесів, а саме нагрівання каталізату в паровому підігрівачі Т-2. Нагрівання відбувається до 150 °С, а після цього надходить до екстракційної колони К-1, тиск в котрій встановлюють на рівні 0,8-1,0 МПа. Туди ж до верхньої частини подається екстрагент діетиленгліколь (ДЕГ) з вмістом води 7-10% або тріетиленгліколь (ТЕГ) з вмістом води 5-10%. Один з цих розчинників, спускаючись донизу, вступає в

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

контакт з каталізатором, на перфорованих тарілках, вилучаючи з нього ароматичні вуглеводні. Процес екстракції базується на різній розчинності ароматичних і неароматичних з'єднань в селективному розчиннику. Після цього як результат перерозподілу вуглеводнів утворюються два розчини: рафінатний, що відходить з верху колони та екстрактний, що відходить з низу колони К-1. Щоб максимально вилучити ароматичні вуглеводні. до нижньої частини екстракційної колони подається рісайкл.

Рафінатний розчин після виходу з верху колони К-1 поступає до водяного холодильника Х-1, де охолоджується і після того подається до нижньої частини колони К-3. Це промивна колона, зверху до якої подається вода. точніше конденсат для додаткового відмивання рафінату від екстрагента. Відмивається рафінат від розчинника і забирається з установки як вуглеводний розчинник, або в якості сировини для піролізу. А розчинник, що насичується водою, повертається до екстракційної колони.

Після виходу з колони К-1, екстрактний розчин охолоджується в холодильнику Х-2 та надходить до верху відгонної колони К-2. Після колони К-2 пари аренів та води конденсуються та охолоджуються в холодильнику АВО, після чого цей конденсат потрапляє до відстійника Е-1, де розділяється на два шари. Нижній шар відстійника – вода (балансована кількість) насосом Н-3 відкачується і подається до низу колони К-2, проходячи через холодильник Х-2. А решта води потрапляє до колони К-3, щоб відмити рафінат. Верхній шар відстійника – екстракт направляється до буферної ємності Е-2. З неї насосом Н-2 відкачується більша частина екстракту на блок ректифікації ароматики. А менша частина після нагрівання у підігрівачі Т-3 потрапляє по низу колони К-1. цей рісайкл покликаний підвищити ароматику у екстракті. Внизу колони К-2, проходячи паровий підігрівач Т-4, циркулює частина розчинника, щоб підтримувати у відгонній колоні необхідну температуру. Але більша частина розчинника поступає в колону К-4.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Колона К-4 є ректифікаційною колоною. Вона належить до блоку регенерації розчинника і складається з двох частин. Верхня частина працює під атмосферним тиском. В ній розчинник концентрується шляхом відгону води і з необхідною нам концентрацією води 5-10% надходить до нижньої частини колони – вакуумної. Там вже за рахунок перегонки від звільняється від продуктів осмолення. І зверху вакуумної колони вже регенований розчинник знову йде на екстракцію. Продукти нижньої частини колони виводяться з системи, а частина циркулює через рібойлер. Цей блок регенерації необхідний для отримання мінімальної кількості відходів. В процесі екстракції розчинник виходить сильно розведений водою, а при циркуляції в ньому під впливом температури накопичуються продукти осмолення. Стандартна кислотність розчинника забезпечується дозованим вводом в нього моноеталоміну, смоляні з'єднання мають бути видалені з нього[2].

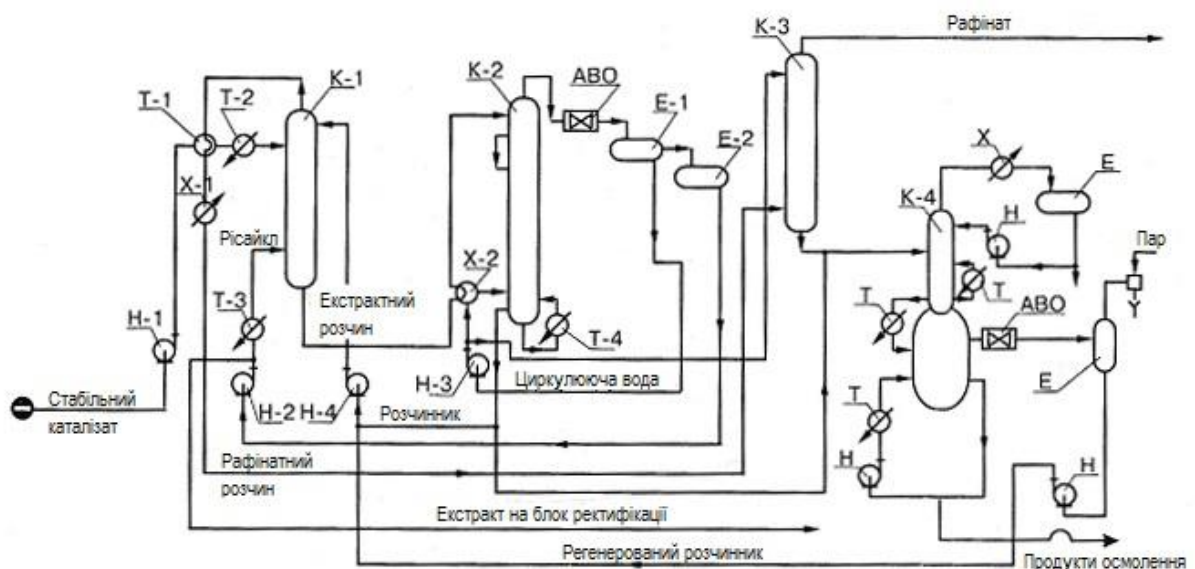


Рис.1.3. Схема технологічного процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів

2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Опис схеми автоматизації технологічного процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів

Функціональна схема автоматизації процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів наведена на кресленні ДПЛА72.18.01.000СхФ.

Наша схема автоматизації, містить набір різних контурів контролю та регулювання параметрів процесів у апаратах, які входять до складу технологічної схеми екстракції ароматичних вуглеводнів.

Необхідно забезпечити максимальну автоматизації у даного процесу, адже від цього значною мірою залежить те, наскільки якісно і ефективно, а також безпечно буде працювати підприємство.

Наведемо декілька прикладів використання основних типів пристроїв у нашій схемі автоматизації:

1. Використовуючи прилад **FE(2-1)** ми вимірюємо витрату стабільного каталізатору. Ця вимірjana величина за допомогою сигналу, який подає прилад **FT(2-2)** передається на відстань до пульта керування.

2. За допомогою приладу **TE(1-1)** ми вимірюємо температуру суміші на виході з парового підігрівача 3. Ця вимірjana величина за допомогою сигналу, який подає прилад **TT(1-2)** передається на пристрій **TICA(1-3)**, за допомогою якого виконується автоматичне керування.

3. Прилад **QE(6-1)** використовується для вимірювання концентрації суміші на виході з екстракційної колони 9. Вимірювана величина передається на відстань, а самена пристрій для автоматичного керування **QIR(6-3)**, за допомогою сигналу, який подає **QT(6-2)**.

4. **HL** – сигнальна лампочка, яку розміщують там, де нам, наприклад, потрібна сигналізація, щоб можна було одразу зреагувати на проблему.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | ДПЛА72.18.00.000ПЗ | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

5. **PIAS** – пристрій, що знаходиться на пульті керування. Він показує і реєструє параметри, що передаються на нього. А також необхідний для сигналізації високого або низького рівня контрольованого параметру (тиску).

6. **KM** – електромагнітне реле, або контактор магнітний.

7. **SB** – кнопки вмикання/вимикання електродвигунів.

2.2 Аналіз фізико-технічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю та регулювання процесу виробництва

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу екстракції ароматичних вуглеводнів, апаратів та продуктів, що беруть участь у процесі, нам потрібно забезпечити наступний рівень автоматизації виробництва:

- контроль та регулювання температури стабільного каталізатору на виході з парового підігрівача 3 150°C;
- контроль та регулювання витрати стабільного каталізатору на вході у екстракційну колону 9;
- контроль якості концентрації екстрактного розчину на виході з екстракційної колони 9;
- контроль та регулювання рівня регенованого розчинника у відстійнику 7;
- контроль та регулювання витрати рісайкла на вході у екстракційну колону 9;
- контроль та регулювання витрати розчинника на вході у екстракційну колону 9;
- контроль та регулювання температури екстрактного розчину після теплообмінника 2 у межах 109...110°C;
- контроль та регулювання витрати екстрактного розчину на вході у колону 10;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

- контроль та регулювання витрати циркулюючої води на вході у колону 10;
- контроль та регулювання температури розчинника в паровому підігрівачі 3 у межах 148...149°C;
- контроль та регулювання температури конденсату ароматичних вуглеводнів та води в апараті повітряного охолодження 8;
- контроль та регулювання рівня конденсату ароматичних вуглеводнів та води у відстійнику 7;
- контроль та регулювання рівня екстракту ароматичних вуглеводнів у відстійнику 7;
- контроль та регулювання витрати води на вході у промивну колону 6;
- контроль та регулювання витрати рафінованого розчину на вході у промивну колону 6;
- контроль та регулювання температури рафінованого розчину в холодильнику 4;
- контроль та регулювання температури розчинника з водою в холодильнику 4;
- контроль та регулювання рівня розчинника з водою у відстійнику 7;
- контроль та регулювання температури розчинника з легкими продуктами його розкладання у паровому підігрівачі 3;
- контроль та регулювання температури розчинника у паровому підігрівачі 3;
- контроль та регулювання температури регенованого розчинника в апараті повітряного охолодження 8;
- контроль та регулювання температури екстракту ароматичного вуглецю у паровому підігрівачі 4;
- контроль та регулювання температури стабільного каталізатора на вході в теплообмінник 2 у межах 62...105 °C;
- контроль тиску в трубах біля моторів М1-М7.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці 2.2.1.

Таблиця 2.2.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

| № пор. | Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра | Назва контролюваного чи регульованого параметра | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Стабільний каталізатор, паровий підігрівач 3 | Температура | 150°C | Контроль, регулювання |
| 2 | Стабільний каталізатор, екстракційна колона 9 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 3 | Регенерований розчинник, відстійник 7 | Рівень | – | Контроль, регулювання |
| 4 | Рісайкл, екстракційна колона 9 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 5 | Розчинник, екстракційна колона 9 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 6 | Екстрактний розчин, екстракційна колона 9 | Концентрація | – | Контроль, сигналізація |
| 7 | Екстрактний розчин, теплообмінник 2 | Температура | 109...110°C | Контроль, регулювання |
| 8 | Екстрактний розчин, колона 10 | Витрата | – | Контроль, регулювання |

| | | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 9 | Циркулююча вода, колона 10 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 10 | Розчинник, паровий підігрівач 3 | Температура | 148...149°C | Контроль, регулювання |
| 11 | Конденсат ароматичних вуглеводнів та води, апарат повітряного охолодження 8 | Температура | – | Контроль, регулювання |
| 12 | Конденсат ароматичних вуглеводнів та води, відстійник 7 | Рівень | – | Контроль, регулювання |
| 13 | Екстракт ароматичних вуглеводнів, відстійник 7 | Рівень | – | Контроль, регулювання |
| 14 | Вода, промивна колона 6 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 15 | Рафінатний розчин, промивна колона 6 | Витрата | – | Контроль, регулювання |
| 16 | Рафінатний розчин, холодильник 4 | Температура | – | Контроль, регулювання |
| 17 | Розчинник з водою, холодильник 4 | Температура | – | Контроль, регулювання |
| 18 | Розчинник з водою, відстійник 7 | Рівень | – | Контроль, регулювання |
| 19 | Розчинник з легкими продуктами його розкладання, паровий підігрівач 3 | Температура | – | Контроль, регулювання |
| 20 | Розчинник, | Температура | – | Контроль, |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

ДПЛА72.18.00.000ПЗ

рк.

22

контролю, регулювання і сигналізації. До контурів регулювання входять контури контролю витрати, рівня і температури. До контурів контролю входять контури контролю якості концентрації і тиску.

Контур 1 забезпечує контроль та регулювання температури виході з парового підігрівача 3 стабільного каталізатору та включає: термометр опору (1-1); блок перетворення сигналів термоопорів(1-2); мікропроцесорний регулятор (1-3); блок ручного управління (1-4); датчик регулюючого клапану (1-5); регулюючий клапан (1-6).

Контур 2 забезпечує контроль та регулювання витрати стабільного каталізатору на вході у екстракційну колону 9, та включає: витратомір з коріолісових сил (2-1); блок перетворення сигналів (2-2); мікропроцесорний регулятор (1-3); блок ручного управління (1-4); датчик регулюючого клапану (1-5); регулюючий клапан (1-6).

Контур 3 забезпечує контроль та регулювання рівня регенованого розчинника у відстійнику 7 та включає: рівнемір радарний(3-1); блок перетворення сигналів(3-2); мікропроцесорний регулятор (3-3); регулюючий клапан (1-4).

Контур 4 та контур 5 забезпечують контроль та регулювання витрати рісайкла та розчиннику відповідно на вході у екстракційну колону 9, та включають: витратоміри з коріолісових сил (4-1), (5-1); блоки перетворення сигналів (4-2), (5-2); мікропроцесорний регулятор (4-3); блок ручного управління (4-4); датчик регулюючого клапану (4-5); регулюючий клапан (4-6); датчик регулюючого клапану (4-7).

