

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)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Віталій ЦАПАР
« _____ » _____ 20__ р

Дипломний проєкт
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: Автоматичний контроль у процесі атмосферно-вакуумної
переробки нафти

Виконав: студент 4 курсу, групи ЛА-01
(шифр групи)

_____ Буря Денис Вячеславович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

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

Консультант Охорона праці _____ ст. викл, к.т.н. Ковтун А. І. _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доц. каф. МАХНВ, к.т.н. доц. Степанюк А.Р. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань
Студент _____
(підпис)

Київ - 2024 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)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ЦАПАР

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Буря Денис Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматичний контроль у процесі атмосферно-вакуумної переробки нафти

керівник проекту ст.вик. Жураковський Я.Ю.

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

затверджені наказом по університету від «»р. №

3. Вихідні дані до проекту

Програмне забезпечення системи моніторинг для процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти має забезпечувати контроль та оцінювання оптимальних параметрів для системи, оповіщення для контролюючих осіб про підвищений рівень небезпеки та підвищити екологічну та технічну безпеку підприємства; параметри які підлягають керуванню: тиск та температуру водяної пари в теплообміннику; параметри які підлягають сигналізації: температура реакційної маси, тиск всередині реактора.

4. Зміст пояснювальної записки Загальна характеристика процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти; автоматизація процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти; математичне моделювання теплообмінника; дослідження системи керування теплообмінника; автоматизація контролю атмосферно-вакуумної переробки нафти.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти.

6. Консультанти розділів проекту*

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці | Ковтун А. І., ст. викл., к.т.н. | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|---|---------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти. | 28.04.2024 | |
| 2 | Проектування системи автоматизації | 5.05.2024 | |
| 3 | Математичне моделювання статичного режиму теплообміннику | 12.05.2024 | |
| 4 | Математичне моделювання динамічного режиму теплообміннику | 17.05.2024 | |
| 5 | Синтез та дослідження системи керування теплообмінника | 24.05.2024 | |
| 6 | Оптимізація процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти | 31.05.2024 | |
| 7 | Розробка креслень | 05.06.2024 | |
| 8 | Охорона праці | 07.06.2024 | |

Студент

(підпис)

Буря Д. В.
(прізвище, ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Жураковський Я.Ю.
(прізвище, ініціали)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

РЕФЕРАТ

В дипломному проєкті розглядається процес атмосферно-вакуумної переробки нафти. Проєкт складається із пояснювальної записки обсягом 77 сторінки, 30 рисунків, 1 програмно написаний код з візуалізацією, 1 таблиця, кресленник схеми автоматизації формату А1.

Метою роботи є збільшення ефективності та якості роботи виробництва, що покращить економічні показники підприємства шляхом створення системи автоматизації процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти та розробки програмного коду для комп'ютерної моніторингової системи для збільшення рівня інформатизації системи керування.

При дослідженні були розроблені: схема автоматизації процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти, математична модель теплообмінника, програмний код для моніторингу результатів процесів та веб-візуалізація для нього.

На основі математичної моделі теплових процесів в апараті було спроектовано і досліджено систему керування даним процесом із використанням різних методів проєктування, що забезпечує швидкий вихід на усталене значення з допустимим перерегулюванням.

Надані рекомендації відносно заходів з охорони праці, що відповідають чинному законодавству України.

При виконанні роботи були використані методи теорії автоматичного керування, оптимізації, програмного та математичного моделювання. Результати, отримані в ході дослідження, можуть бути використані при проєктуванні системи керування даним технологічним процесом та мають підвищити ефективність та безпечність виробництва.

Ключові слова: атмосферно-вакуумна переробка нафти, теплообмінник, схема автоматизації, математична модель, система керування, моніторинг.

ABSTRACT

The diploma project examines the process of atmospheric-vacuum oil refining. It includes a 77-page explanatory note, 30 drawings, 1 program code with visualization, 1 table, and an A1 format automation scheme.

The goal is to improve production efficiency and quality, enhancing the economic performance of the enterprise by developing an automation system for atmospheric-vacuum oil refining and creating program code for a computer monitoring system to increase control system informatization.

The research developed an automation scheme for the oil refining process, a mathematical model of a heat exchanger, program code for process monitoring, and web visualization.

Using the thermal process mathematical model, a control system was designed and studied, ensuring a quick transition to a steady-state value with acceptable overshoot.

Recommendations for occupational safety measures compliant with current Ukrainian legislation are provided.

The work used methods of automatic control theory, optimization, and software and mathematical modeling. The results can be used in designing the control system for this process and aim to improve production efficiency and safety.

Keywords: atmospheric-vacuum oil refining, heat exchanger, automation scheme, mathematical model, control system, monitoring.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ..... | 10 |
| 1.1 Властивості нафти й процес їх отримання | 10 |
| 1.2 Аналіз технологічної схеми спільного виробництва нафти | 11 |
| 1.3 Дослідження типової схеми автоматизації теплообмінника | 14 |
| 1.4. Постановка задачі для дослідження | 16 |
| 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ..... | 18 |
| 2.1 Постановка задач автоматизації для атмосферно-вакуумної переробки | 18 |
| 2.2. Технічні рішення з автоматизації процесу переробки нафти..... | 22 |
| 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІННИКА | 26 |
| 3.1. Постановка задачі моделювання | 26 |
| 3.2 Моделювання статичного режиму | 28 |
| 3.3. Моделювання динамічного режиму..... | 31 |
| 3.4. Побудова передатної функції..... | 33 |
| 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИКА В АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНІЙ ПЕРЕРОБЦІ НАФТИ..... | 36 |
| 4.1. Синтез найпростішої системи керування з ПІД регуляторами | 37 |
| 4.2. Синтез системи з компенсатором..... | 39 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------|-----------------|---------------|-------------|---|---------------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Автоматичний контроль у процесі атмосферно-вакуумної переробки нафти</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Архівів</i> |
| <i>Розроб.</i> | <i>Буря Д. В.</i> | | | | | 6 | 77 | |
| <i>Перев.</i> | <i>Жураковський Я.Ю.</i> | | | | | | | |
| <i>Н.Контр.</i> | <i>Кваско Е.М.</i> | | | | | <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i> | | |
| <i>Затв.</i> | <i>Жученко А.І.</i> | | | | | | | |

| | |
|--|----|
| 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ | 42 |
| 5.1. Автоматизація процесів за допомогою програмного забезпечення | 42 |
| 5.2 Аналіз даних | 44 |
| 5.3. Моделювання..... | 45 |
| 5.4. Машинне навчання та предиктивний аналіз | 47 |
| 5.5. Візуалізація | 48 |
| 6. ОХОРОНА ПРАЦІ | 54 |
| 6.1. Пожежна небезпека на підприємстві | 55 |
| 6.2. Мікроклімат | 57 |
| 6.3. Електробезпека | 59 |
| 6.4. Шум та вібрація | 63 |
| ВИСНОВКИ..... | 67 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 68 |
| ДОДАТОК Д1 | 70 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 7 |

відображення даних параметрів процесу. Також потребують розробки та перевірки алгоритми управління технологічними процесами.

Важливість даного дослідження полягає в тому, що вирішення проблеми автоматизації процесу атмосферно-вакуумної перегонки нафти дозволяє знизити собівартість продукції та підвищити ефективність виробництва.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 9 |

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

1.1 Властивості нафти й процес їх отримання

Нафта — це складна суміш вуглеводнів та інших хімічних сполук, що складаються переважно з водню та вуглецю. За нормальних умов вона є рідиною, яка може мати різний колір від світло-жовтого до темно-коричнемого або навіть чорного. Її густина коливається від 0,8 до 0,95 г/см³, а в'язкість може значно відрізнятися, визначаючи легкість транспортування через трубопроводи. Нафта не має чіткої температури кипіння через складність її складу, але зазвичай замерзає при температурах нижче 0°C.[11]

Хімічно нафта складається переважно з вуглеводнів, зокрема алканів, нафтенів та ароматичних вуглеводнів, а також містить домішки сірки, азоту, кисню та інших елементів. Для видобутку нафти використовуються геофізичні методи розвідки, такі як сейсмічна розвідка, гравіметрія та магнітометрія, після чого здійснюється буріння свердловин і видуток на поверхню. Переробка нафти включає первинну перегонку, крекінг, реформінг, та гідроочищення, що дозволяє отримувати різні фракції, такі як бензин, керосин, дизельне паливо та мазут. Ці нафтопродукти знаходять шиошке затуовання у виробництві палива, мастильних матеріалів, асфальту, хімічних продуктів та багатьох інших промислових товарів.[10]

Зокрема, видобуток нафти часто супроводжується вивільненням природного газу, який може бути використаний як додаткове джерело енергії або як сирована для хімічної промисловості. Крім того, нафтома промисловість має значний вплив на навколишнє середовище. Видобуток і переробка нафти супроводжуються викидами парникових газів, забрудненням водних ресурсів та деградацією земельних угідь. Сучасні технології спрямовані на зменшення цього впливу шляхом впровадження екологічно чистих методів видобутку та переробки, включаючи застосування відновлювальних джерел енергії, використання

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

вторинних ресурсів та утилізацію відходів виробництва. Важливо також зазначити, що нафтова галузь є стратегічно важливою для економіки багатьох країн, забезпечуючи робочі місця та сприяючи розвитку суміжних галузей.