Контур 6 забезпечує контроль якості концентрації екстрактного розчину на виході з екстракційної колони 9, та включає: портативний газоаналізатор (6-1); газоаналізатор для вимірювань на місці(6-2); індикатор технологічний мікропроцесорний(6-3); лампу електричну сигнальну червоного кольору HL1.

Контур 7 забезпечує контроль та регулювання температури

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

екстрактного розчину після теплообмінника 2 та включає: термометр опору(7-1); блок перетворення сигналів термоопорів(7-2); мікропроцесорний регулятор (7-3); блок ручного управління (7-4); датчик регулюючого клапану (7-5); регулюючий клапан (7-6).

Контур 8 та контур 9 забезпечують контроль та регулювання витрати екстрактного розчину та циркулюючої води відповідно на вході у отпарну колону 10, та включають:витратоміри з коріолісових сил (8-1), (9-1); блоки перетворення сигналів (8-2), (9-2); мікропроцесорний регулятор (8-3); блок ручного управління (8-4); датчик регулюючого клапану (8-5); регулюючий клапан (8-6); датчик регулюючого клапану (8-7).

Контур 10 забезпечує контроль та регулювання температури розчинника після парового підігрівача 3 та включає: термометр опору (10-1); блок перетворення сигналів термоопорів(10-2); мікропроцесорний регулятор (10-3); блок ручного управління (10-4); датчик регулюючого клапану (10-5); регулюючий клапан (10-6).

Контур 11 забезпечує контроль та регулювання температури конденсату ароматичних вуглеводнів та води в апараті повітряного охолодження 8 та включає: термометр опору (11-1); блок перетворення сигналів термоопорів(11-2); мікропроцесорний регулятор (11-3); блок ручного управління (11-4); датчик регулюючого клапану (11-5); регулюючий клапан (11-6).

Контур 12 забезпечує контроль рівня конденсату ароматичних вуглеводнів та води у відстійнику 7 та включає:рівнемір радарний(12-1);блок перетворення сигналів(12-2); мікропроцесорний регулятор (12-3); регулюючий клапан (12-4).

Контур 13 забезпечує контроль рівня екстракту ароматичних вуглеводнів у відстійнику 7 та включає:рівнемір радарний(13-1);блок перетворення сигналів(13-2); мікропроцесорний регулятор (13-3); регулюючий клапан (13-4).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Контур 14 та контур 15 забезпечують контроль та регулювання витрати води та рафінованого розчину відповідно на вході в отпарну колону 10, та включають: витратоміри з кориолісових сил (14-1), (15-1); блоки перетворення сигналів (14-2), (15-2); мікропроцесорний регулятор (14-3); блок ручного управління (14-4); датчик регулюючого клапану (14-5); регулюючий клапан (14-6).

Контур 16 забезпечує контроль та регулювання температури рафінованого розчину в холодильнику 4 та включає: термометр опору (16-1); блок перетворення сигналів термоопорів(16-2); мікропроцесорний регулятор (16-3); блок ручного управління (16-4); датчик регулюючого клапану (16-5); регулюючий клапан (16-6).

Контур 17 забезпечує контроль та регулювання температури розчинника з водою в холодильнику 4 та включає: термометр опору (17-1); блок перетворення сигналів термоопорів(17-2); мікропроцесорний регулятор (17-3); блок ручного управління (17-4); датчик регулюючого клапану (17-5); регулюючий клапан (17-6).

Контур 18 забезпечує контроль та регулювання рівня розчинника з водою у відстійнику 7, та включає: рівнемір радарний(18-1); блок перетворення сигналів(18-2); мікропроцесорний регулятор (18-3); регулюючий клапан (18-4).

Контур 19 забезпечує контроль температури розчинника з легкими продуктами його розкладання у паровому підігрівачі 3 та включає: термометр опору (19-1); блок перетворення сигналів термоопорів(19-2); мікропроцесорний регулятор (19-3); блок ручного управління (19-4); датчик регулюючого клапану (19-5); регулюючий клапан (19-6).

Контур 20 забезпечує контроль температури розчинника у паровому підігрівачі 3 та включає: термометр опору (20-1); блок перетворення сигналів термоопорів(20-2); мікропроцесорний регулятор (20-3); блок ручного управління (20-4); датчик регулюючого клапану (20-5); регулюючий клапан

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

(20-6); датчик регулюючого клапану (20-7).

Контур 21 забезпечує контроль температури розчинника у паровому підігрівачі 3 та включає: термометр опору (21-1); блок перетворення сигналів термоопорів(21-2); мікропроцесорний регулятор (21-3); блок ручного управління (21-4); датчик регулюючого клапану (21-5); регулюючий клапан (21-6); датчик регулюючого клапану (21-7).

Контур 22 забезпечує контроль температури регенованого розчинника в апараті повітряного охолодження 8 та включає: термометр опору (22-1); блок перетворення сигналів термоопорів(22-2); мікропроцесорний регулятор (22-3); блок ручного управління (22-4); датчик регулюючого клапану (22-5); регулюючий клапан (22-6).

Контур 23 забезпечує контроль температури екстракту ароматичного вуглецю у паровому підігрівачі 3 та включає: термометр опору (23-1); блок перетворення сигналів термоопорів(23-2); мікропроцесорний регулятор (23-3); блок ручного управління (23-4); датчик регулюючого клапану (23-5); регулюючий клапан (23-6).

Контур 24 забезпечує контроль тиску стабільного каталізатору у трубопроводі після мотору М-1 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампи електричні сигнальні червоного та зеленого кольору відповідно HL16, HL17.

Контур 25 забезпечує контроль тиску екстракту у трубопроводі після мотору М-2 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампи електричні сигнальні червоного та зеленого кольору відповідно HL18, HL19.

Контур 26 забезпечує контроль тиску розчиннику у в трубопроводі після мотору М-3 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампи електричні сигнальні червоного та зеленого кольору відповідно HL20, HL21.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

Контур 27 забезпечує контроль тиску води у трубопроводі після мотору М-3 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампи електричні сигнальні червоного та зеленого кольору відповідно HL22, HL23.

Контур 28 забезпечує контроль тиску регенованого розчиннику у трубопроводі після мотору М-5 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампу електричну сигнальну червоного кольору HL24.

Контур 29 забезпечує контроль тиску розчиннику у в трубопроводі після мотору М-6 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампи електричні сигнальні червоного та зеленого кольору відповідно HL25, HL26.

Контур 30 забезпечує контроль тиску розчиннику у в трубопроводі після мотору М-7 та включає: вимірювальний перетворювач типу Сафір (24-1); вторинний перетворювач з вмонтованою сигналізацією (24-2); лампу електричну сигнальну червоного кольору HL27.

2.4. Система дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів технологічних процесів виробництва

2.4.1 Постановка задачі до розробки схеми системи дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів технологічного процесу

Коли ми розробляємо схему автоматизації, то в тому числі нам необхідно розробити систему дистанційного керування моторами. На виробництві можуть трапляються як звичайні поломки, так і аварії, тому необхідно, щоб система автоматичного управління електромоторами забезпечувала:

- автоматичне відключення від джерела живлення при певних пошкодженнях чи несправностей;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

- захист електродвигуна при перегріві, плавкий запобіжник.

2.4.2 Опис роботи принципової електричної схеми з дистанційного керування вмиканням та вимиканням живлення при роботі електромоторів та їх технологічному обслугованні

Спочатку розглянемо за яким принципом працює принципова електрична схема дистанційного керування електромоторами. Вона зображена на кресленні *ДПЛА72.18.01.001СхЕ*.

Розглянемо принцип роботи на прикладі мотору №5.

Вмикання живлення електромотора М5 відцентрового насосу виконується кнопкою «ПУСК» (поз. **SB10**). При натисканні даної кнопки, замикається контакт і подається струм на електромагніт магнітного пускача **МП5**. Виникає спрацювання електромагніту з відповідним замиканням контактів пускача. Через ці контакти подається струм трьохфазного живлення на електромотор **М5**. Ще при натисканні кнопки **SB10** і замиканні контактів, вмикається сигнальна лампочка **HL11** зеленого кольору, що вказує нам про подачу живлення до електромотора **М5**.

Вимикається живлення електромотора **М5** за допомогою кнопки «СТОП» (поз. **SB9**), при натисканні на яку контакти кнопки навпаки роз'єднуються і, як наслідок, роз'єднується ланцюг для струму на електромагніт магнітного пускача **МП5**. Відбувається відключається від живлення електромагніту пускача, що створює перемикання контактів. Тобто розмикаються контакти пускача, через які подавалась напруга живлення на електромотор **М5**. Ще при натисканні кнопки **SB9** і замиканні контактів, вмикається сигнальна лампочка **HL10** червоного кольору, що вказує нам про вимикання живлення електромотора **М5**. Аналогічно до управління електромотора **М5** виконується і управління іншими електромоторами.

На контурах для дистанційного керування в нашому випадку електромоторами **М1, М2, М3, М4, М5, М6, М7**, що задані на схемі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

автоматизації використовуються відповідно перемикачі **SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, SA6, SA7**. За допомогою цих перемикачів, можна відключати ланцюги принципової схеми керування моторами від трьохфазної лінії живлення відповідно до магнітних пускачів. Це необхідно, наприклад, для ремонтних робіт з електромотором чи аварійним насосом або, навіть, для виконання запланованих профілактичних робіт з елементами електричної схеми.

Тепер детальніше розглянемо принципову електричну схему **ДПЛА72.18.01.001СхЕ** – дистанційне керування живленням електромоторів. Це креслення для дистанційного керування електромоторами **М4, М5, М6, М7** розроблено з урахуванням таких правил:

1. Дана принципова схема зображується в неробочому стані, що означає відсутність подачі струму на електромагнітні пускачі.

2. Дана принципова схема складається і зображується зі всіма елементами, що забезпечують безпечну експлуатацію схеми. Це наступні елементи: перемикачі **SA** за допомогою, яких можна відключати ланцюги принципової схеми керування від трьохфазної лінії живлення; плавкі запобіжники у ланцюгу розташування кнопок, за допомогою яких забезпечується вмикання і вимикання живлення на електромагнітні пускачі **МП4, МП5, МП6, МП7**; автоматичний вимикач у вигляді теплового реле, що спрацьовує при максимальному значенні струму на вході до обмоток електромоторів; і т.д..

Тепер розглянемо вмикання та вимикання моторів на прикладі наявної принципової електричної схеми. Розглядаємо все той же мотор №5(**М5**).

При натисканні на кнопку «ПУСК» (поз. **SB10**) вмикається живлення електромотора **М5**. При натисканні цієї кнопки йде подача струму на електромагніт магнітного пускача **МП5**, в результаті спрацьовування якого у пускача замикаються контакти **МП5-4, МП5-5, та МП5-6**, через які подається струм трьохфазного живлення на електромотор **М5**.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

В той же час, при натисканні кнопки **SB10** йде замикання контакту **МП5-1**, а контакт **МП5-2** навпаки розмикається, що і спричиняє відключення сигнальної лампочки **HL11**. Також, одночасно за допомогою контакту **МП5-3** відбувається вмикання сигнальної лампочки **HL10** зеленого кольору, що свідчить про подачу живлення до електромотора **М5**. Коли кнопка **SB10** відпускається, то струм до магнітного пускача **МП5** подається через замкнений контакт **МП5-2**, який підключений паралельно з кнопкою **SB10**. У конструкції магнітного пускача **МП5** контакти **МП5-1** та **МП5-2** є нормально розімкнутими контактами, що можна побачити на схемі *ДПЛА72.18.01.001СхЕ*.

Вимикається живлення електромотора **М5** за допомогою кнопки «СТОП» (поз. **SB9**) з нормально замкненим контактом. При натисканні даної кнопки відбувається роз'єднання ланцюгу для струму через контакт **МП5-1** на електромагніт магнітного пускача **МП5**. Це викликає відключення магнітного пускача і одночасно розмикання його контактів **МП5-4**, **МП5-5**, та **МП5-6**, через які передбачена подача трьохфазного живлення до електромотора **М5**. Також відбувається розмикання контакту **МП5-1**, паралельно підключеного з кнопкою **SB10** і розмикання контакту **МП5-3**, результатом чого буде відключення подачі струму на сигнальну лампочку **HL10**. Після натискання і відпускання кнопки **SB9** також буде замикання контакту **МП5-2**, результатом чого буде вмикання сигнальної лампочки **HL11** червоного кольору, що буде свідчити про відключення живлення електромотора **М5**. Кнопки «СТОП» (поз. **SB9**) та «ПУСК» (поз. **SB10**) за допомогою магнітного пускача **МП5** забезпечують відповідно вимикання та вмикання живлення електромотора **М5**.

Аналогічно виконується керування іншими моторами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

2.4.3 Опис роботи системи з аварійного захисту електромоторів у насосів та їх технологічне блокування в аварійних ситуаціях

Роботу аварійного захисту електромоторів, схематично наведено на принциповій електричній схемі *ДПЛА72.18.01.001СхЕ*.

Тепер більш детально розглянемо принцип системи аварійного захисту електромоторів в аварійних ситуаціях.

В промисловому виробництві можуть трапитись непередбачувані аварійні ситуації. Для того, щоб мотор не пошкодився та зберіг робочий стан, при цьому зміг продовжувати свою експлуатацію, має успішно спрацювати система автоматичного аварійного захисту. Реалізовано це за рахунок швидкого вимикання живлення електромотора. Система аварійного захисту електромотора має автоматично визначати, що сталась аварійна зупинка насосу і вимикнути живлення, тобто вона має впливати на ланцюг живлення електромагніту відповідного магнітного пускача електромотору.

Вирішуємо, щоб наша принципова електрична схема системи автоматичного аварійного захисту електромотора спрацювала опираючись на контроль тиску у трубопроводі на виході насосу та за рахунок налаштування блоку сигналізації приладу, який вимірює і показує тиск. Він же буде формувати дискретний сигнал для відключення ланцюга живлення відповідного магнітного пускача електромотора.

Розглянемо принцип роботи системи аварійного захисту на прикладі мотору №5.

Пристрій **РТ**(поз.28-1) призначений для контролю тиску у трубопроводі на виході відцентрового насосу та формуванню вихідного струмового сигналу (4...20 mA), що подається на вхід приладу **PIAS** (поз. 28-2). У якості приладу (28-2) у нас буде розглядатися мікропроцесорний технологічний індикатор **ІТМ11** МІКРОЛ. Він буде показувати значення поточного тиску на виході насосу, а блок сигналізації цього приладу буде сигналізувати у

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

випадку падіння значення тиску. Одночасно буде формуватися дискретний сигнал у 24V постійного струму для електромагнітного реле (**КМ10**). Також через контакт реле **КМ10-1** буде відбуватися подача живлення 220V змінного струму на електромагнітне реле **КМ10** та вмикатися живлення для сигнальної лампочки **НЛ24**, що і буде вказувати про спрацьовування системи аварійного захисту електромотора та виконання функції аварійного захисту, яка умовно позначена **5Аз**. Виконання функції аварійного захисту **5Аз** виконується за допомогою нормально замкненого контакту **КМ10-2**, який послідовно підключений до контакту **МП5-1**. За допомогою розмикання ланцюга живлення, контакт **КМ10-2** буде відключати живлення електромагніту магнітного пускача **МП5**. При відключенні живлення електромагніту магнітного пускача **МП5** контакти магнітного пускача **МП5-4**, **МП5-5** та **МП5-6** відповідно стануть розімкнутими, отже електромотор **М5** зупиниться.

Аналогічно виконується аварійний захист інших моторів.

2.5. Система технологічної сигналізації до параметрів процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів

2.5.1 Постановка задачі до розробки схеми системи з технологічної сигналізації параметрів процесу блока екстракції ароматичних вуглеводнів

Оскільки не завжди є змога регулювати один, чи інший параметр, то нам необхідно встановлювати сигналізацію до параметрів процесу, щоб мати змогу контролювати, якщо не можемо регулювати.

На будь якому виробництві стан технологічного процесу та якість роботи технологічного апарату характеризують:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

- продуктивність технологічного процесу, а саме скільки отримується продукції на виході з апарату та щоб він міг працювати у режимі min робочої продуктивності, та max продуктивності (навантаження);

- набір технологічних параметрів, значення яких у часі відображають стан і хід технологічного процесу у апараті згідно відповідного технологічного регламенту на виробництво.

На технологічний процес апарату, як об'єкту керування постійно діють збурюючі впливи, які умовно розділяються на такі види:

- зовнішні збурення – це, наприклад, зміна у часі параметрів повітря зовнішнього середовища (тиск, вологість, температура) або, навіть, зміна дня і ночі, що впливає на втрату тепла з поверхні корпусу технологічного апарату; зміна параметрів потоку сировини на вході у апарат (концентрація, температура, густина, вологість та інші);

- внутрішні збурення – це, наприклад, старіння каталізатору, зміна у часі активності каталізатору до хімічної реакції, забруднення або виникнення плівки накипу на поверхнях нагрівання і т.д. У наборі технологічних параметрів апарату, як об'єкта керування мають бути один або декілька параметрів, які змінюються відповідно до вимог технологічного регламенту для регулювання технологічного процесу у апараті. Значення цих параметрів регулювання залежать від стану параметрів збурення. Вони мають вплив на тепловий та матеріальний баланс процесу у технологічному апараті.

2.5.2 Принципова електрична схема і опис роботи контурів з технологічної сигналізації параметрів

Принципову електричну схему технологічної сигналізації параметрів *ДПЛА72.18.01.005* було розроблено відповідно до схеми автоматизації (*ДПЛА72.18.01.000СхА*).

Контур заданої технологічної сигналізації працює таким чином:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 34 |

Прилад **РТ(27-1)** передає сигнал на панель керування **PIR(27-2)**, сигнал якого передається на плату **КБЗ-17Р-01**, а також передає цифровий сигнал на ПК. Завдяки блоку живлення **БПС12-24к** відбувається живлення приладу **РТ(27-1)**. Сигнальні лампочки у кількості двох штук підключені до виводів плати **КБЗ-17Р-01**:

1. Зелена(**HL22**) – сигнальна лампочка постійно горить, коли все працює в нормальному режимі.
2. Червона(**HL23**) – сигнальна лампочка, котра спрацьовує при критичному підвищенні тиску.

2.6. Система технологічного блокування сигналів контурів регулювання у схемі автоматизації технологічних процесів

2.6.1 Постановка задачі до розробки системи технологічного блокування вихідних сигналів автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях

Ризик виникнення аварійної ситуації на виробництвах є постійно. Наприклад, при низькому значенні тиску в одному трубопроводі виникає необхідність зменшення, або повного відключення надходження сировини по іншим каналам апарату.

Для запобігання поломок або аварій необхідно розробити схему системи технологічних блокувань автоматичних регуляторів.

Ця система забезпечує у контурах керування такі дії:

1. При аварійній зупинці відцентрового насосу з електромотором **М4** згідно технологічного регламенту на технологічний процес необхідно блокувати клапан (8-6).
2. Спрацювання системи автоматичних технологічних блокувань повинно виконуватись на основі електромагнітних реле. Вони використовуються для аварійного захисту електромотора **М4**.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

3. Відключення у контурах керування обладнання або технічних засобів автоматизації з технологічних причин виконується за допомогою системи автоматичних технологічних блокувань. Вона повинна спрацьовувати одночасно з системою аварійного захисту.

2.6.2 Принципова електрична схема і опис роботи системи технологічного блокування сигналів з регуляторів

Принципову електричну схему *ДПЛА72.18.01.006* системи технологічного блокування сигналів з регуляторів до регулювальних клапанів було розроблено до схеми автоматизації *ДПЛА72.18.01.000СхА*.

По схемі *ДПЛА72.18.01.006* можна помітити, що функції з технологічного блокування **4Т6** реалізуються за допомогою контактів електромагнітного реле **КМ8**. Відбувається переключення вихідних сигналів автоматичних регуляторів після блоків ручного управління на постійні опори у 200 Ом. Таке значення обирається згідно рекомендацій виробника блоків ручного управління БРУ-7 МІКРОЛ. Регулювальний клапан (поз. 8-б) має конструкцію нормально закритого клапану, для того, щоб повністю закривати технологічний трубопровід при переключенні вихідного сигналу автоматичного регулятора на постійний опір у 200 Ом.

2.7. Схеми монтажних комутаційних з'єднань до принципів електричних схем систем керування, аварійного захисту та технологічного блокування

2.7.1 Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи дистанційного керування та аварійного захисту електромоторів

Відповідно до принципової електричної схеми дистанційного керування та аварійного захисту електромотора (*ДПЛА72.18.01.001СхЕ*) розробляється

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Взн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

монтажно-комутаційна схема з'єднань системи дистанційного керування та аварійного захисту електромотором *ДПЛА72.18.01.002*.

Монтажно-комутаційна схема розробляється по принциповій електричній схемі для виконання монтажних робіт для технічних засобів автоматизації. Вона показує, яким чином за допомогою провідників наприклад, відповідно до принципової схеми електромотора М4 підключаються між собою наступні елементи схеми:

- контакти магнітного пускача **МП4-4, МП4-5 та МП4-6;**
- автоматичні вимикачі струму **FP7, FP8;**
- перемикач **SA4** з підключення ланцюга живлення до магнітного пускача **МП4** та інших елементів схеми;
- кнопки «СТОП» **SB7;**
- кнопки «ПУСК» **SB8;**
- плавкий запобіжник **FU4;**
- нормально-замкнений контакт **МП4-2** і червона сигнальна лампочки **HL22;**
- нормально-замкнений контакт **KM8-2**, що реалізує функцію **4Aз** у системі аварійного захисту електромотора **М4** при аварійній ситуації;
- електромагніт та магнітний пускач **МП4;**
- нормально-розімкнутий контакт **МП4-1;**
- нормально-замкнений контакт **KM4-4**, що реалізує функцію **4Т6** у системі технологічних блокувань електромотора **М4** при аварійній ситуації;
- нормально-розімкнутий контакт **МП4-3** та зелена сигнальна лампочка **HL23;**
- ланцюг підключення червоної сигнальної лампочки **HL22** про аварійну ситуацію;
- нормально-розімкнутий контакт **KM8-1** та електромагнітне реле **KM8** з системи аварійного захисту;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

- контакт **КМ7-1** та червона сигнальна лампочки **HL22** про спрацьовування системи аварійного захисту;
- блок живлення двоканалний **БПС24-2К**;
- електромагнітне реле **КМ7**;
- діод **VD4**, який є шунтом до електромагніту реле **КМ7**;
- клеми плати **КБЗ-17К-01** до блока живлення **БПС24-2К**;
- ланцюг заземлення блока живлення **БПС24-2К**;
- технічний засіб з контролю тиску **РТ** до клем плати **КБЗ-17К-01**.

Перечисленні елементи підключаються до клемних колодок для з'єднання ланцюгів відповідно до *ДПЛА72.18.01.002*. Такі монтажно-комутаційні схеми розробляються відповідно до наступних правил про зображення монтажно-комутаційних підключень елементів з принципової схеми:

- 1) Креслення монтажно-комутаційної схеми виконується у неробочому стані;
- 2) До кожної клеми на клемній колодці показується підключення тільки двох приєднувальних провідників між відповідними елементами схеми (при закріпленні провідників гвинтами та пружинними кріпленнями);
- 3) Для монтажно-комутаційної схеми потрібно використовувати необхідну кількість відповідних клемних колодок.

2.7.2 Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи технологічного блокування вихідних сигналів автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях

Монтажно-комутаційна схема з'єднань системи технологічного блокування вихідних сигналів з автоматичних регуляторів у аварійних ситуаціях *ДПЛА72.18.01.003* була розроблена до відповідної їй принципової електричної схеми *ДПЛА72.18.01.006*.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Імн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

По схемі *ДПЛА72.18.01.006* видно, що функції з технологічного блокування 4Тб реалізовані за допомогою контактів електромагнітних реле КМ8. Вихідні сигнали автоматичних регуляторів після блоків ручного управління переключаються на постійні опори у 200 Ом, згідно рекомендацій виробника блоків ручного управління БРУ-7 МІКРОЛ. Регулювальний клапан (поз. 8-6) має конструкцію нормально закритого клапану для повністю закривання технологічного трубопроводу при переключенні вихідного сигналу автоматичного регулятора на постійний опір у 200 Ом. Принципова електрична схема з технологічного блокування функціями 4Тб для вхідного струмового сигналу до регулювального клапану (поз. 8-6) може мати вигляд, як показано на схемі *ДПЛА72.18.01.003*.

Такі монтажно-комутаційні схеми розробляються на основі використання клемних колодок та наступних правил до зображення монтажно-комутаційних підключень елементів з принципової схеми:

- 1) Креслення монтажно-комутаційної схеми рисується у не робочому стані;
- 2) До кожної клеми на клемній колодці необхідно показувати підключення тільки двох приєднувальних провідників між відповідними елементами схеми (при закріпленні провідників винтами та пружинними кріпленнями);
- 3) Для монтажно-комутаційної схеми потрібно використовувати необхідну кількість відповідних клемних колодок.

2.7.3 Монтажна комутаційна схема з'єднань і опис системи технологічної сигналізації параметрів

Монтажно-комутаційну схему з'єднань системи технологічної сигналізації параметрів процесу *ДПЛА72.18.01.004* було розроблено до відповідної її принципової електричної схеми.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Імн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

По схемі *ДПЛА72.18.01.004* видно, що функції з технологічної сигналізації реалізуються за допомогою плати **КБЗ-17К-01**, вихідні сигнали з якої направляються на мікропроцесорний технологічний індикатор **ІТМ11** МІКРОЛ. Прилад **РТ(32-1)** передає сигнал на панель керування **PIR(32-2)**, сигнал якого передається на плату **КБЗ-17К-01**, а також передає цифровий сигнал на ПК. Завдяки блоку живлення **БПС12-24к** відбувається живлення приладу **РТ(32-1)**. Сигнальні лампочки у кількості трьох штук підключені до клемних колодок, до яких у свою чергу подаються вихідні сигнали з плати **КБЗ-17Р-01**:

3. Червона (**HL30**) – сигнальна лампочка, котра спрацьовує при критичному пониженні тиску;
4. Зелена (**HL31**) – сигнальна лампочка постійно горить, коли все працює в нормальному режимі;
5. Червона(**HL32**) – сигнальна лампочка, котра спрацьовує при критичному підвищенні тиску.