1.2 Аналіз технологічної схеми атмосферно-вакуумної переробки нафти

Зневоднену нафту піддають атмосферно-вакуумній перегонці: відгонку легких фракцій (бензин, лігроїн, газ, газойль) здійснюють при атмосферному тиску, а перегонку мазуту з виділенням масел (веретенного, машинного, циліндрованого) – під вакуумом. На сучасних установках перегонки нафти застосовують метод одноразового нагрівання продуктів переробки в трубчастих печах з наступною подачею нагрітої маси в ретефікаційну колону. Колона зрошується найбільш легким фракцією і з неї відбирають кілька різних фракцій. Для більш ефективної роботи у колону подають перегріту водяну пару, яка не змішується з нафтопродуктами і легко розділяється. [8]

Нафта насосом 8 (Рисунок 1.1) подається через систему теплообмінників 3, 4 з температурою 170°C – 175°C у трубчасту піч 1, де нагрівається до 320°C і надходить в ретефікаційну колону 2, що зрошується бензином. Із цієї колони відбирають бензин, газ, лігроїн і легкий газойль, а мазут подається далі в трубчасту піч 5, де під тиском $8 \cdot 10^3$ Па нагрівається до 410°C і надходить в ретефікаційну колону 6, що зрошується важким газойлем. З цієї колони відбирають важкий газойль, веретенне, машинне і циліндроване масло та гудрон. [9]

Попутні гази містять метан, етан, пропан, бутан та невеликі кількості пентану та гексану. Зрідженням таких газів добувають рідину, що називається газовим бензином. Додаток його до автомобільного та авіаційного бензину значно покращує їх пускові якості.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

Під час атмосферно-вакуумної перегонки гродненської нафти утворюється 14-15% бензину, 17-18% газу, 5% газойль-солярної фракції і близько 55% мазуту.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

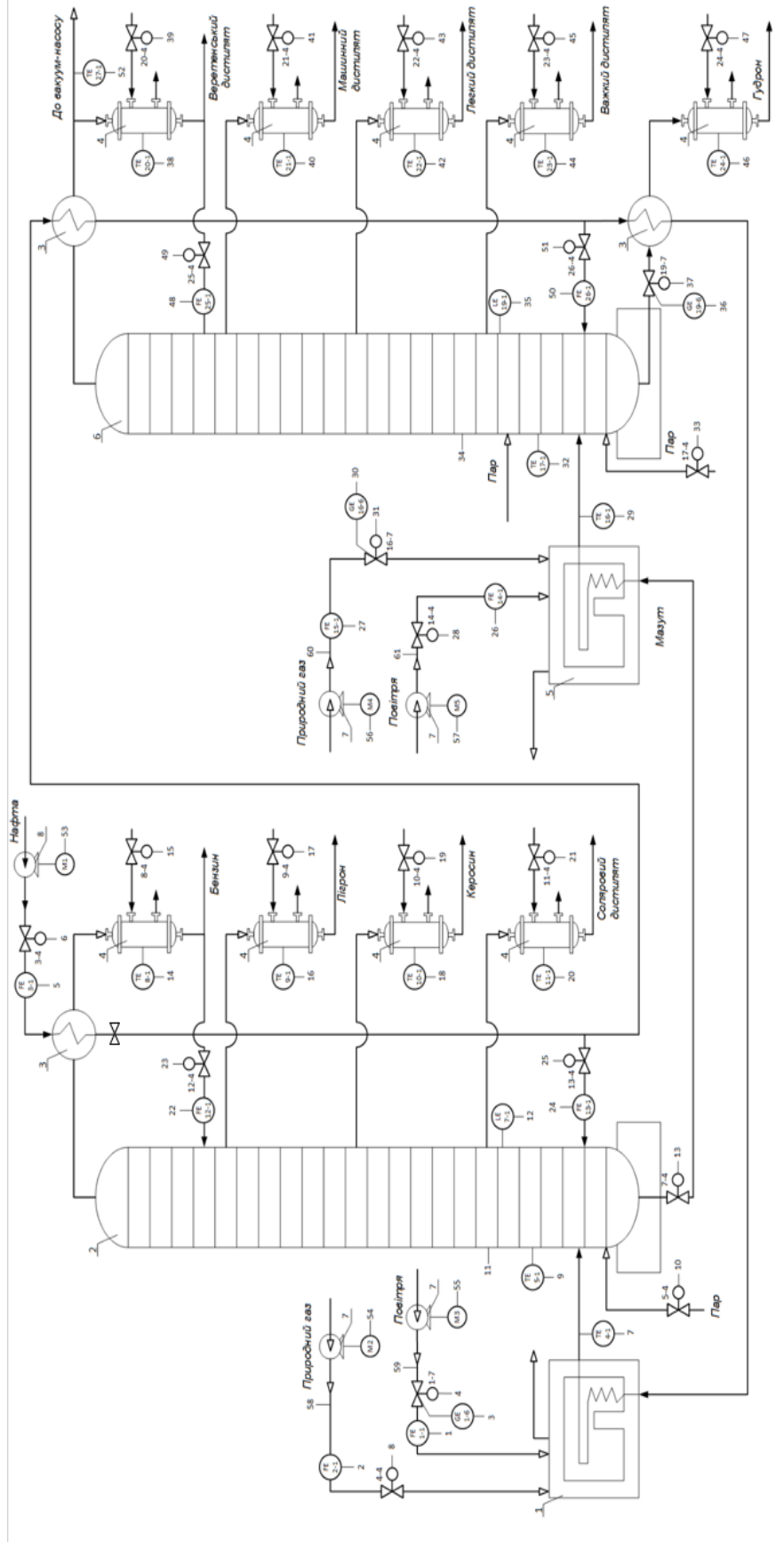


Рисунок 1.1. — Схема технологічного процесу атмосферно-вакуумної перегонки нафти:
 1,5 – трубчасті печі, 2,6 – ректифікаційні колони, 3 – теплообмінники, 4 – конденсатори, 7 – компресори, 8 – насос

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

ДПЛА0104.03.00.000ПЗ

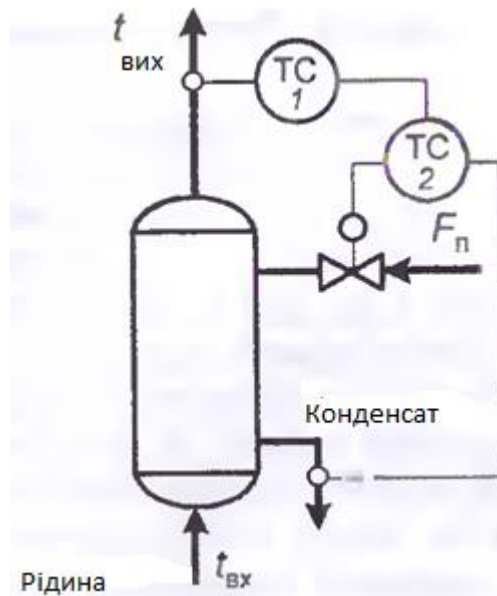


Рисунок 1.4 – Каскадна САР температури рідини в кожухотрубному паро-рідинному теплообміннику (з регулятором температури конденсату у внутрішньому контурі):

- 1 - регулятор температури рідини на виході з теплообмінника; 2 - регулятор температури конденсату в кожусі

1.4 Постановка задачі для дослідження

Процес проектування починається з аналізу інформації про існуючі схеми автоматизації процесу, але дані про автоматизацію та реалізацію процесу атмосферно-вакуумної перегонки нафти на підприємствах не знаходяться у відкритому доступі. Тому створення системи автоматизації в даному проєкті буде відбуватися на основі аналізу схеми процесу атмосферно-вакуумної переробки нафти та на основі властивостей отриманих продуктів і технологічного процесу.

Таким чином, задачами, які слід розв'язати для досягнення мети проєкту є:

1. Розробка функціональної схеми автоматизації процесу атмосферно-вакуумнох переробки нафти:
 - Визначення ключових технологічних стадій.
 - Вибір оптимальних датчиків і виконавчих механізмів.
 - Створення загальної функціональної схеми.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

- Тиск суміші в ректифікаційної колони 6
- Керування температурою нафти на виході насосу 8;
- Керування температурою повітря на виході компресора 7;
- Керування температурою природнього газу на виході компресора 7;
- Керування температурою пару на вході ретифікаційної колони 6;
- Керування температурою пару на вході ретифікаційної колони 2;
- Керування температурою нафти на виході з теплообмінника 3;

Результат аналізу подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Параметри контролю процесу

| № п/п | Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра | Найменування параметра, що контролюється чи регулюється | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|-------|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Повітря, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 2 | природнього газу, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 3 | нафтова , трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 4 | флегму, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 5 | нафта, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 6 | Природній газ, трубопровід | Витрата | – | Контроль |

Продовження таблиці 2.1.

| № п/п | Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра | Найменування параметра, що контролюється чи регулюється | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|-------|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | Повітря, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 8 | нафта, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 9 | Веретенський дистиляр, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 10 | повітря, трубопровід | Витрата | – | Контроль |
| 11 | нафта, ректифікаційної колони | Температура | 400..420 | Контроль |
| 12 | суміш, ректифікаційної колони | Температура | 400..420 | Контроль, сигналізація |
| 13 | Нафтова пара, конденсатор | Температура | 400..420 | Контроль, сигналізація |
| 14 | Мазут ректифікаційної колони | Температура | 160..200 | Контроль, сигналізація |

Кінець частини другої таблиці 2.1

| № п/п | Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра | Найменування параметра, що контролюється чи регулюється | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|-------|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15 | суміш, ректифікаційної колони | Температура | 160..200 | Контроль, сигналізація |
| 17 | вакуум, трубопровід | Температура | 160..200 | Контроль, сигналізація |
| 18 | суміш, ректифікаційної колона | Тиск | 5,3...8,0 кПа | Контроль, сигналізація |
| 19 | суміш, ректифікаційної колона | Тиск | 5,3...8,0 кПа | Контроль, сигналізація |
| 20 | Нафта, теплообінник | Температура | 320...400 | Керування |
| 21 | Нафта, насос | Температура | 150...170 | Керування |

2.2 Технічні рішення з автоматизації процесу переробки нафти

Схема автоматичного контролю у процесі отримання СМЗ на установці потужністю в 100 тис. тон в рік включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації.