Всі ці елементи підключаються до клемних колодок для з'єднання ланцюгів відповідно до *ДПЛА72.18.01.004*. Такі монтажно-комутаційні схеми розробляється на основі використання клемних колодок та правил до зображення монтажно-комутаційних підключень елементів з принципової схеми, які були зазначені у попередніх пунктах.

2.8 Висновки до розділу

В ході дослідження процесу було розроблено схему автоматизації блоку екстракції ароматичного вуглеводню, спроектовано принципово електричну схему системи дистанційного керування моторами з аварійним захистом, була розроблена монтажно-комутаційна схема з'єднань системи дистанційного керування та аварійного захисту електромоторів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Також було досліджено параметри контролю блоку екстракції, та встановлений технологічний контроль контактного апарату.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Дослідження структурно-параметричної схеми

В процесі екстракції ароматичних вуглеводнів одним з основних апаратів є теплообмінник – підігрівач, структурно-параметричну схему якого наведено на рисунку 3.1.

Вхідні параметри до підігрівача:

- витрата каталізатору, кг/с;
- температура каталізатору, К;
- питома теплоємність каталізатору, Дж/(кг·К);
- витрата пари, кг/с;
- температура пари, К;
- питома теплоємність пароутворення, Дж/кг;

Вихідними параметрами є:

- витрата підігрітого каталізатору, кг/с;
- температура підігрітого каталізатору, К;
- витрата конденсату, кг/с;
- температура конденсату, К;
- питома теплоємність води, Дж/(кг·К).

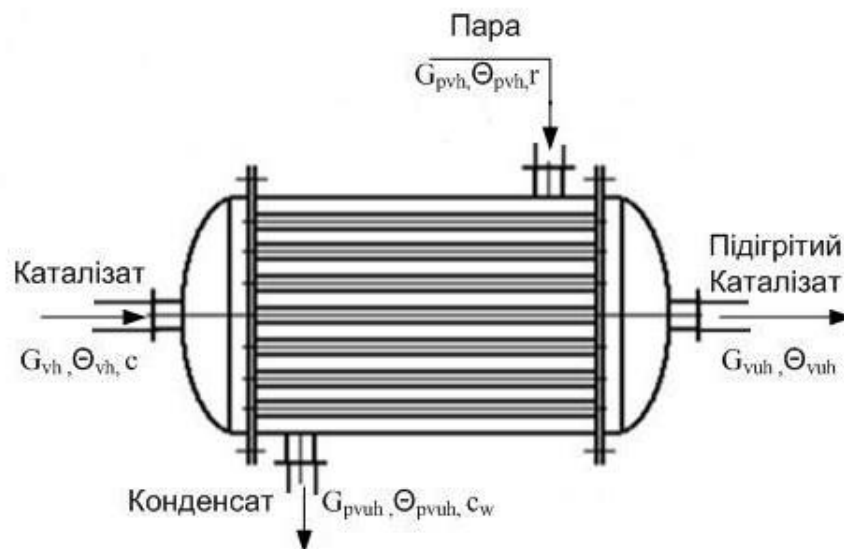


Рис. 3.1. Структурно-параметрична схема підігрівача

На рис. 3.1 позначено:

G_{vh} – витрата каталізатору;

Θ_{vh} – температура каталізатору;

c – питома теплоємність каталізатору;

G_{pvh} – витрата пари;

Θ_{pvh} – температура пари;

r – питома теплоємність пароутворення;

G_{pvuh} – витрата конденсату;

Θ_{pvuh} – температура конденсату;

c_w – питома теплоємність води;

G_{vuh} – витрата каталізатору на виході;

Θ_{vuh} – температура каталізатору на виході.

Стабільний каталізатор, температура якого 80 °С - подається з блоку риформінгу в екстракційну колону, де в подальшому і відбувається екстракція. Каталізатор риформінгу повинен мати температуру в 150°С. Для цього, його нагрівають в паровому підігрівачі[2].

Згідно з описом процесу приймаємо рішення :

- Величина що підлягає регулюванню – вихідна температура каталізатору;
- Керуючий вплив – витрата пару.

3.2 Моделювання статичного режиму

Статичний режим – режим, у якому керована величина та інші величини не змінні у часі. Тобто вони не змінюються із плином часу. Статичний режим представляє роботу системи автоматичного керування. Цей режим зображений графічно у вигляді статичної характеристики[14].

Для створення математичної моделі ОК (об'єкта керування) необхідно виділити основні акумулюючі ємності. Ми маємо одну акумулюючу ємність. Так як відбувається процес нагрівання, то необхідно скласти тепловий баланс

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | ДПЛА72.18.00.000ПЗ | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

для акумулюючої ємності. Тому для створення математичної моделі робимо такі припущення[15] :

- нехтуємо втратами тепла в навколишнє середовище;
- нехтуємо акумуляцією тепла в стінках апарату через їх невелику товщину;
- об'єкт із зосередженими параметрами.

Враховуючи наведені вище припущення складемо рівняння складемо рівняння динаміки для процесу нагрівання каталізатора риформінгу:

Опис використаних позначень та їх значення в основному статичному режимі наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Основний статичний режим роботи

| Параметр | Позначення | Одиниці виміру | Числове значення |
|----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------|
| Витрата каталізатора | G_{vh} | кг/с | 3,959 |
| Витрата пару | G_{pvh} | кг/с | 0,338 |
| Витрата конденсату | G_{pvuh} | кг/с | 0,3 |
| Температура каталізатора на вході | Θ_{vh} | К | 343 |
| Температура пару | Θ_{pvh} | К | 433 |
| Температура конденсату на виході | Θ_{pvuh} | К | 323 |
| Питома теплоємність каталізатора | c | $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ | 1130 |
| Питома теплоємність води | c_w | $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ | 4187 |
| Питома теплоємність пароутворення | r | $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ | $2,089 \cdot 10^6$ |
| Об'єм каталізатора, що проходить через | V | м^3 | 0,47 |

| | | | |
|----------------------------------------------|--|--|--|
| підігрівач за визначений проміжок часу | | | |
|----------------------------------------------|--|--|--|

Складаємо тепловий баланс для підігрівача, виходячи із структурно-параметричної схеми об'єкта:

$$G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + G_{pvh} \cdot r = G_{pvh} \cdot c_w \cdot \theta_{vuh} + G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vuh}$$

Тепер виведемо рівняння статики для каналу «витрата пари – вихідна температура каталізатору»:

$$\theta_{vuh} = \frac{G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + G_{pvh} \cdot r}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c}$$

Згідно з даних виробництва:

$G_{vh} = 3.959$ кг/с, $\theta_{vh} = 343$ К, $\theta_{pvh} = 323$ К, $c = 1130$ Дж/(кг·К), $\theta_p = 433$ К, $c_w = 4187$ Дж/(кг·К), $r = 2.089 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Задані значення підставляються в рівняння статики та будується відповідна статична характеристика: $\theta_{vuh} = f(G_{pvh})$;

$$\theta_{vuh} = \frac{G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + G_{pvh} \cdot r}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c} = \frac{615.8 G_{pvh} + 366.5}{G_{pvh} + 1.1}$$

Рівняння статики зображено на рисунку 3.2.

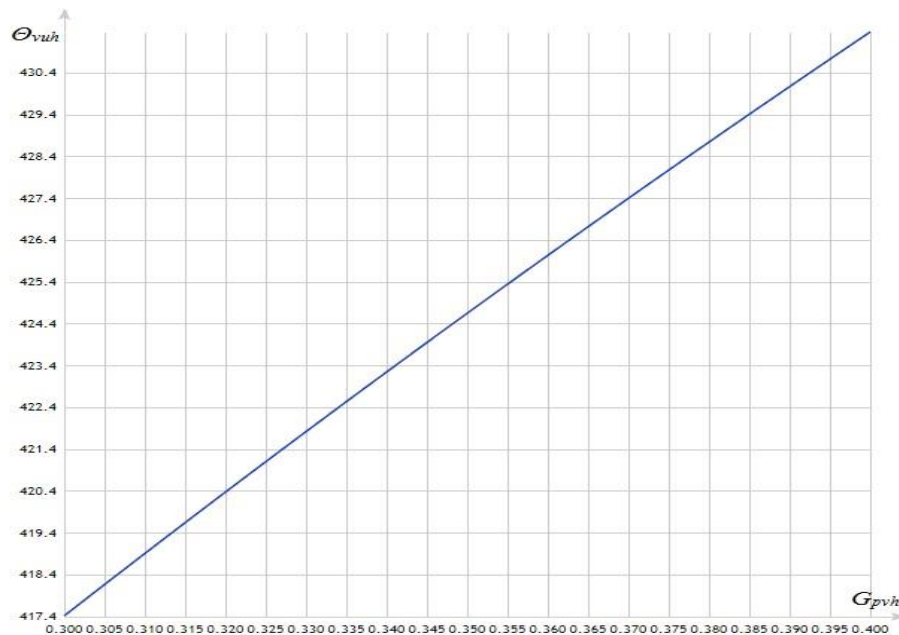


Рис. 3.2. Статична характеристика підігрівача за каналом «витрата пари – вихідна температура каталізатору»

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | ДПЛА72.18.00.000ПЗ | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

3.3 Моделювання динамічного режиму

Режим у якому змінюється з часом хоча б один з параметрів процесу називається динамічним режимом.

Рівняння динаміки для заданого підігрівача має вигляд:

$$G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + G_{pvh} \cdot r - G_{pvh1} \cdot c_w \cdot \theta_{vuh} - G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vuh} = c \cdot V \cdot \rho \frac{d\theta_{vuh}}{dt},$$

де V – об'єм каталізатору, що проходить через підігрівач за визначений проміжок часу, ρ – густина каталізатору.

Задаємося значеннями: $V = 0.47 \text{ м}^3$, $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$.

Вхід – G_{pvh} .

Вихід – θ_{vuh} .

Величина, яка підлягає регулюванню – температура каталізатору на виході з підігрівача. Для забезпечення постійної продуктивності керуючим впливом приймаємо витрату пару. Збурюючими впливами можуть бути вхідна витрата каталізатору.

Для отримання передатних функцій виконаємо лінеаризацію рівнянь. Змінні, що підлягають лінеаризації це змінні, що змінюються в ході процесу, тобто θ_{vh} , θ_p та власне змінна керування G_{pvh} та змінна збурення G_{vh} .

Запишемо рівняння динаміки в приростах:

$$G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + \Delta G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + \Delta G_{pvh} \cdot r - G_{pvh} \cdot c_w \cdot \Delta \theta_{vuh} - G_{vh} \cdot c \cdot \Delta \theta_{vuh} = c \cdot V \cdot \rho \frac{d\Delta \theta_{vuh}}{dt}.$$

Запишемо вихідні параметри зліва, а вхідні справа:

$$c \cdot V \cdot \rho \frac{d\Delta \theta_{vuh}}{dt} + G_{pvh} \cdot c_w \cdot \Delta \theta_{vuh} + G_{vh} \cdot c \cdot \Delta \theta_{vuh} = G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + \Delta G_{pvh} \cdot c \cdot \theta_p + \Delta G_{pvh} \cdot r.$$

Перетворимо за Лапласом лінеаризоване рівняння:

$$V \cdot \rho \cdot p \cdot c \cdot \theta_{vuh}(p) + G_{pvh} \cdot c_w \cdot \theta_{vuh}(p) + G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vuh}(p) = G_{vh} \cdot c \cdot \theta_{vh} + G_{pvh}(p) \cdot c \cdot \theta_p + G_{pvh}(p) \cdot r;$$

$$\theta_{vuh}(p)(T \cdot p + 1) = G_{pvh}(p) \cdot k + \frac{a}{p};$$

$$T_k = \frac{V \cdot \rho \cdot c}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c} = 7.403;$$

$$K_k = \frac{c \cdot \theta_p + r}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c} = 422.7.$$

Передатна функція за каналом «завдання-вихід» (витрата пари – вихідна температура каталізатору) має вигляд:

$$W_{кер} = \frac{K_k}{T_k p + 1} = \frac{422.7}{7.403 p + 1};$$

$$T_{zb} = \frac{V \cdot \rho \cdot c}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c} = 7.403;$$

$$K_{zb} = \frac{c \cdot \theta_{vh}}{G_{pvh} \cdot c_w + G_{vh} \cdot c} = 65.41;$$

$$W_{zb} = \frac{K_{zb}}{T_{zb} p + 1} = \frac{65.41}{7.403 p + 1}.$$

Отримані передатні функції можна використовувати для подальшого синтезу систем керування, налаштування регуляторів та дослідження властивостей ОК (об'єкту керування).