До контурів контролю входять контури контролю витрати, рівня, температури, тиску та концентрації. (ДПЛА0104.03.000.01)

Контур 1 забезпечує контроль витрати повітря, що надходить до трубчастої печі 1 та включає діафрагму камерну (1-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (1-2); вторинний прилад (1-3).

Контур 2 забезпечує контроль витрати природного газу, що надходить до трубчастої печі 1 та включає діафрагму камерну (2-1); тензоперетворювач тиску (з квадратичною функцією перетворення (2-2); вторинний прилад (2-3).

Контур 3 забезпечує контроль та сигналізацію рівня в гідроліз-апараті 2. До його складу входять — Первинний вимірювальний перетворювач, акустичного рівнеміра ЭХО-5Н (3-1); Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра (3-2); показувальний і реєструвальний вторинний прилад (3-3); HL5, HL6 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 4 забезпечує контроль температури нафти, що надходить до ректифікаційної колони 2 та включає термоперетворювач ТВР-3488 (4-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (4-2);

Контур 5 забезпечує контроль температури суміші компонентів в ректифікаційної колони 2. До його складу входять термоперетворювач ТСМ-1187 (5-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (5-2);

Контур 6 забезпечує контроль та сигналізацію тиску суміші в ректифікаційної колони 2. До його складу входять — тензоперетворювач різниці тисків (6-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад мікропроцесорний прилад ДИСК-250М (6-2); HL1, HL1 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 22 |

Контур 16 забезпечує контроль температури мезута, що надходить до ректифікаційної колони 5 та включає термоперетворювач термоперетворювач (16-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (16-2);

Контур 17 забезпечує контроль температури суміші компонентів в ректифікаційної колони 6. До його складу входять термоперетворювач термоперетворювач (17-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (17-2);

Контур 18 забезпечує контроль та сигналізацію тиску суміші в ректифікаційної колони 6. До його складу входять — перетворювач тензометричний різниці тиску (18-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (18-2); HL3, HL4 – лампи електричні сигнальні жовтого кольору.

Контур 19 забезпечує контроль рівня суміші компонентів в ректифікаційної колони 6. До його складу входять радарний рівнемір (19-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (19-2).

Контур 20 забезпечує контроль температури нафтова пара в конденсаторе 4. До його складу входять термоперетворювач (20-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (20-2);

Контур 21 забезпечує контроль температури нафтова пара в конденсаторе 4. До його складу входять термоперетворювач (21-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (21-2);

Контур 22 забезпечує контроль температури нафтова пара в конденсаторе 4. До його складу входять термоперетворювач (22-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (22-2);

Контур 23 забезпечує контроль температури нафтова пара в конденсаторе 4. До його складу входять термоперетворювач (23-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (23-2);

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Контур 24 забезпечує контроль температури нафтова пара в конденсаторе 4. До його складу входять термоперетворювач (24-1); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (24-2);

Контур 25 забезпечує контроль витрати веретенський дистиляти, що надходить до ректифікаційної колони 6 та включає діафрагму камерну (25-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (25-2); вторинний прилад (25-3).

Контур 26 забезпечує контроль витрати нафти, що надходить до ректифікаційної колони 6 та включає діафрагму камерну (26-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (26-2); вторинний прилад (26-3).

Контур 27 забезпечує контроль температури вакууму на виході. До його складу входять термоперетворювач опору (27-1); нормувальний перетворювач (27-2); аналого-цифровий перетворювач (27-3); індикатор цифровий мікропроцесорний з пристроєм сигналізації (27-4).

Контур 28 забезпечує контроль витрати води, що надходить до конденсатора 4 та включає діафрагму камерну (28-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (28-2); вторинний прилад (28-3).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

води на виході; $G_{\text{нп}}, \theta_{\text{нп}}, c_{\text{нп}}$ – витрата, температура, теплоємність нафтопродуктів на вході; $G_{\text{нпв}}, \theta_{\text{нпв}}, c_{\text{нпв}}$ – витрата, температура, теплоємність нафтопродуктів на виході.

Математична модель теплообмінника

Модель включає рівняння теплового балансу для теплообмінника:

1. Рівняння для води:

$$G_{\text{вх}} \times C_{\text{в}} \times (\theta_{\text{вих}} - \theta_{\text{вх}}) = Q;$$

2. Рівняння для нафтопродуктів:

$$G_{\text{нп}} \times C_{\text{нп}} \times (\theta_{\text{нпв}} - \theta_{\text{нп}}) = Q;$$

3. Рівняння теплопередачі:

$$Q = k \times A \times \Delta T_{\text{середнє}};$$

де Q – кількість переданого тепла, k – коефіцієнт теплопередачі, A – площа поверхні теплообміну, $\Delta T_{\text{середнє}}$ – середня різниця температур.

Середня різниця температур обчислюється за формулою логарифмічного середнього:

$$\Delta T_{\text{середнє}} = \frac{(\theta_{\text{вих}} - \theta_{\text{нп}}) - (\theta_{\text{вх}} - \theta_{\text{нпв}})}{\ln \frac{(\theta_{\text{вих}} - \theta_{\text{нп}})}{(\theta_{\text{вх}} - \theta_{\text{нпв}})}}.$$

Ця модель дозволяє визначити ефективність теплообмінника та контролювати основні параметри для забезпечення оптимального процесу теплообміну. Автоматизована система може використовувати ці рівняння для моніторингу та керування роботою теплообмінника в режимі реального часу, забезпечуючи тим самим стабільну та ефективну роботу всієї установки атмосферно-вакуумної перегонки нафти.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 27 |

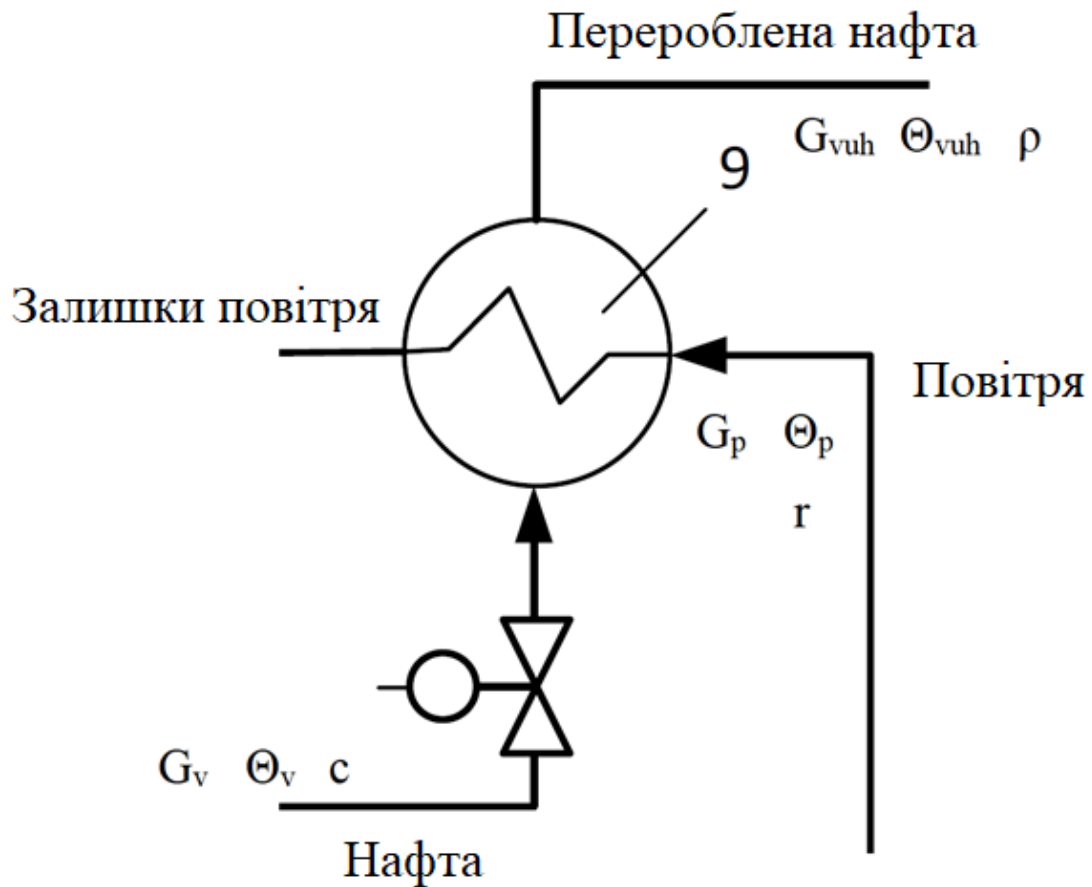


Рисунок 3.1 – Теплообмінник

3.2 Моделювання статичного режиму

Для моделювання статичного режиму роботи теплообмінника, потрібно побудувати систему рівнянь теплового балансу, що описують стан теплообмінника в усталеному (статичному) режимі.

Вихідні дані:

- $G_{\text{вх}}, \theta_{\text{вх}}, C_{\text{в}}$ – витрата, температура, теплоємність води на вході;
- $G_{\text{вих}}, \theta_{\text{вих}}, C_{\text{в}}$ – витрата, температура, теплоємність води на виході;
- $G_{\text{нп}}, \theta_{\text{нп}}, C_{\text{нп}}$ – витрата, температура, теплоємність нафтопродуктів на вході;
- $G_{\text{нвп}}, \theta_{\text{нвп}}, C_{\text{нвп}}$ – витрата, температура, теплоємність нафтопродуктів на виході.