Перехідна характеристика керування ОК зображена на рисунку 3.3.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

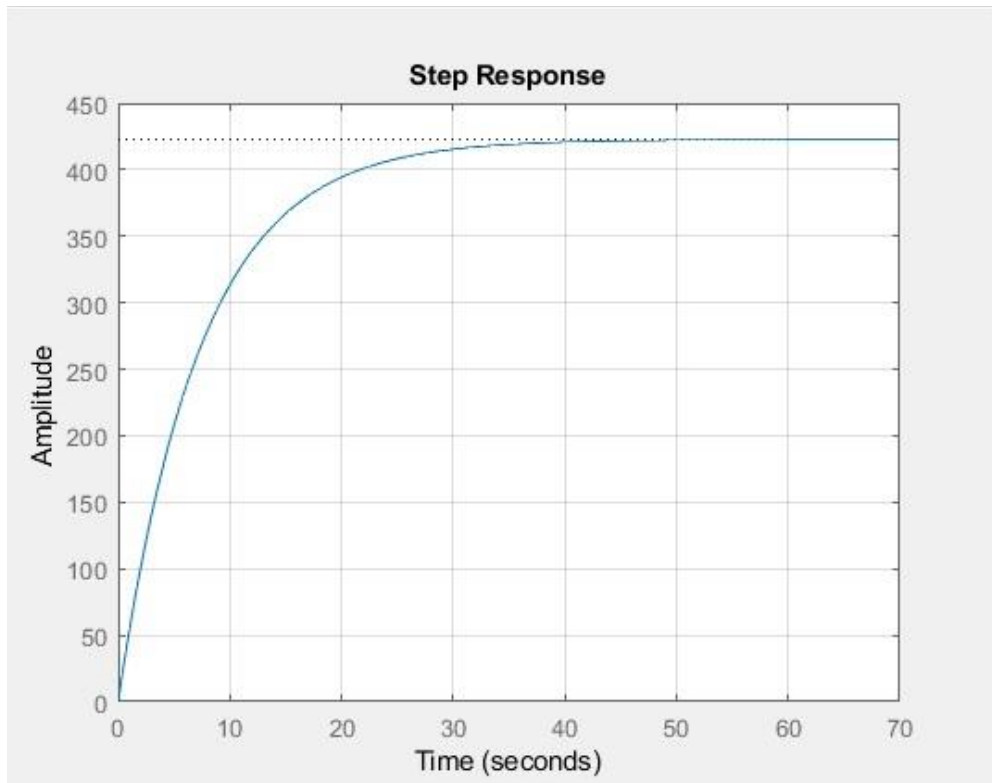


Рисунок 3.3. Перехідна характеристика керування ОК

Перехідна характеристика збурення ОК зображена на рисунку 3.4.

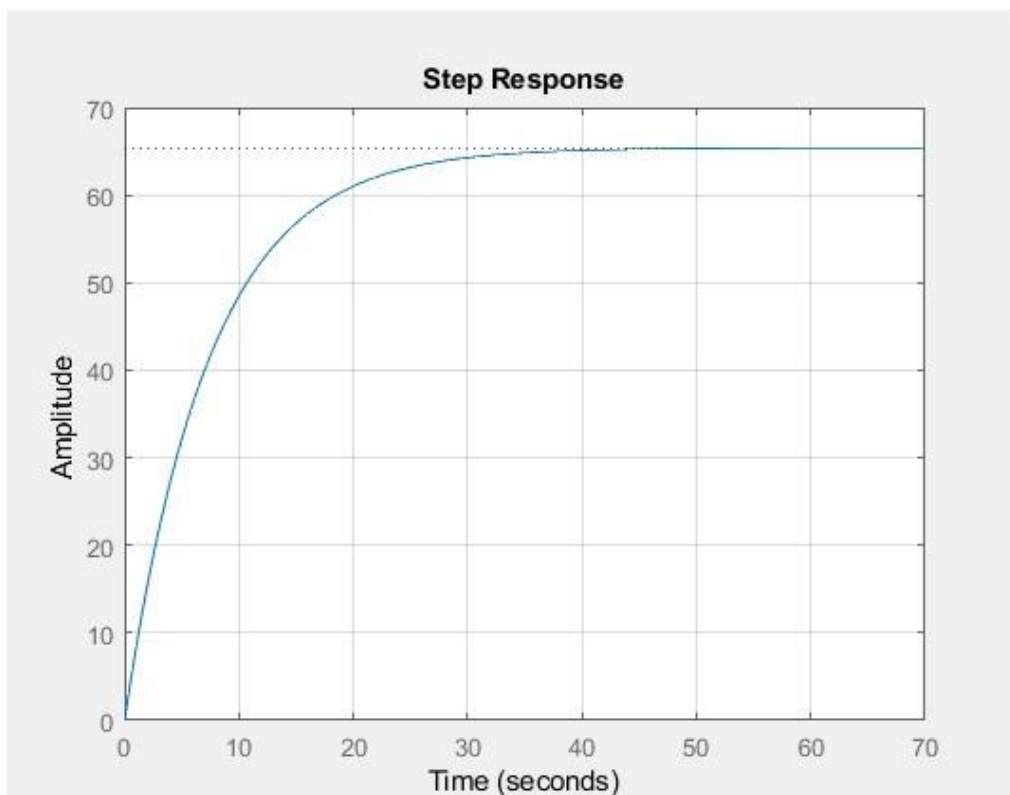


Рисунок 3.4. Перехідна характеристика збурення ОК

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |

ДПЛА72.18.00.000ПЗ

3.4 Висновки до розділу

В даному розділі було досліджено структурно-параметричну схему вибраного об'єкта. В нашому випадку це паровий підігрівач. Визначено вхідні та вихідні параметрами підігрівача. Розроблено рівняння статичної та динамічної характеристики для підігрівача, отримані передавальні функції за каналами керування та збурення та складено статичну та динамічну характеристики.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

4. НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА

4.1. Налаштування ПІ-регулятора для заданої системи

Передатна функція ПІ(пропорційно-інтегрального) – регулятора має вигляд:

$$W_{\text{рег}} = K_p + \frac{1}{T_{ip}}.$$

Передатна функція замкненої системи:

$$W_{\text{зам}} = \frac{W_{\text{OK}}W_{\text{рег}}}{1 + W_{\text{OK}}W_{\text{рег}}},$$

де W_{OK} – передатна функція об'єкту керування, $W_{\text{рег}}$ – передатна функція регулятора.

Розраховувати параметри регулятора ми будемо трьома способами: методом Ціглера-Нікольса, методом M -кола на заданий показник коливності $M=1.5$, та з використанням програмного забезпечення Matlab Control System Toolbox.

4.1.1 Розрахунок параметрів регулятора методом Ціглера-Нікольса

Для налаштування регулятора методом Ціглера-Нікольса система переводиться в режим роботи з ПІ-регулятором. Після цього, змінюючи коефіцієнт підсилення K_p виводимо систему на межу стійкості. На перехідній характеристиці підтвердженням цьому будуть коливання з постійною амплітудою та періодом. Далі потрібно розраховуємо оптимальні параметри налаштування регуляторів за такими формулами[13] :

$$K_{\text{опт}} = 0,45K_{\text{кр}};$$

$$T_{i\text{опт}} = T_{\text{кр}}/1.2.$$

При налаштуваннях $K_{\text{кр}} = 0.0054211086$ система вийшла на межу стійкості. Результат на рисунку 4.1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------|-----|
| | | | | | ДПЛА72.18.00.000ПЗ | рк. |
| Взн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

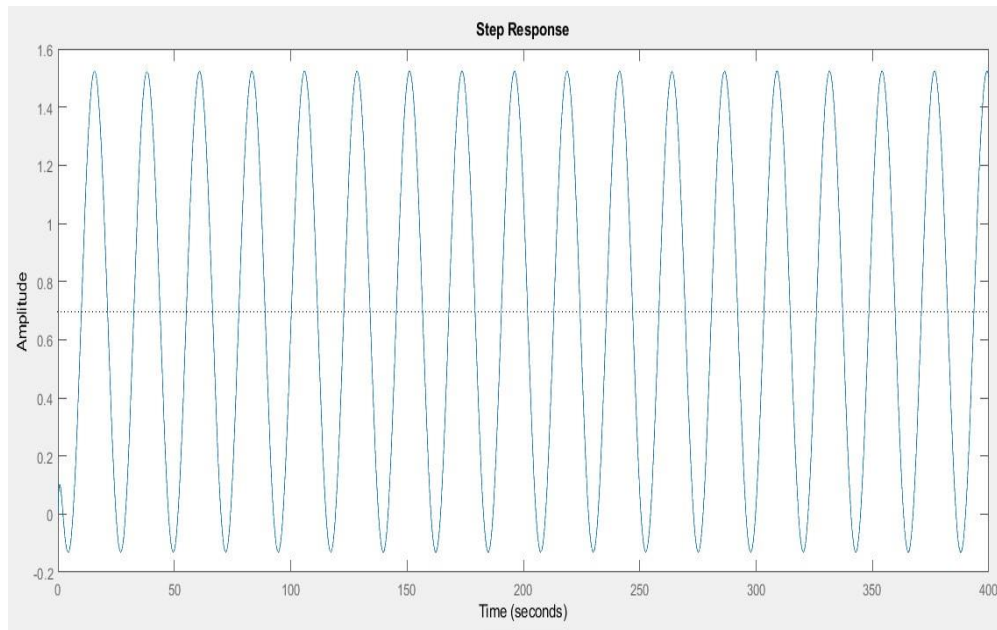


Рисунок 4.1. Система на межі стійкості

Згідно з рисунком $T_{кр} = 30$. Отже, оптимальні налаштування регулятора :

$$K_{opt} = 0.00244;$$

$$T_{iopt} = 25.$$

Реакцію замкненої системи на одиничний ступінчатий сигнал зображено на рисунку 4.2.

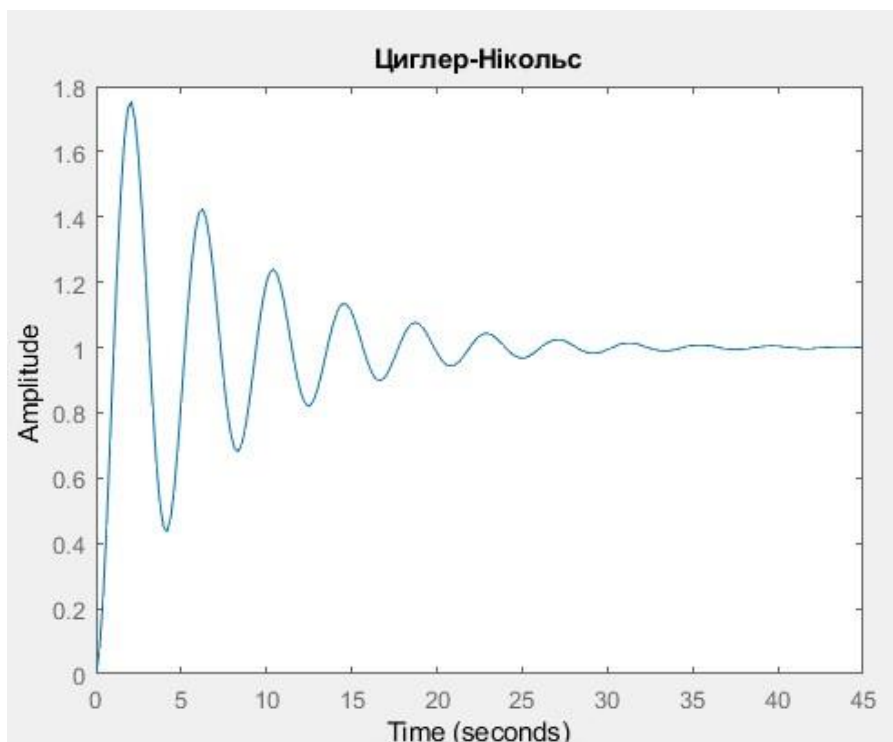


Рисунок 4.2. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу керування

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДПЛА72.18.00.000ПЗ

рк.

51

Реакцію системи на збурення наведено на рисунку 4.3.

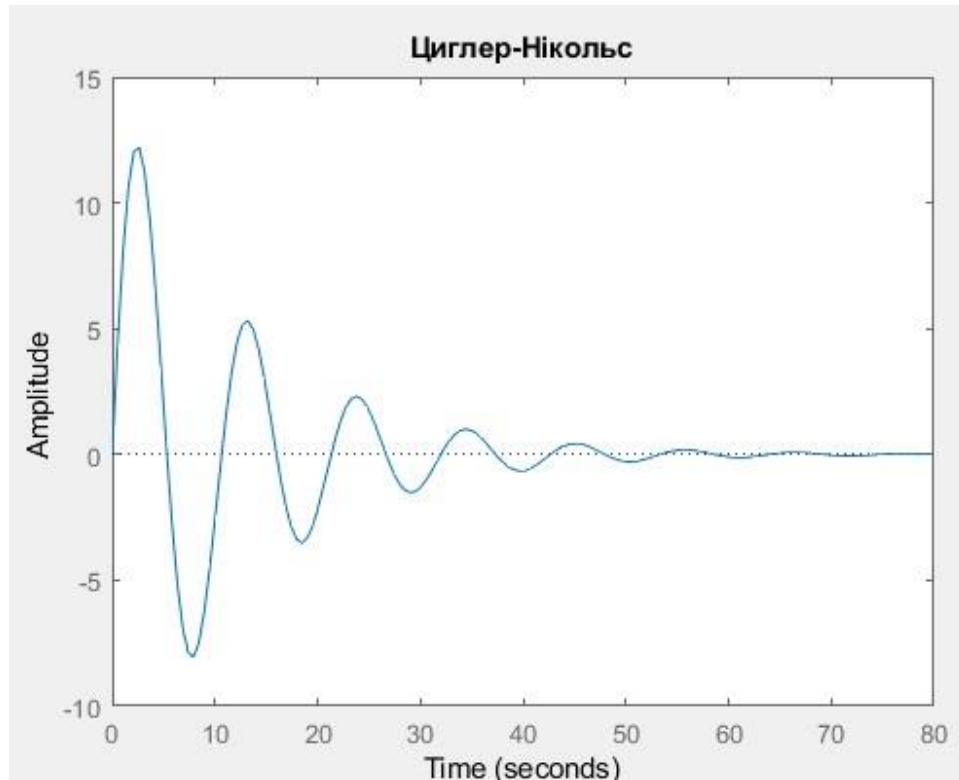


Рисунок 4.3. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу збурення

4.1.2 Розрахунок параметрів регулятора на заданий показник коливності

Для налаштування системи на заданий показник коливності M необхідно, щоб АФХ розімкненої системи була дотичною до M -кола. Параметри M -кола, а саме центр та радіус розраховуються за формулами[13]:

$$x = \frac{M^2}{M^2 - 1};$$

$$r = \frac{M}{M^2 - 1},$$

де x – координата по дійсній осі (береться з мінусом). По уявній осі завжди нуль, r – радіус кола.