Модель включає рівняння теплового балансу для теплообмінника:

1. Рівняння для води:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |


```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Вхідні параметри
5 G_vx = 1.0 # кг/с
6 Theta_vx = 300.0 # K
7 c_v = 4.18 # кДж/(кг·K)
8 G_np = 0.8 # кг/с
9 Theta_np = 400.0 # K
10 c_np = 2.1 # кДж/(кг·K)
11 k = 500.0 # Вт/(м²·K)
12 A = 50.0 # м²
13
14 # Функція для розрахунку середньої різниці температур
15 def delta_T_avg(Theta_v_out, Theta_np_out):
16     return ((Theta_v_out - Theta_np) - (Theta_vx - Theta_np_out)) / np.log((Theta_v_out - Theta_np) / (Theta_vx - Theta_np_out))
17
18 # Знайдемо температури на виході
19 Theta_v_outs = np.linspace(310, 350, 100)
20 Q_values = []
21
22 for Theta_v_out in Theta_v_outs:
23     Q_v = G_vx * c_v * (Theta_v_out - Theta_vx)
24     Theta_np_out = Theta_np - (Q_v / (G_np * c_np))
25     Q = k * A * delta_T_avg(Theta_v_out, Theta_np_out)
26     Q_values.append(Q)
27
28 # Побудова графіків
29 plt.figure(figsize=(10, 6))
30 plt.plot(Theta_v_outs, Q_values, label='Передане тепло Q')
31 plt.xlabel('Температура води на виході (K)')
32 plt.ylabel('Кількість переданого тепла Q (Вт)')
33 plt.title('Графік кількості переданого тепла від температури води на виході')
34 plt.legend()
35 plt.grid(True)
36 plt.show()

```

Рисунок 3.2 – Приклад коду для побудови графіку статичного режиму



Рисунок 3.3 – Графік статичного режиму

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

ДПЛА0104.03.00.000ПЗ

Арк.

30

3.3 Моделювання динамічного режиму

Динамічне моделювання передбачає врахування змін параметрів з часом. Це дозволяє аналізувати поведінку теплообмінника при різних перехідних процесах, наприклад, при зміні витрат або температур на вході.

Для моделювання динамічного режиму ми можемо використовувати диференціальні рівняння, що описують тепловий баланс у теплообміннику. Далі представлено спрощений підхід до моделювання динамічного режиму для трубчастого теплообмінника.

Вихідні дані:

1. $G_{\text{вх}}, \theta_{\text{вх}}, C_{\text{в}}$ – витрата, температура, теплоємність води на вході;
2. $G_{\text{нп}}, \theta_{\text{нп}}, C_{\text{нп}}$ – витрата, температура, теплоємність нафтопродуктів на вході;
3. K – коефіцієнт теплопередачі;
4. A – площа поверхні теплообміну;
5. V – об'єм теплообмінника;
6. ρ – густина рідини.

Розглянемо нижче рівняння теплового балансу в динамічному режимі. Для динамічного моделювання використовуємо диференціальні рівняння для води та нафтопродуктів:

1. Для води:

$$\rho_{\text{в}} \times V_{\text{в}} \times c_{\text{в}} \times d\theta_{\text{в}} \times dt = G_{\text{вх}} \times c_{\text{в}} \times (\theta_{\text{вх}} - \theta_{\text{в}}) + k + A \times (\theta_{\text{нп}} - \theta_{\text{в}});$$

2. Для нафтопродуктів:

$$\rho_{\text{нп}} \times V_{\text{нп}} \times c_{\text{нп}} \times d\theta_{\text{нп}} \times dt = G_{\text{нп}} \times c_{\text{нп}} \times (\theta_{\text{нп}} - \theta_{\text{нп}}) - k + A \times (\theta_{\text{нп}} - \theta_{\text{в}}).$$

На Рисунку 3.4 наведено код для побудови графік по заданим параметрам та згідно рівнянь теплового балансу, які були сформовані вище. На Рисунку 3.5 зображено графік динамічного режиму теплообмінника.