Розраховуємо параметри регулятора на показник коливності $M = 1,5$. Тоді координати центра та радіус дорівнюють :

$$r = 1,2;$$

$$x = [-1,8; 0].$$

M -коло разом з АФХ розімкненої системи наведено на рисунку 4.4.

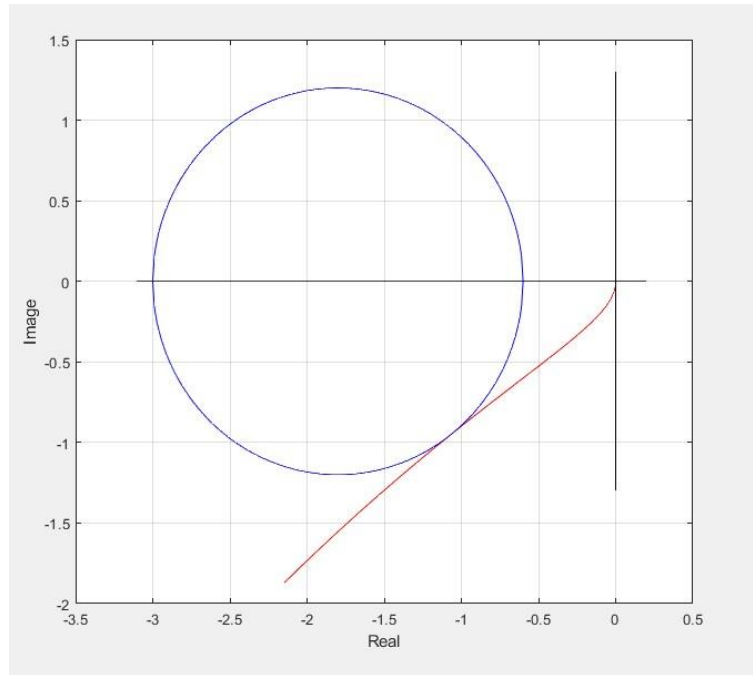


Рисунок 4.4. Налаштування на показник коливності $M = 1,5$

Серед знайдених підходящих пар параметрів K_p і T_i було знайдено ту, при якій відношення K_p / T_i буде максимальним:

$$K_p = 0,005271;$$

$$T_i = 194.$$

Реакцію замкненої системи на одиничний ступінчатий сигнал зображено на рисунку 4.5.

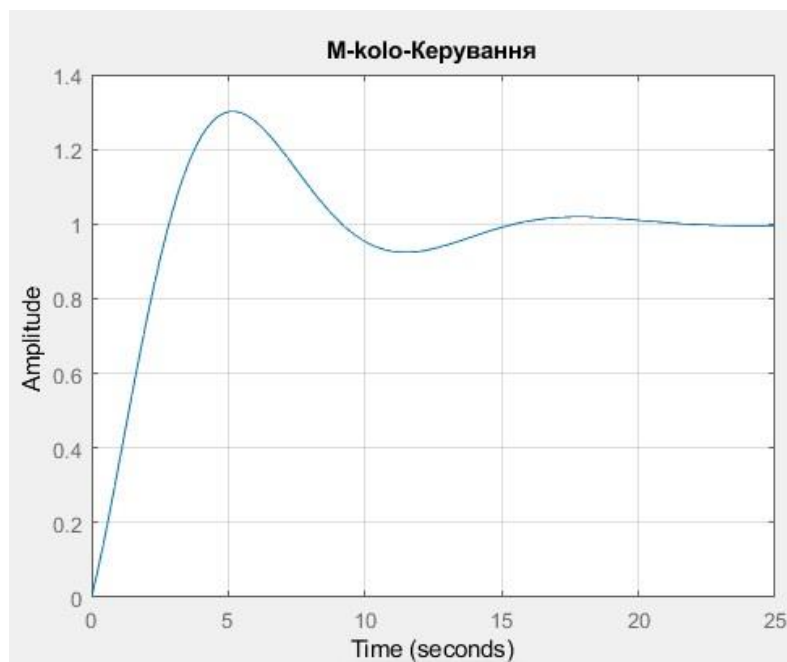


Рисунок 4.5. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу керування

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДПЛА72.18.00.000ПЗ

рк.

53

Реакцію системи на збурення наведено на рисунку 4.6.

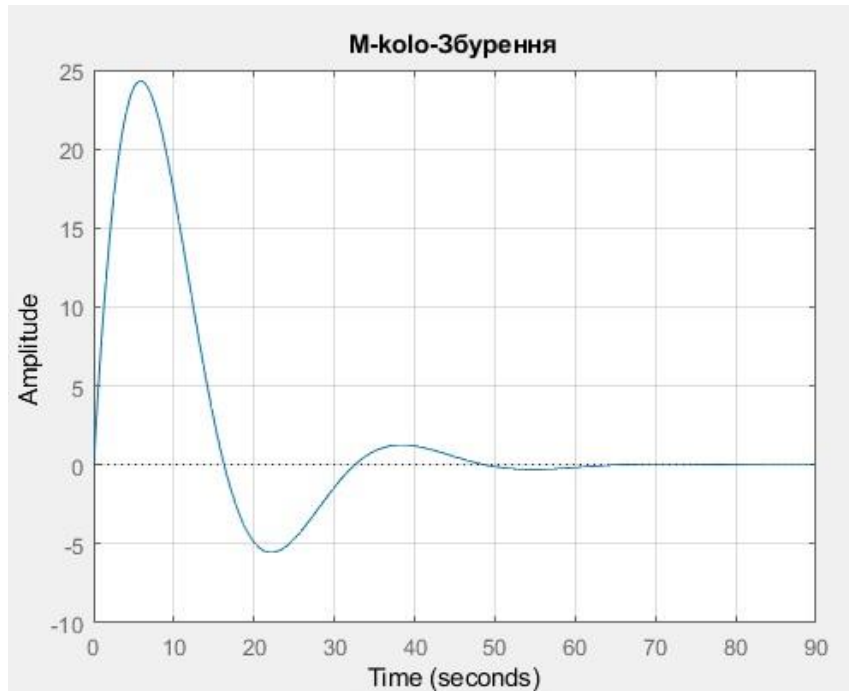


Рисунок 4.6. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу збурення

4.1.3 Розрахунок систем керування в Matlab Control System Toolbox

MatLab має власні інструменти для налаштування систем керування. Найбільш зручний – SISOTool. Для налаштування системи передатну ланку вимірювача лишаємо рівною одиниці. Як метод налаштування обираємо один з класичних методів, наприклад метод Ціглера-Нікольса, який ми досліджували раніше. Обираємо його для того для порівняння регулятора налаштований в ручному режимі, та автоматизовано за допомогою SISOTool[13].

В результаті налаштувань отримали таку передатну функцію регулятора :

$$W_{\text{рег}} = \frac{0,002499325s + 0,00099973}{s}$$

Реакцію замкненої системи на одиничний ступінчатий сигнал зображено на рисунку 4.7.

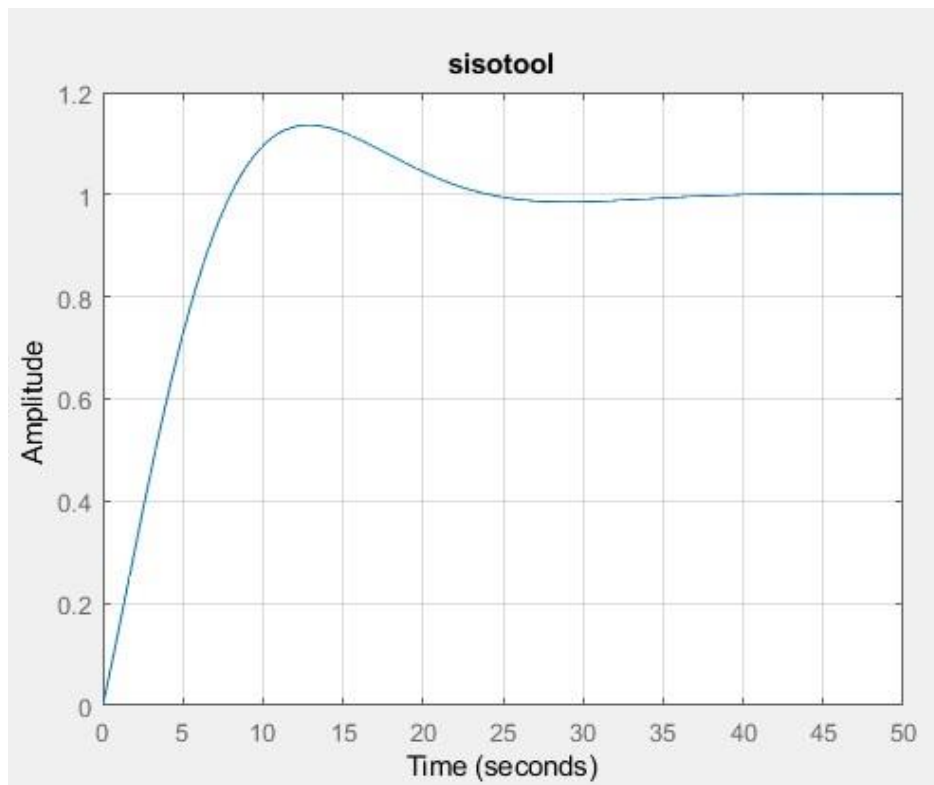


Рисунок 4.7. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу керування
 Реакцію системи на збурення наведено на рисунку 4.8.

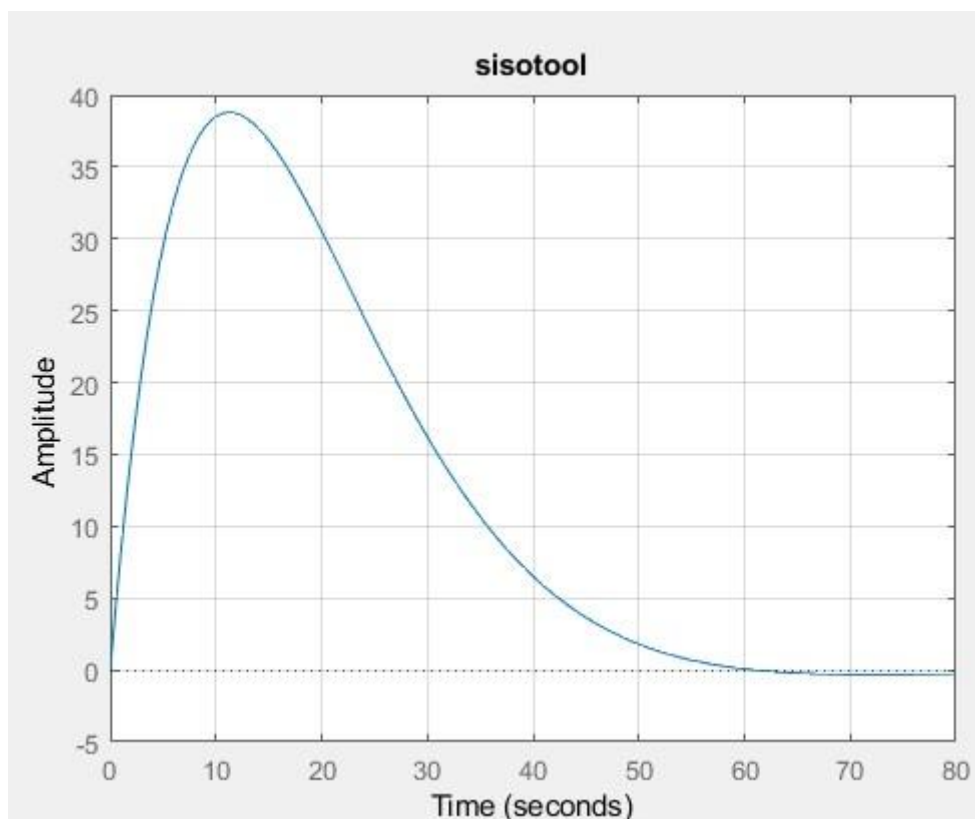


Рисунок 4.8. Перехідна характеристика замкненої системи по каналу збурення

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

4.2 Порівняння систем керування з регуляторами, налаштованими різними методами

Для порівняння систем керування з різними налаштування регуляторів побудуємо в одній координатній площині перехідну характеристику за каналом керування та збурення для систем із різними коефіцієнтами регулятора. Перехідні характеристики за каналом керування наведено на рисунку 4.9.