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from scipy.integrate import odeint
4
5 # Вхідні параметри
6 G_vx = 1.0 # кг/с
7 Theta_vx = 300.0 # К
8 c_v = 4.18 # кДж/(кг·К)
9 G_np = 0.8 # кг/с
10 Theta_npx = 400.0 # К
11 c_np = 2.1 # кДж/(кг·К)
12 k = 500.0 # Вт/(м²·К)
13 A = 50.0 # м²
14 rho_v = 1000.0 # кг/м³ (для води)
15 rho_np = 800.0 # кг/м³ (для нафтопродукту)
16 V_v = 1.0 # м³ (об'єм води в теплообміннику)
17 V_np = 1.0 # м³ (об'єм нафтопродукту в теплообміннику)
18
19 # Системи рівнянь для dTheta_v/dt та dTheta_np/dt
20 def model(y, t):
21     Theta_v, Theta_np = y
22     dTheta_v_dt = (G_vx * c_v * (Theta_vx - Theta_v) + k * A * (Theta_np - Theta_v)) / (rho_v * V_v * c_v)
23     dTheta_np_dt = (G_np * c_np * (Theta_npx - Theta_np) - k * A * (Theta_np - Theta_v)) / (rho_np * V_np * c_np)
24     return [dTheta_v_dt, dTheta_np_dt]
25
26 # Початкові умови
27 Theta_v0 = 310.0 # початкова температура води (К)
28 Theta_np0 = 350.0 # початкова температура нафтопродукту (К)
29 y0 = [Theta_v0, Theta_np0]
30
31 # Часовий діапазон для моделювання (0 до 5000 секунд)
32 t = np.linspace(0, 5000, 500)
33
34 # Розв'язок диференціальних рівнянь
35 solution = odeint(model, y0, t)
36 Theta_v = solution[:, 0]
37 Theta_np = solution[:, 1]
38
39 # Побудова графіків
40 plt.figure(figsize=(10, 6))
41 plt.plot(t, Theta_v, label='Температура води (К)')
42 plt.plot(t, Theta_np, label='Температура нафтопродукту (К)')
43 plt.xlabel('Час (с)')
44 plt.ylabel('Температура (К)')
45 plt.title('Динамічний режим теплообмінника')
46 plt.legend()
47 plt.grid(True)
48 plt.show()

```

Рисунок 3.4 – Приклад коду для побудови графіку динамічного режиму

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 32 |

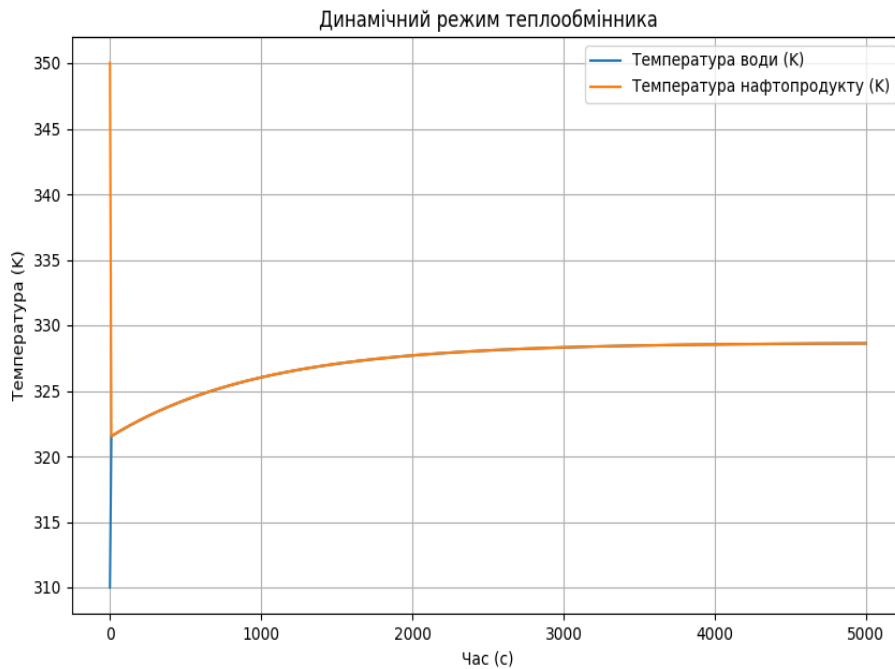


Рисунок 3.5 – Графік динамічного режиму

3.4 Побудова передатної функції

Для побудови передавальної функції будемо використовувати дані, які наведені вище раніше. Будемо використовувати перетворення Лапласа для спрощення диференціальних рівнянь.

Будемо вважати, що температура води та нафтопродуктів змінюються незначно, тоді диференційне рівняння матимуть вигляд :

$$\Phi_B(S) = \frac{G_{ВХ} \times \theta_{ВХ} + k \times A \times \theta_{НП}}{S * (\rho_B * V_{НП} * c_{НП}) + G_{НП} + k \times A};$$

$$\Phi_{НП}(S) = \frac{G_{НП} \times \theta_{НПХ} - k \times A \times \theta_{НП}}{S * (\rho_B * V_{НП} * c_{НП}) + G_{НП} + k \times A}.$$

В нашому випадку передатна функція $G(S)$ буде використовувати канал «витрата теплоносія – температура продукту» та буде мати вигляд $G(S) = \frac{K}{\tau S + 1}$

де:

$$K = \frac{k \times A}{G_{ВХ} + G_{НП} + k \times A} \text{ – коефіцієнт підсилення об'єкта керування;}$$

$$T = \frac{\rho \times V \times c}{G_{вх} + G_{нп} + k \times A} - \text{стала часу.}$$

З рівнянь наведених у розділі 3.3 отримуємо що $K \approx 0,999$ та $\tau \approx 0,167$.

На Рисунку 3.6 представлено схему реалізації для отримання передатної функції з середовища *Simulink*, а на Рисунку 3.7 сам графік даної функції.

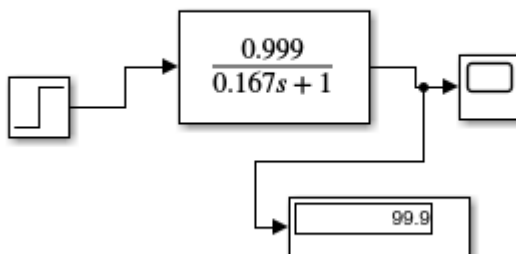


Рисунок 3.6 – Схема передатної функції



Рисунок 3.7 – Графік передатної функції

Висновок: В розділі проведено математичне моделювання теплообмінника. Проаналізовано статичні характеристики процесу, щоб з'ясувати, як вихідні параметри залежать від вхідних сигналів. Також побудовано передатну функцію для каналу керування, що дозволило з'ясувати зв'язок між вхідними та вихідними

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

ДПЛА0104.03.00.000ПЗ

Арк.

34

сигналами та дослідити їх динаміку. Для кращого розуміння системи побудовано перехідну характеристику. В результаті цього аналізу отримано інформацію про поведінку теплообмінника і можливість використання цих даних для проектування регуляторів, оптимізації параметрів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

4. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛООБМІННИКОМ В АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНІЙ ПЕРЕРОБЦІ НАФТИ

Оскільки від роботи теплообмінника, а точніше температури на виході з нього, залежить якість подальшого процесу, було спроектовано та досліджено системи керування для теплообмінника з ПІ та ПІД регуляторами.

Перший крок у синтезі системи керування з використанням *Simulink* – це створення моделі об'єкта керування. Модель може бути побудована на основі математичних рівнянь, експериментальних даних або їх комбінації. В *Simulink* використовуються блоки, які представляють різні елементи системи, такі як входи, виходи, перетворювачі, регулятори, сенсори і т.д. За допомогою цих блоків інженер може побудувати детальну модель системи керування.

Після створення моделі об'єкта наступний крок – це налаштування регуляторів. В *Simulink* доступні різні блоки регуляторів, які дозволяють створювати регулятори різних типів, наприклад, пропорційний, інтегральний, диференціальний, ПІД тощо. Інженер може налаштувати параметри регулятора, такі як коефіцієнти пропорційності, інтегральності та диференціювання, щоб досягти бажаних характеристик системи керування.

Після налаштування регулятора можна проводити симуляцію системи керування. За допомогою *Simulink* інженер може встановити початкові умови, задати сигнали вхідного впливу і спостерігати за реакцією системи на ці сигнали. Симуляція дозволяє оцінити ефективність регулятора і визначити, чи він задовольняє вимоги та критерії якості системи керування.

Таким чином, використовуючи *Simulink* для створення і налаштування системи керування теплообмінником в атмосферно-вакуумній переробці нафти, можна забезпечити оптимальні умови для процесу, що сприятиме підвищенню ефективності та якості продукції.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

4.1. Синтез найпростішої системи керування з ПІД регуляторами

На Рисунку 4.1 наведено копію екрана із структурою системи керування реалізованої в середовищі *Simulink*.

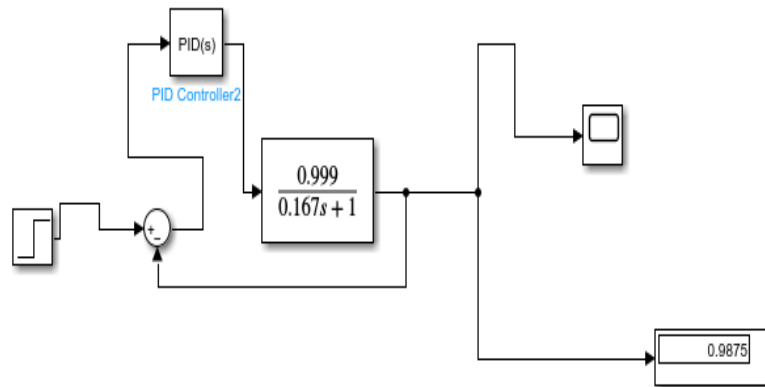


Рисунок 4.1 – Фрагмент копії екрана із структурою системи керування з ПІД-регулятором, реалізованої в середовищі *Simulink*



Рисунок 4.2 – Налаштування ПІД-регулятора

На Рисунку 4.3 зображено графік системи керування з ПІД-регулятор без компенсатора.

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

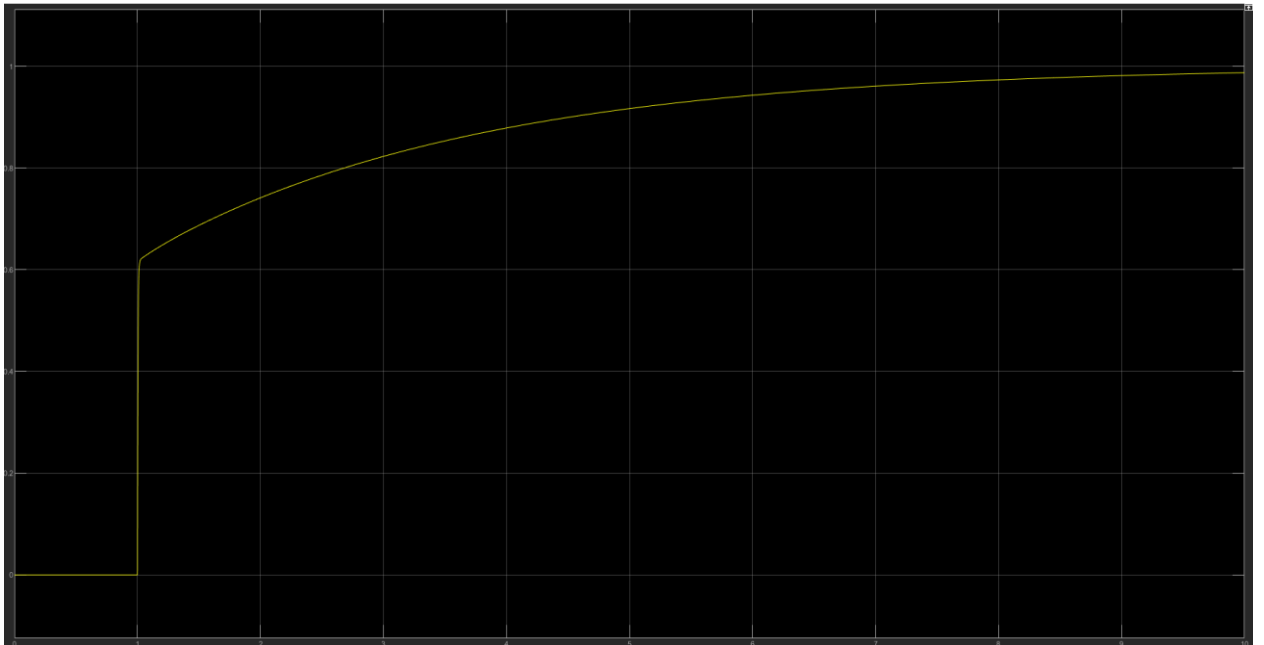


Рисунок 4.3 – Графік роботи системи керування без компенсатора

Після запуску симуляції результати показують, що система з ПІД-регулятором досягає бажаних характеристик, задовольняючи вимоги до перехідного процесу. Графіки в *Scope* показують стабільне регулювання температури з мінімальним перерегулюванням і досягненням встановленого значення за прийнятний час.

4.2. Синтез системи з компенсатором

Для підвищення ефективності системи керування теплообмінником у процесі атмосферно-вакуумної перегонки нафти було синтезовано систему керування з використанням компенсатора. Така система дозволяє покращити перехідні характеристики системи і забезпечити точніше підтримання температури продукту на виході.

На Рисунку 4.4 наведено схему системи керування з компенсатором.

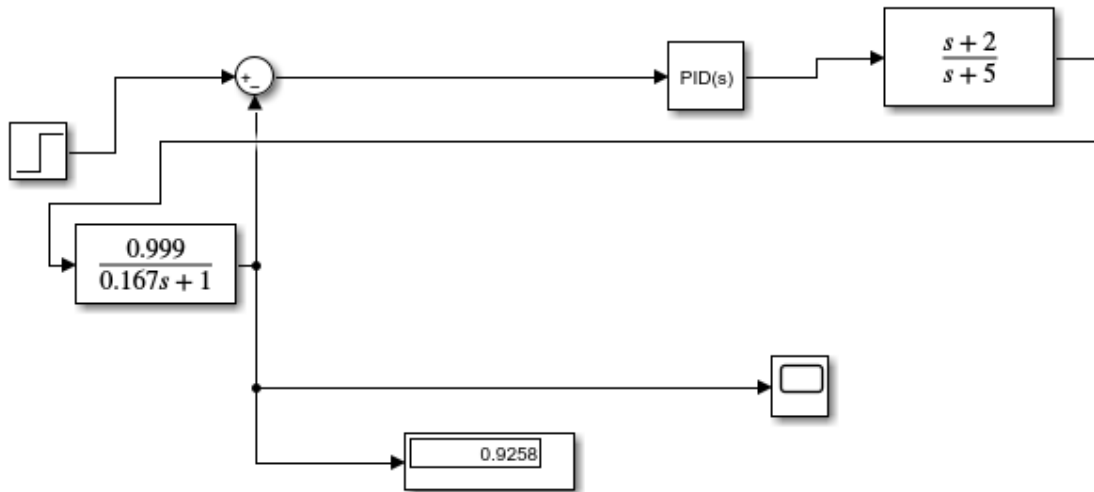


Рисунок 4.4. – Схема системи керування з компенсатором

Налаштування регулятора не змінюємо і отримуємо графік роботи системи керування з компенсатором (Рисунок. 4.5).

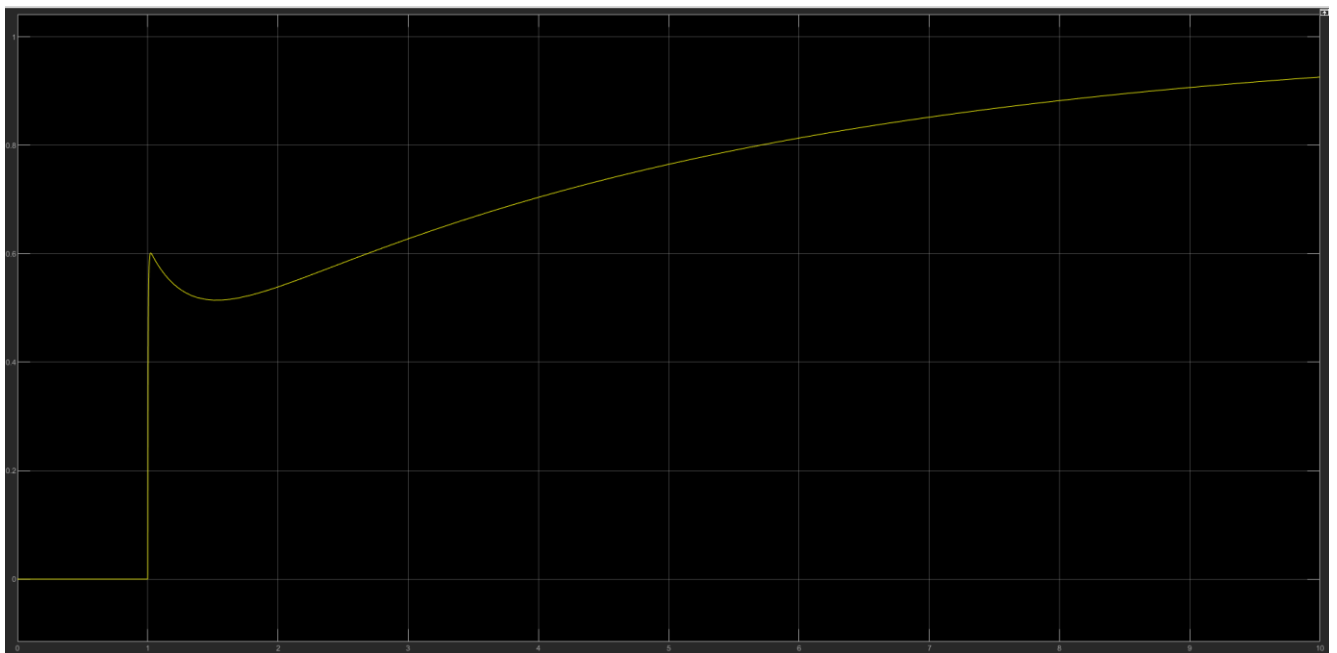


Рисунок 4.5 – Графік роботи системи керування з компенсатором

Проведення симуляції

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

Мова програмування *Python* є потужним і універсальним інструментом, який знайшов застосування у багатьох галузях, включаючи нафтопереробну промисловість. Завдяки своїй простоті, широкій бібліотечній підтримці та активній спільноті, Python став популярним вибором для автоматизації, аналізу даних, моделювання процесів та оптимізації в рамках атмосферно-вакуумної перегонки нафти. У цій статті розглянемо основні способи використання Python у цій галузі.

5.1 Автоматизація процесів за допомогою програмного забезпечення

5.1.1 Сценарії для автоматизації управління

Python широко використовується для автоматизації рутинних завдань управління процесами. Зокрема, бібліотеки *pyserial* дозволяють здійснювати комунікацію з програмованими логічними контролерами (COM1 в нашому прикладі), які керують різними аспектами перегонки нафти. На Рисунку 5.1 зображено опрацювання даних з під'юченого контролера, на прикладі COM1, для отримання рівня рідини та видання результату згідно умов. Можливі доопрацювання, це налаштування автоматизації через цикли та відправку повідомлень на контрольючих осіб каналами зв'язку.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 42 |

```

1  import serial
2
3  # Підключення до PLC через відповідний COM порт
4  ser = serial.Serial('COM1', 9600, timeout=1) # Змініть 'COM3' на ваш порт
5
6  # Функція для отримання рівня рідини з сенсорів
7  def read_level_sensor():
8      ser.write(b'READ_LEVEL')
9      level_data = ser.readline().decode('utf-8').strip()
10     return level_data
11
12 # Перевірка рівня рідини та керування процесом
13 def control_process():
14     liquid_level = read_level_sensor()
15     if liquid_level < 50:
16         print("Liquid level is low. Starting pump.")
17         # Код для запуску насосу
18     elif liquid_level > 90:
19         print("Liquid level is high. Stopping pump.")
20         # Код для зупинки насосу
21     else:
22         print("Liquid level is within acceptable range.")
23
24 # Виклик функції для автоматичного керування процесом
25 control_process()

```

Рисунок 5.1- Приклад коду для зчитування даних з логічного контролера

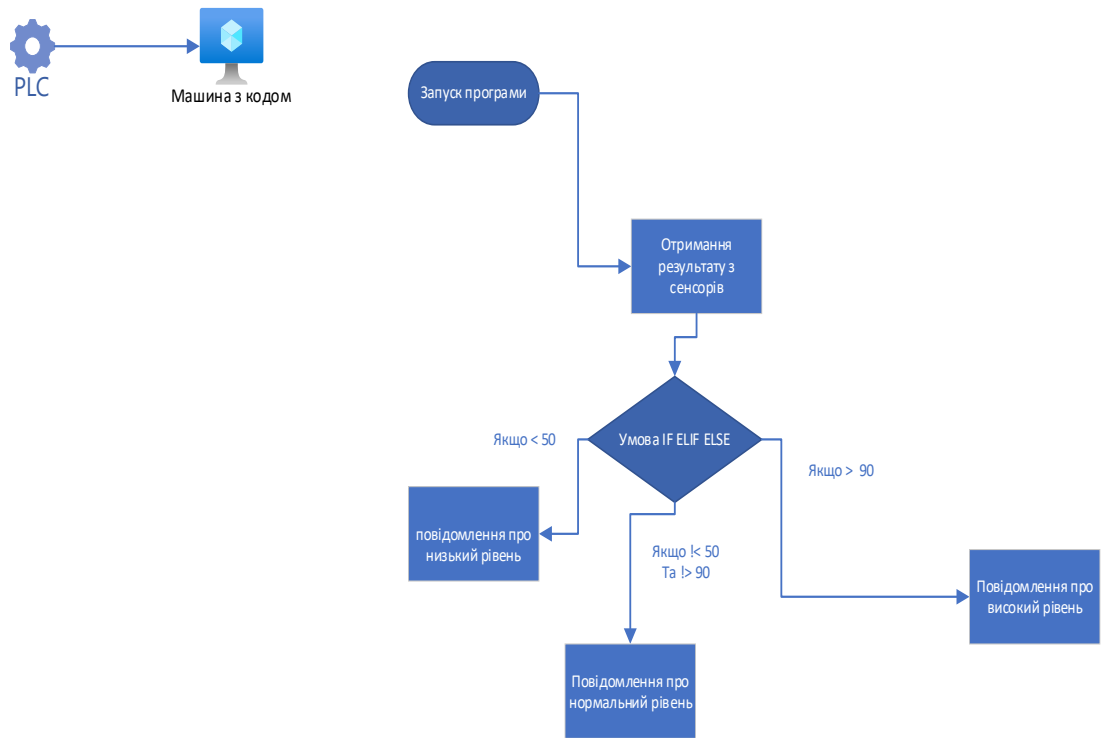


Рисунок 5.2 – Блок схема до Рисунок 5.1

Цей код відкриває серійне з'єднання з PLC, відправляє команду для зчитування даних з сенсора і виводить отримані дані. Python дозволяє легко інтегрувати різні частини системи управління, забезпечуючи високу гнучкість і ефективність.

5.2. Аналіз даних

5.2.1 Аналіз ефективності процесів

Python-бібліотеки *pandas* і *numpy* є основними інструментами для збору, обробки та аналізу даних. Вони дозволяють проводити складні розрахунки та аналіз великих обсягів даних з сенсорів та інших джерел. На Рисунку 5.3 наведений примітивний приклад коду, для аналізу даних з файлу. Можливі доопрацювання даного коду до виду додатку, з можливістю самостійного вибору файлу для аналізу та видачі необхідних даних.

```
1 import pandas as pd
2
3 # Завантаження даних з файлу
4 data = pd.read_csv('process_data.csv')
5
6 # Аналіз даних
7 average_temperature = data['temperature'].mean()
8 print(f'Average temperature: {average_temperature}')
```

Рисунок 5.3 – Приклад коду для аналізу даних

5.2.2 Візуалізація даних

Бібліотеки *matplotlib* і *seaborn* забезпечують потужні засоби для візуалізації даних. Це дозволяє створювати графіки, що допомагають зрозуміти тенденції та залежності в даних. На Рисунку 5.4 показує простий код для побудови графіку, згідно сформованого датасету з п.5.2.1.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import seaborn as sns
3
4 # Побудова графіка температури
5 sns.lineplot(x='time', y='temperature', data=data)
6 plt.xlabel('Time')
7 plt.ylabel('Temperature')
8 plt.title('Temperature Over Time')
9 plt.show()
```

Рисунок 5.4 – Приклад коду для побудови графіків

Візуалізація даних допомагає інженерам швидко виявляти аномалії та приймати обґрунтовані рішення для оптимізації процесів.

5.3. Моделювання

Python дозволяє моделювати різні процеси, що відбуваються під час перегонки нафти, за допомогою бібліотек *scipy* та *numpy*. Це дає можливість вирішувати диференціальні рівняння та аналізувати поведінку системи.