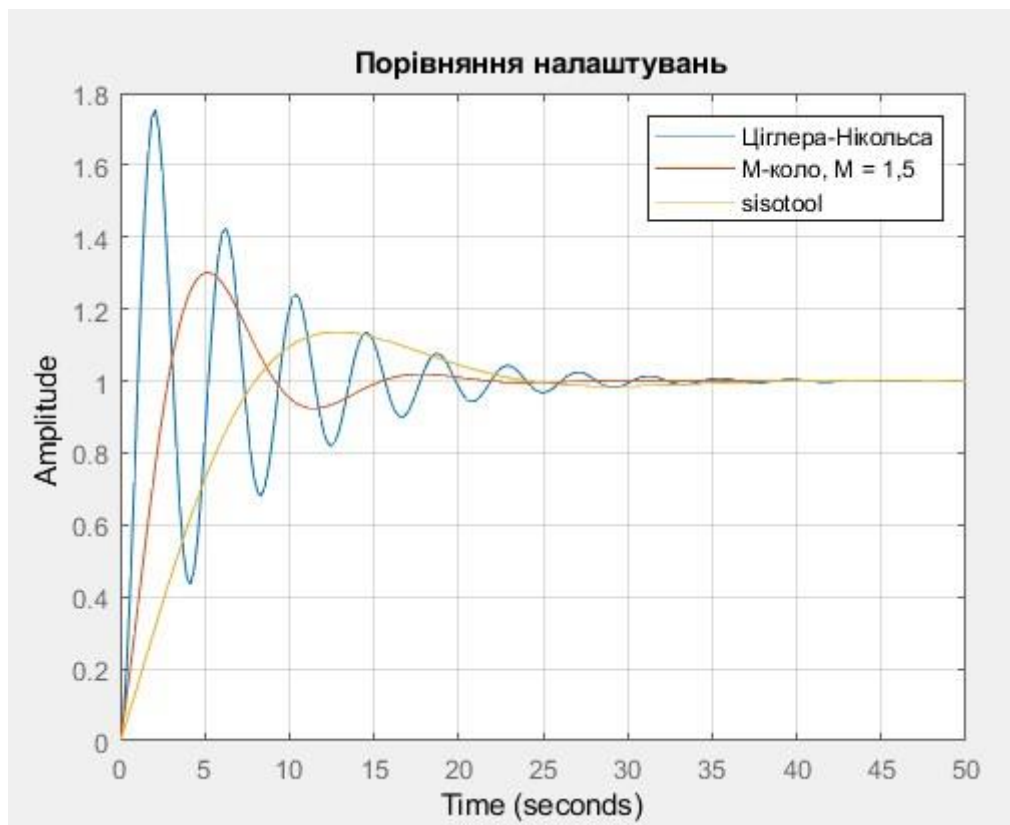


Рисунок 4.9. Перехідні характеристики замкненої системи по каналу керування

Аналізуючи рисунок 4.9, можемо зробити такі висновки щодо якості регулювання по каналу керування. Найбільша амплітуда коливань була досягнута при налаштуванні методом Ціглера-Нікольса. Найшвидший час встановлення усталеного режиму важко визначити, фактично всі регулятори показали однаковий результат. Краще всього показали себе регулятори, налаштований на показник коливності $M = 1,5$, та налаштування за допомогою SISOTool. Вони однаково швидко вийшли на усталений режим, але не мали таких коливань як методом Ціглера-Нікольса.

Перехідні характеристики за каналом збурення наведено на рисунку 4.10.

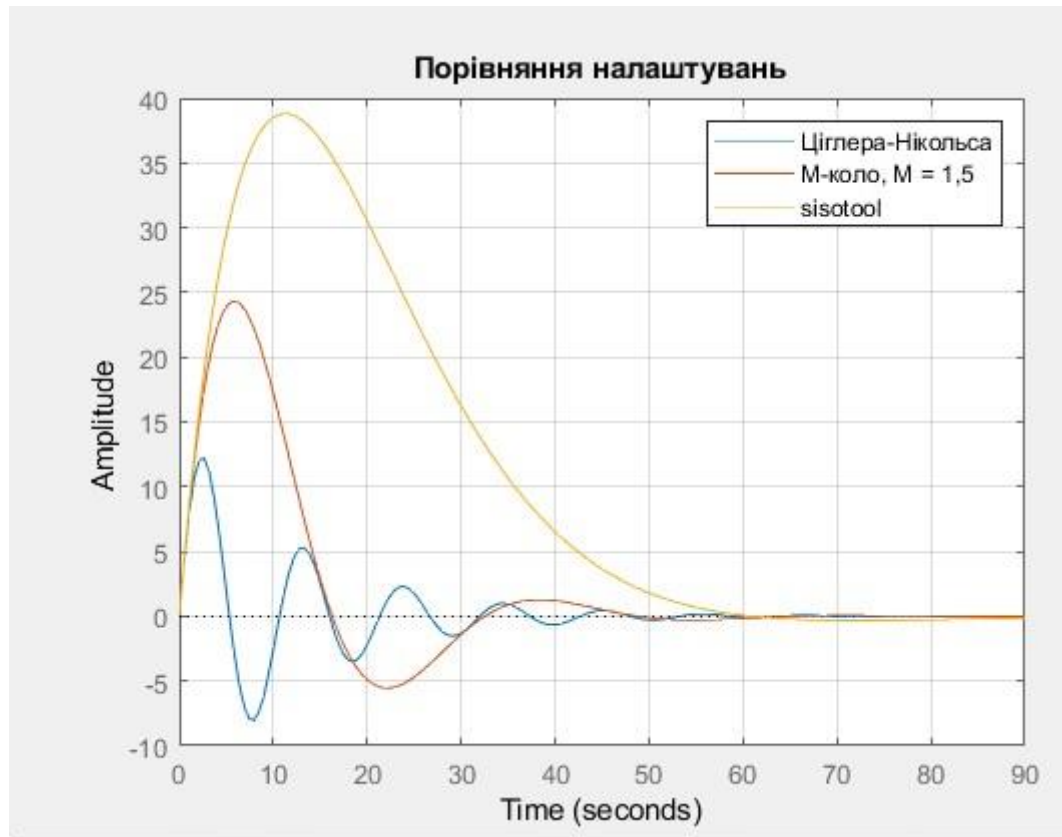


Рисунок 4.10. Перехідні характеристики замкненої системи по каналу збурення

Аналізуючи рисунок 4.10 можна зробити такі висновки. Системи з різними методами налаштування знову майже одночасно виходять на усталене значення. Найбільшу амплітуду має регулятор налаштований в SISOTool. А система із регуляторами налаштованими на коефіцієнт коливності $M = 1,5$ та за допомогою Ціглера-Нікольса мають меншу амплітуду і коливний ефект.

4.3 Висновок до розділу

Підводячи підсумки можна сказати, що для даної системи керування можемо рекомендувати регулятор налаштований в SISOTool, оскільки перехідний процес з цим налаштуванням відповідає завданню на проектування, а саме забезпечити пере регулювання не більше 20%.

5. Охорона праці

1) Відповідно до закону України «Про охорону праці», підприємство зобов'язане забезпечити всім працівникам на ньому безпечні та нешкідливі умови праці і несе відповідальність за шкоду, заподіяну їх здоров'ю та працездатності. Забезпечення безпеки праці реалізується як при проектуванні технологічних процесів, так і при їх впровадженні.

Вірно виконані заходи з охорони праці при незначних додаткових затратах на них, в порівнянні з витратами на будівництво всього об'єкту, надійно захищають його та людей, котрі на ньому працюють.

Для подальшого вдосконалення умов праці необхідно покращити якість контролю виконанням вимог діючих норм стандартів, правил, інструкцій та інших документів з техніки безпеки, що підлягають виконанню в процесі проектування.

2) Відповідно до теми дипломного проекту «**Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів за допомогою розчинів діетиленгліколю та триетиленгліколю**» розглядається процес екстракції ароматичних вуглеводнів. Він є максимально автоматизованим. Це дозволяє знизити кількість працюючих робітників безпосередньо в цеху ($S = 5000 \text{ м}^2$, $V = 75000 \text{ м}^3$) що, в свою чергу, знижує робочий травматизм.

Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор, пульт якого знаходиться у виробничому приміщенні площею $S = 56 \text{ м}^2$ та об'ємом $V = 168 \text{ м}^3$.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні обладнання являються:

- ураження електричним струмом;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум і вібрації;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

- повітря робочої зони.

Перед початком роботи необхідно перевірити:

- робоче місце, яке утримується в чистоті та порядку;
- справність обладнання та його механізмів;
- наявність та справність огорожень;
- справність електрообладнання, відсутність пошкоджених зовнішніх проводів;
- наявність та справність заземлення обладнання;
- справність витяжної вентиляції, підключеної до установки;
- справну роботу аварійної кнопки, “СТОП” та блокувальних

пристроїв.

5.1 Електробезпека

Устаткування лінії, що розробляється в проєкті буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення керамічний кафель. Згідно ПУЕ-2017 воно відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. На контролері та електроустаткуванні напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі - із глухо заземленою нейтралю.

Для забезпечення електробезпечності передбачені організаційні і технічні заходи:

- інструктаж з техніки безпеки;
- встановлення блокувань та пластикового корпусу;
- встановлення плакатів і знаків безпеки;
- недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою(кабелі вкладаємо в полівінілхлоридові труби, піддати захисту: недоступність кабелів на висоті $h_{\min} = 2,7 \text{ м}$, застосування огорожувальних пристроїв);

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

- ізоляція струмопровідних частин контролера ($R \geq 0,5 \text{ МОм}$);
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах, різні кольори пускового та робочого обладнання;
- при роботі з електроінструментом ($U \leq 42 \text{ В}$), застосовуються індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки ($I_{к.з.} = 100 \text{ А}$. Щодо $1,25 \dots 1,4 I_{ном}$).

В аварійному режимі застосовується пристрій занулення і захисне автовідключення. Також до кожного електродвигуна насосу розроблено аварійний захист та технологічне блокування.

5.2 Виробниче освітлення

Виробництво, що розглядається потребує зорової уваги. В операторній використовуються лампи денного світла. В приладах використовується підсвічування шкали.

В цеху використовується змішаний тип освітлення (природне освітлення доповнюється штучним). Проектом передбачене робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення. Тип джерела світла для системи загального освітлення – лампа LED (виробник – AXIOMAenergy), потужність $W = 10 \text{ Вт}$, потік $\Phi = 1000 \text{ лм}$, термін служби – 25000 годин, кількістю 50 шт, так як висота цеху більше 10 метрів і доцільно використовувати цей тип лампи. Передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, нормована освітленість повинна становити: комбінованого освітлення – $E_{нор1} = 200 \text{ лк}$, загального освітлення – $E_{нор2} = 150 \text{ лк}$, фактична становить, що $E_{фак} = 240 \text{ лк}$ відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |

5.3 Виробничий шум та вібрація

Джерелами шуму та вібрації в даному виробництві виступають електродвигуни, насоси, парові підігрівачі, колони різного типу. Шум класифікується як постійний. Рівень шуму – $L=100$ дБ, що не відповідає вимогам.

Оператор, що здійснює спостереження за технологічним процесом, знаходиться в операторній, в цьому приміщенні необхідно забезпечити рівень шуму згідно регламенту. Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- операторська повинна бути виконана цегляною кладкою, оштукатуреною з обох сторін ($\Delta L=15$ дБ);
- встановлення екранів, за допомогою футеровки корпусів двигунів і насосів ($\Delta L=15$ дБ);
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться ($\Delta L = 6$ дБ);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом ($\Delta L = 8$ дБ).

Фактичний рівень шуму – $L=60$ дБА, що відповідає вимогам згідно з ДСН 3.3.6.037-99.

Персонал необхідно забезпечити індивідуальними засобами захисту – протишумові навушники ПШН – Б та протишумові вкладиші «Беруши СТ – 1».

Технологічний об'єкт керування витримує рівень вібрації з частотою до 25Гц та з амплітудою не більш ніж 0.1мм.

Вібрації виникають внаслідок неточності установки обертаючих частин, нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

Заходи проти вібрацій:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 61 |

- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Рівень технологічної вібрації у приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.3.6.039 – 99.

Для захисту рук від впливу загальної вібрації передбачене взуття на товстій гумовій підшві.

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

5.4 Пожежна безпека

Оскільки в процесі екстракції ароматичних вуглеводнів приймають участь легкозаймисті речовини (каталізатор риформінгу), то дане виробництво відноситься до категорії Б згідно ДБН В.2.5-56:2014 (вибухопожежонебезпечних). Клас вибухонебезпечної зони **В-II** (відповідно до ПУЕ).

На основі вибраної ступені вогнестійкості обираємо найменшу допустиму межу вогнебезпечності основних будівельних конструкцій.