Бібліотека *scipy.optimize* дозволяє проводити оптимізацію параметрів процесу з метою підвищення ефективності та зниження витрат. На Рисунку 5.5 зображено код, який видає поведінку процесу згідно вхідних параметрів. Можлива оптимізація кода, це отримування даних з приладів, методом який зображено та описано в п.5.1.

```

1  import matplotlib.pyplot as plt
2  from scipy.integrate import odeint
3  import numpy as np
4
5  # Визначення моделі процесу
6  def process_model(y, t, k):
7      dydt = -k * y
8      return dydt
9
10 # Початкові умови
11 y0 = 5
12 t = np.linspace(0, 10, 100)
13 k = 0.3
14
15 # Рішення диференціального рівняння
16 y = odeint(process_model, y0, t, args=(k,))
17
18 # Візуалізація результатів моделювання
19 plt.plot(t, y)
20 plt.xlabel('Time')
21 plt.ylabel('Concentration')
22 plt.title('Concentration Over Time')
23 plt.show()

```

Рисунок 5.5 – приклад коду для аналізу поведінки системи

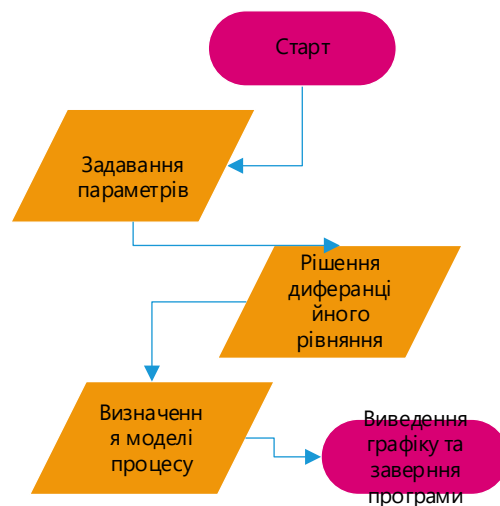


Рисунок 5.6 – Блок схема для коду з Рисунок 5.5

5.4. Машинне навчання та предиктивний аналіз

З використанням бібліотек *scikit-learn* та *tensorflow*, можна створювати моделі машинного навчання для передбачення несправностей обладнання на основі історичних даних. Це дозволяє проводити профілактичне обслуговування та уникати аварійних ситуацій. На Рисунку 5.7 зображено простий код, який оброблює дані з датасету та оцінює працездатності наявної моделі у відсотках.



```
1 import pandas as pd
2 from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
3 from sklearn.model_selection import train_test_split
4 from sklearn.metrics import accuracy_score
5
6 # Завантаження даних
7 data = pd.read_csv('equipment_data.csv')
8 X = data.drop('failure', axis=1)
9 y = data['failure']
10
11 # Розбиття даних на навчальну та тестову вибірки
12 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2)
13
14 # Навчання моделі
15 model = RandomForestClassifier()
16 model.fit(X_train, y_train)
17
18 # Передбачення
19 predictions = model.predict(X_test)
20
21 # Оцінка точності
22 accuracy = accuracy_score(y_test, predictions)
23 print(f'Accuracy: {accuracy}')
```

Рисунок 5.7 – Приклад коду для машинного навчання системи.

Цей приклад показує, як можна використовувати машинне навчання для передбачення несправностей обладнання, що дозволяє підвищити надійність та ефективність виробництва.

5.5 Візуалізація

Для атмосферно-вакуумної перегонки нафти через теплообмінник ми можемо використовувати модель машинного навчання для передбачення

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | 47 |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | temperature,pressure,failure | | | | | | | | |
| 2 | 132.3220255890987,67.4304216624926,1 | | | | | | | | |
| 3 | 157.27840495586292,20.8(5095652487466,1 | | | | | | | | |
| 4 | 140.41450641074658,58.066095668577816,1 | | | | | | | | |
| 5 | 131.73247744953454,76.70163127528389,1 | | | | | | | | |
| 6 | 113.5482199008357,23.518034561927248,1 | | | | | | | | |
| 7 | 146.88411695999844,90.3617186418984,0 | | | | | | | | |
| 8 | 115.63808168940388,61.60651333085384,1 | | | | | | | | |
| 9 | 183.76595011731197,22.452883866057434,0 | | | | | | | | |
| 10 | 194.5494140751544,37.95308895366722,0 | | | | | | | | |
| 11 | 107.51622782386666,96.29405571418503,0 | | | | | | | | |
| 12 | 168.7587557123997,66.58557864416443,0 | | | | | | | | |
| 13 | 129.33423796293567,28.59780542150436,0 | | | | | | | | |
| 14 | 135.20668416408984,43.00356018244492,1 | | | | | | | | |
| 15 | 188.83949574389916,56.53629006883874,0 | | | | | | | | |
| 16 | 60.65540872968304,21.676005541418437,0 | | | | | | | | |
| 17 | 63.069394955231104,52.92924108910071,1 | | | | | | | | |
| 18 | 53.03275961604886,59.15669083477585,0 | | | | | | | | |

Рисунок 5.9 – Сформований датасет

На Рисунку 5.10 зображено веб-сервер запущений за допомогою бібліотеки *Flask-Python* який запускає написані веб-сайти які зображені на Рисунку 5.11 та Рисунку 5.12 написані на мові розмітки *HTML5*:

```

1 from flask import Flask, render_template, request
2 from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
3 import pandas as pd
4
5 app = Flask(__name__)
6
7 # Завантаження даних
8 data = pd.read_csv('equipment_data.csv')
9 X = data[['temperature', 'pressure']] # Ознаки
10 y = data['failure'] # Цільова змінна
11
12 # Навчання моделі
13 model = RandomForestClassifier()
14 model.fit(X, y)
15
16 # Шаблон головної сторінки
17 @app.route('/')
18 def index():
19     return render_template('index.html')
20
21 # Обробник форми передбачення
22 @app.route('/predict', methods=['POST'])
23 def predict():
24     # Отримання введених даних з форми
25     temperature = float(request.form['temperature'])
26     pressure = float(request.form['pressure'])
27
28     # Передбачення за допомогою моделі
29     prediction = model.predict([[temperature, pressure]])
30
31     # Визначення результату передбачення
32     result = "Equipment is predicted to have failure" if prediction[0] == 0 else "Equipment is predicted to be operational"
33
34     # Повернення результату на сторінку
35     return render_template('result.html', result=result)
36
37 if __name__ == '__main__':
38     app.run(debug=True)

```

Enter Equipment Data

Temperature:

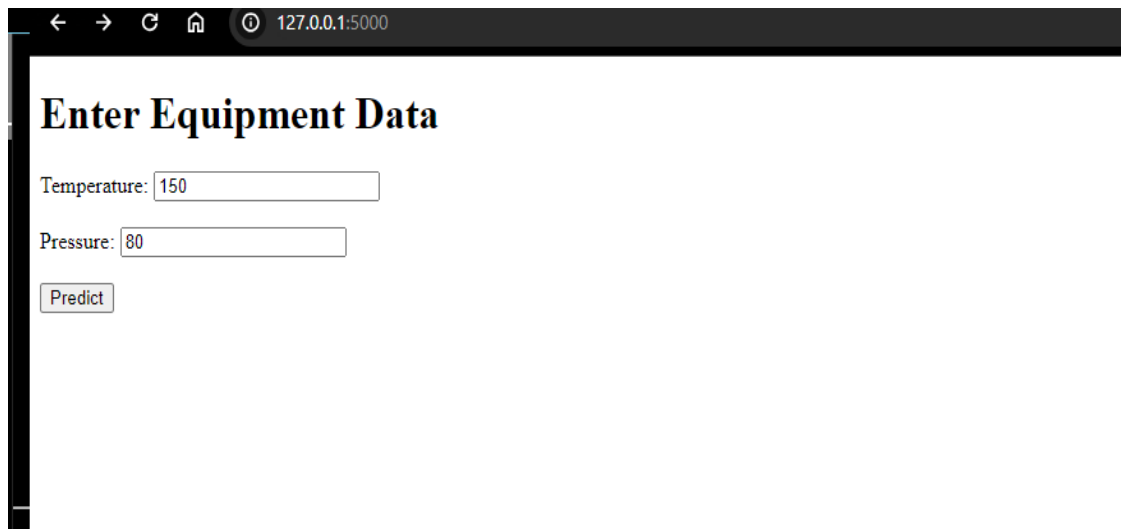
Pressure:

Prediction Result

Equipment is predicted to be operational

[Back to Input](#)

Рисунок 5.13 – Повідомлення про успішний результат



| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

розділі 5 несе демонстраційний характер та за потреби використання даного методу автоматизації може буде змінений до автоматичного підбору даних з конфігураційних файлів, баз даних, датасетів. Можливе доопрацювання про автоматичне оповіщення на різні канали зв'язку від корпоративної пошти до месенджерів та голосових оповіщень. Можливі доопрацювання з запуском програмного коду з інших джерел та інших скриптів за допомогою відповідних бібліотек. Весь програмний код налаштовуються залежно від умов та потреб в індивідуальному порядку.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 53 |

6.1. Пожежна небезпека на підприємстві

Причини виникнення пожеж на нафтопереробних заводах:

Нафтоперобні заводи є об'єктами підвищеної пожежної небезпеки через наступні фактори:

1. Технічні несправності та аварії
 - Витоки нафти та нафтопродуктів.
 - Пошкодження тробопроводів.
 - Прегрів обладнання.
 - Коротке замикання в електрообладнанні.
2. Неправильне поводження з легкозаймистими матеріалами:
 - Порушення технологічних процесів.
 - Залишення відкритого вогню або іскри поблизу легкозаймистих речовин.
 - Недотримання правил зберігання горючих речовин.
3. Людський фактор
 - Порушення правил безпеки при виконанні робіт.
 - Куріння в заборонених місцях.
 - Недбале поводження з обладнанням.
4. Природні фактори:
 - Блискавки.
 - Високі температури та посухи

Запобігання пожежам

Для запобігання виникненню пожеж на нафтопереробному заводі необхідно здійснювати наступні заходи:

1. Організаційні заходи:
 - Розробка та впровадження планів евакуації.
 - Регулярні інструктажі та навчання для працівників.
 - Створення добровільних пожежних дружин.
2. Технічні заходи:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

- Встановлення автоматичних систем пожежної сигналізації та гасіння.
- Регулярне технічне обслуговування та перевірка стану обладнання.
- Використання вогнестійких матеріалів для будівництва та обробки приміщень.