Протипожежні перегородки виконуються з матеріалів, що не горять і мають спиратися на фундаменти, встановлюватися на всю висоту цеху. В залежності від категорії пожежної безпеки та ступені вогнестійкості будівлі визначаємо максимально допустиму відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого експлуатаційного виходу для об'єму приміщення 75000 м³ - при густині людського потоку в спільному проході до 1 чол/м - найбільш допустима відстань 40 метрів. Кількість евакуаційних виходів - 2. Ширину тамбурів евакуаційних виходів слід приймати більшу, ніж ширина дверних проходів на 0.5(по 0.25м з кожного боку): ширина

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | рк. |
| | | | | | | | | | 62 |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | | | | |

дверей найменша - 0.8м, найбільша - 2.4м.

Для протипожежного захисту диспетчерської використовується система порошкового пожежогасіння – модулі порошкового пожежогасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно ДБН В.2.5-56:2014.

Вибираємо тип та кількість первинних засобів пожежогасіння: На 400-500м вуглекислотних вогнегасників - 2 (типу ручних: ВВБ-7, ВВ-8), пінні, хімічні, повітряно-пінні та порошкові вогнегасники - 4шт; бочка з водою та відро, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала. Також повинні бути передбачені вогнегасник – САМ-9 з установкою в місцях розположення колон різного типу (екстракційна, ректифікаційна, відгонна), також передбачені щити з протипожежним інвентарем. Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л. Ящики з піском місткістю 0,5, 1,0 та 3,0 м³ та повинні бути укомплектовані совковою лопатою. Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо бавовняної тканини повинні мати не менш як 2х1 м та 2х2 м. Передбачена система виявлення пожежі та її гасіння. Система виявлення пожежі забезпечує відключення системи живлення та кондиціонування повітря.

По попередженню вибухів передбачене герметичне устаткування, автоматичні локальні засоби пожежогасіння. Приміщення відділені від цеху незгораючими перегородками з межею вогнестійкості 0.75 годин.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту: «Автоматизація процесу екстракції ароматичних вуглеводнів розчинами діетиленгліколю та триетиленгліколю».

В даному дипломному проекті на ступінь бакалавра було розроблено нову схему автоматизації блоку екстракції ароматичних вуглеводнів та розроблена математична модель парового підігрівача, як об'єкта керування.

У дипломному проекті у програмі MatLab був проведений аналіз різних методів налаштування регулятора, з чого зроблено наступні висновки: ПІ-регулятор з розрахунками параметрів регулятора методом Ціглера-Нікольса, методом М-кола на заданий показник коливності $M=1.5$, та в в Matlab Control System Toolbox виводить систему на усталений рівень практично за один і той же час 40с по каналу керування, та 60с по каналу збурення. Але при цьому рекомендовано регулятор налаштований в SISOTool, так як перехідний процес саме з цим налаштуванням відповідає завданню на проектування – забезпечити перерегулювання не більше 20%.

Для досягнення мети проекту було розв'язано ряд задач, а саме: проектування схеми автоматизації, принципово електричної схеми, монтажно-комутаційної схеми, знаходження статички і динаміки, та налаштування регулятору різними методами. Було використано таке програмне забезпечення: Microsoft Office та Microsoft Visio та MatLab.

В проекті розглянуто розділ з детальним описом того, як на даному виробництві забезпечити охорону праці робітників. Для забезпечення безпеки передбачені організаційні і технічні заходи. Також передбачено проведення заходів для зменшення виробничого шуму та вібрацій.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 64 |

12. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200.

13. Автоматизація технологічних процесів галузі – 2. Розрахунок параметрів регуляторів: Метод. вказівки до викон. лабор. робіт для студ. напр. „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” // Уклад.: Д.О. Ковалюк, В.С. Цапар, О.О. Ковалюк – К. : НТУУ ”КПІ“, 2015. – 33 с.

14. Проектування систем керування: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології»/ М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленський – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 342 с.

15. Динамічна оптимізація. Оптимізація систем керування [Електронний ресурс] : методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт для студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Л. Р. Ладієва. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 33 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 66 |

| | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------|----|-----------------------------------------------------------------|
| 1-4 7-4 10-4 11-4 16-4 17-4 19-4 20-4 21-4 22-4 23-4 | Температура | По місцю | 150 °С | На пульті керування | Блок ручного управління | БРУ-7-К1 | 11 | м. Івано-Франківськ «МІКРОЛ» |
| 1-5 7-5 10-5 11-5 16-5 17-5 19-5 20-5 21-5 22-5 23-5 | Температура | Корпус регулювального клапану | 150 °С | Корпус регулювального клапану | Датчик регулюючого клапану | ЕСОТ ROL-812 | 11 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18. ARCA Regler GmbH. |
| 1-6 7-6 10-6 11-6 16-6 17-6 19-6 20-6 21-6 22-6 23-6 | Температура | Трубопровід | 150 °С | Трубопровід | Регулюючий клапан | ЕСОТ ROL-812 | 11 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18. ARCA Regler GmbH. |
| 6-1 | Якість концентрації речовини в парах | Трубопровід | 10000 мг/м ³ | На вихідному трубопроводі з колони ректифікації | Портативний газоаналізатор | GM-31 | 1 | Россия, Москва, ул. Автозаводская, 14/23 |
| 6-2 | Якість концентрації речовини в парах | По місцю | 10000 мг/м ³ | По місцю | Газоаналізатор для вимірювань на місці | GM-35 | 1 | Россия, Москва, ул. Автозаводская, 14/23 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---|-----------------------------------------------------------------|
| 6-3 | Якість концентрації речовини в парах | По місцю | 10000 <i>мг/м³</i> | На пульті керування | Індикатор технологічний мікропроцесорний | ІТМ-11 | 1 | Україна, м. Івано-Франківськ |
| 3-1 12-1 13-1 18-1 | Рівень | На апараті | 5м | Апарат | Радарний рівнемір | Rosemount 5600 | 4 | Росія, г. Челябінськ, Комсомольський пр., 29 |
| 3-2 12-2 13-2 18-2 | Рівень | По місцю | 5м | Місцевий прилад | Блок перетворення сигналів термо-опорів | БПО-42 | 4 | Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська |
| 3-3 12-3 13-3 18-3 | Рівень | По місцю | 5м | На пульті керування | Мікропроцесорний регулятор | МІК-21 | 4 | Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5 |
| 3-4 12-4 13-4 18-4 | Рівень | Трубопровід | 5м | Трубопровід | Регулюючий клапан | ЕСОТ ROL-812 | 4 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18. ARCA Regler GmbH. |
| 2-1 4-1 5-1 8-1 9-1 14-1 15-1 | Витрата | Трубопровід | 2500 кг/год | Трубопровід | Витратомір з коріолісових сил, одна пряма вимірювальна труба, DN 80, від 950 ... 4000 кг/год | Optima ss 7000 | 7 | м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КА-НЕКС КРОНЕ» |

| | | | | | | |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| № мн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| | | | | | | 70 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|---|-----------------------------------------------------------------|
| 2-2 4-2 5-2 8-2 9-2 14-2 15-2 | Витрата | По місцю | 2500 кг/год | По місцю | Блок перетворення сигналів | БПО-42 | 7 | Україна, м. Івано-Франківськ, «МІКРОЛ» |
| 2-3 4-3 8-3 14-3 | Витрата | На пульті керування | 2500 кг/год | На пульті керування | Мікропроцесорний регулятор | МІК-21 | 4 | Україна, м. Івано-Франківськ, «МІКРОЛ» |
| 2-4 4-4 8-4 14-4 | Витрата | На пульті керування | 2500 кг/год | На пульті керування | Блок ручного управління | БРУ-7-К1 | 4 | м. Івано-Франківськ «МІКРОЛ» |
| 2-5 4-5 8-5 14-5 | Витрата | Корпус регулювального клапану | 2500 кг/год | Корпус регулювального клапану | Датчик регулюючого клапану | ЕСОТ ROL-812 | 4 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18 |
| 2-6 4-6 8-6 14-6 | Витрата | Трубопровід подачі | 2500 кг/год | Трубопровід подачі | Регулюючий клапан | ЕСОТ ROL-812 | 4 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18. ARCA Regler GmbH. |
| SA1 SA2 SA3 SA4 SA5 SA6 SA7 | Підключення або відключення живлення | - | - | Пульт керування | Кулачковий перемикач ланцюга живлення | 4G25-10-US5-R112 | 7 | м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| | | | | | | 71 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---|---|-----------------|----------------------------------|-------------------|----|-----------------------------------|
| SB1 SB2 SB3 SB4 SB5 SB6 SB7 SB8 SB9 SB10 SB11 SB12 SB13 SB14 | Вмикання та вимикання живлення | - | - | Щит керування | Кнопковий пост керування | КУ-92-1 ЕХО1 1ВГ5 | 14 | Трест «Промене-автом. Пр.» м.Київ |
| МП1 МП2 МП3 МП4 МП5 МП6 МП7 | Магнітний пускач | - | - | Пульт керування | Пускач безконтактний реверсивний | ПБР-3А | 7 | Трест «Промене-автом. Пр.» м.Київ |
| КМ1 КМ2 КМ3 КМ4 КМ5 КМ6 КМ7 КМ8 КМ9 КМ10 КМ11 КМ12 КМ13 КМ14 КМ15 | Реле | - | - | Щит керування | Контактор магнітний (реле) | РЭС8 | 15 | Трест «Промене-автом. Пр.» м.Київ |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|---|------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|----|--------------------|
| HL3 HL5 HL7 HL9 HL11 HL13 HL15 HL17 HL19 HL21 HL23 HL26 | - | По місцю | - | На пульті керування | Сигнальна лампочка зеленого кольору, 220 V | 8LP2T IL223 | 12 | LOVATO Electric |
| HL1 HL2 HL4 HL6 HL8 HL10 HL12 HL14 HL16 HL18 HL20 HL22 HL24 HL25 HL27 | - | По місцю | - | На пульті керування | Сигнальна лампочка червоного кольору, 220 V | 8LP2T IL224 | 15 | LOVATO Electric |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 73 |

Додаток 2 Специфікація на технічні засоби до принципової електричної схеми системи дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів технологічного процесу ДПЛА72.18.01.001СхЕ.

| Позиція на схемі | Назва технологічного параметру | Середовище і місце відбору інформації | Граничне значення параметру | Місце монтажу | Назва пристрою і характеристика | Тип моделі | Кількість | Виробник, постачальник |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------|-----------|--------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| SA1 SA2 SA3 SA4 SA5 SA6 SA7 | Підключення або відключення живлення | - | - | Пульт керування | Кулачковий перемикач ланцюга живлення | 4G25-10-US5-R112 | 7 | м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20 |
| FU1 FU2 FU3 FU4 FU5 FU6 FU7 | - | - | - | - | Плавкі запобіжники | ПНБ 5М – 380/400 | 7 | г. Москва, улица Привольная, 70 |
| FP14 FP13 FP12 FP11 FP10 FP9 FP8 FP7 FP6 FP5 FP4 FP3 FP2 FP1 | - | - | - | - | Контакти теплового реле | ВП2 | 14 | - |
| SB1 SB2 SB3 SB4 SB5 SB6 SB7 SB8 SB9 SB10 SB11 | Вмикання та вимикання живлення | - | - | Щит керування | Кнопковий пост керування | КУ-92-1 ЕХО1 1ВГ5 | 14 | Трест «Промене-автом. Пр.» м.Київ |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|--------|---------------------|---------------------------------------------|-------------|----|-----------------------------------|
| SB12 SB13 SB14 | | | | | | | | |
| МП1 МП2 МП3 МП4 МП5 МП6 МП7 | Магнітний пускач | - | - | Пульт керування | Пускач безконтактний реверсивний | ПБР-3А | 7 | Трест «Променетавтом. Пр.» м.Київ |
| КМ1 КМ2 КМ3 КМ4 КМ5 КМ6 КМ7 КМ8 КМ9 КМ10 КМ11 КМ12 КМ13 КМ14 КМ15 | Реле | - | - | Щит керування | Контактор магнітний (реле) | РЭС8 | 15 | Трест «Променетавтом. Пр.» м.Київ |
| HL3 HL5 HL7 HL9 HL11 HL13 HL15 HL17 HL19 HL21 HL23 HL26 | - | По місцю | - | На пульті керування | Сигнальна лампочка зеленого кольору, 220 V | 8LP2T IL223 | 12 | LOVATO Electric |
| HL1 HL2 HL4 HL6 HL8 HL10 HL12 HL14 HL16 HL18 HL20 HL22 HL24 HL25 HL27 | - | По місцю | - | На пульті керування | Сигнальна лампочка червоного кольору, 220 V | 8LP2T IL224 | 15 | LOVATO Electric |
| | | | | | <i>ДІЛА72.18.00.000ПЗ</i> | | | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | 75 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|---|----------------------------------------------|
| 8-7 | Витрата | Корпус регулювального клапану | 2500 кг/год | Корпус регулювального клапану | Датчик регулюючого клапану | ECOTROL-812 | 1 | Германія, м. Тьонісфорд, Kempener Strasse 18 |
|-----|---------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|---|----------------------------------------------|

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА72.18.00.000ПЗ</i> | рк. |
| Вмн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 77 |