3. Організація робочих процесів:

- Заборона куріння в недозволених місцях.
- Дотримання правил зберігання та транспортування легкозаймистих речовин.
- Контроль за роботою електрообладнання та уникнення його перегріву.

Кількість вогнегасників для приміщення 70 м²:

Відповідно до нормативних документів, кількість вогнегасників для приміщення визначається з урахуванням його площі та типу пожежної небезпеки. Для приміщення площею 70 м² на нафтопереробному заводі рекомендується наступне:

1. Порошкові вогнегасники:

- Один вогнегасник з масою заряду не менше 5 кг на кожні 50 м². Отже, для приміщення площею 70 м² потрібно як мінімум 2 порошкових вогнегасники.

2. Вуглекислотні вогнегасники:

- Один вогнегасник з масою заряду не менше 3 кг на кожні 50 м². Отже, для приміщення площею 70 м² потрібно як мінімум 2 вуглекислотних вогнегасники.

Загальна рекомендація для приміщення площею 70 м²:

- 2 порошкових вогнегасники (по 5 кг кожен).
- 2 вуглекислотних вогнегасники (по 3 кг кожен).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Основні параметри мікроклімату

Температура повітря:

- Виробничі приміщення: від 18 до 28 °С в залежності від сезону та виду робіт.
- Адміністративні приміщення: від 20 до 24 °С.
- Електротехнічні приміщення: підтримка температури в межах 18-22 °С для запобігання перегріву обладнання.

Вологість повітря:

- Оптимальний рівень вологості: 40-60%.
- Максимально допустима вологість: не більше 75%.

Швидкість руху повітря:

- Виробничі приміщення: не більше 0,3 м/с для запобігання утворенню протягів.
- Адміністративні приміщення: 0,1-0,2 м/с.
- Електротехнічні приміщення: до 0,2 м/с.

Рівень теплового випромінювання:

- Допустимий рівень теплового випромінювання: не більше 100 Вт/м².
- Використання теплових екранів та ізоляції для зниження теплового випромінювання від обладнання.

Заходи для забезпечення оптимального мікроклімату

Вентиляція та кондиціонування:

- Використання систем механічної та природної вентиляції для забезпечення обміну повітря.
- Встановлення кондиціонерів у приміщеннях з підвищеним тепловиділенням.

Теплова ізоляція та екранування:

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 58 |

- Державні будівельні норми (ДБН) В.2.5-27-2006 "Електропостачання об'єктів цивільного призначення":

Основні заходи з електробезпеки

Організаційні заходи:

- Призначення відповідальних за електробезпеку осіб.
- Проведення регулярних інструктажів та навчань для працівників.
- Забезпечення належного маркування електрообладнання.

Технічні заходи:

- Встановлення захисних пристроїв: автоматичних вимикачів, пристроїв захисного відключення (ПЗВ).
- Використання якісного та сертифікованого електрообладнання.
- Регулярний технічний огляд та обслуговування електроустановок.

Організація робочих місць:

- Забезпечення наявності ізолюючих підставок та килимків.
- Організація безпечних зон навколо електрообладнання.
- Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): діелектричних рукавичок, взуття, інструментів.

Контроль та моніторинг:

- Регулярний контроль за станом електроустановок.
- Проведення періодичних перевірок опору ізоляції.
- Організація постійного моніторингу за показниками електричних систем.

Вимоги до електробезпеки в різних приміщеннях

Виробничі приміщення:

- Використання вибухозахищеного електрообладнання.
- Застосування спеціальних систем вентиляції для відведення вибухонебезпечних парів.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | <i>60</i> |

Організаційні заходи:

- Призначення відповідальних за електробезпеку осіб.
- Проведення інструктажів та навчань для персоналу.
- Ведення журналу обліку інструктажів.

Технічні заходи:

- Встановлення захисних пристроїв: ПЗВ, автоматичних вимикачів.
- Використання сертифікованого електрообладнання.
- Регулярний технічний огляд та обслуговування електроустановок.

Забезпечення робочих місць:

- Організація безпечних зон навколо електрообладнання.
- Використання ізолюючих підставок та килимків.
- Забезпечення ЗІЗ: діелектричні рукавички, взуття, інструменти.

Контроль та моніторинг:

- Регулярний контроль стану електроустановок.
- Проведення періодичних перевірок опору ізоляції.
- Організація постійного моніторингу за параметрами електричних систем.

Дії у разі аварійних ситуацій:

- негайне відключення електроустановки в разі аварійної ситуації.
- Інформування відповідальної особи та керівництва про аварію.
- Надання першої допомоги постраждалим.

Кількість вогнегасників для електротехнічних приміщень

Для електротехнічних приміщень, таких як електрощитові та трансформаторні підстанції, кількість вогнегасників визначається з урахуванням площі приміщення та нормативних вимог:

Вуглекислотні вогнегасники:

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 62 |

Будівельні та ремонтні роботи:

- Використання важкої будівельної техніки.
- Зварювальні роботи та роботи з різання металу.

Заходи щодо запобігання та зниження рівня шуму та вібрації

Організаційні заходи:

- Обмеження часу роботи в умовах підвищеного шуму та вібрації.
- Організація робочих місць з урахуванням зниження впливу шуму та вібрації.
- Проведення інструктажів та навчань з охорони праці.

Технічні заходи:

- Використання сучасного та малошумного обладнання.
- Встановлення глушників, амортизаторів та інших шумопоглинаючих засобів.
- Віброізоляція обладнання та робочих місць.

Індивідуальні засоби захисту:

- Використання засобів індивідуального захисту органів слуху (наушники, вкладиші).
- Застосування спеціальних рукавичок та взуття для захисту від вібрації.

Контроль та моніторинг:

- Регулярний контроль рівнів шуму та вібрації на робочих місцях.
- Проведення аудиту та оцінки умов праці щодо шуму та вібрації.
- Використання шумомірів та віброметрів для вимірювання рівнів шуму та вібрації.

Вимоги до робочих місць

Виробничі приміщення:

- Обладнання приміщень шумопоглинаючими матеріалами.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 64 |

- Забезпечення належної вентиляції для зниження впливу шуму.

Складські приміщення:

- Організація зон для зберігання шумного обладнання.
- Використання амортизуючих підкладок для зниження вібрації.

Лабораторії:

- Використання спеціальних столів та підставок з віброізоляцією.
- Забезпечення належної звукоізоляції приміщень.

Адміністративні приміщення:

- Встановлення звукоізолюючих перегородок.
- Забезпечення комфортних умов праці шляхом зниження рівня шуму.

Приклад інструкції з охорони праці щодо шуму та вібрації

Інструкція з охорони праці для зниження впливу шуму та вібрації на нафтопереробному заводі.

Загальні положення:

Інструкція визначає основні заходи для забезпечення безпеки працівників від впливу шуму та вібрації. Обов'язкове дотримання всіх вимог цієї інструкції для всіх працівників.

Організаційні заходи:

- Обмеження часу роботи в умовах підвищеного шуму та вібрації.
- Проведення регулярних інструктажів та навчань.

Технічні заходи:

- Використання сучасного та малошумного обладнання.
- Встановлення шумопоглинаючих пристроїв та віброізоляції.

Індивідуальні засоби захисту:

- Використання засобів індивідуального захисту органів слуху та вібрації.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 65 |

ВИСНОВОК

В дипломному проєкті на ступінь бакалавра був проведений аналіз атмосферно-вакуумної переробки нафти. Під час виконання диплому було створено схему автоматизації. Проведено аналіз теплообмінника як об'єкта керування. Складено статичну і динамічну модель для теплообмінника та рівняння передатної функції. Було досліджено процес роботи схеми з ПД-регулятором в статичному та динамічному стані. Надані рекомендації щодо налаштувань параметрів регулятора для забезпечення заданих параметрів якості керування. Розроблено програмні коди для моніторингу та контролю технічних процесів та системи контролю підтримки температури, тиску тощо. Всі процесу контролю налаштовано через навчання нейронної мережі для покращення системи моніторингу. У проєкті надані рекомендації відносно заходів з охорони праці, що відповідають чинному законодавству України. Зокрема, було проведено оцінку ризиків на виробництві, визначено потенційні небезпеки та розроблено заходи для їх мінімізації. Було враховано вимоги Державних санітарних норм і правил та інших нормативних документів, що регулюють безпечну експлуатацію обладнання на нафтопереробних підприємствах.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДПЛА0104.03.00.000ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 67 |

6. А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. Математичне моделювання процесів і систем. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133с.

7. J. H. Gary, G. E. Handwerk & M. J. Kaiser. Petroleum Refining: Technology and Economics. CRC Press, 2007. – 448с.

8. D. S. J. Jones, & P. R. Pujadó. Handbook of Petroleum Processing. Springer, 2006. – 1356с.

9. M. A. Fahim, T. A. Al-Sahhaf, & A. Elkilani. Fundamentals of Petroleum Refining. Elsevier, 2009. – 516с.

10. J. G. Speight. "The Chemistry and Technology of Petroleum". CRC Press, 2014. – 953с.

11. Л. В. Боровикова & М. А. Галицький. "Технологія переробки нафти та газу", 2005. – 558с.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ДПЛА0104.03.00.000ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 69 |

| Позиція на схемі | Назва параметра | Середовище, місце відбору інформації | Граничне значення пара | Місце монтажу | Назва та характеристика | Тип моделі | К-сть | Завод-виробник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|------|----------|--------|------|--------------------|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Устаткування та прилади | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5-1 | Температура | Суміш компонентів | 140 °C | Корпус, Ректифікаційна колона | Термоперетворювач опору мідний НСХ 50М, діапазон вимірювання (-50)...150 °C, $P_{\max} = 0,63$ МПа, довжина монтажної частини 120...2000 мм, захисна арматура – сталь 10X1713M2T; інерційність 20 с, клас допуску B | ТСМ-1187 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17-1 | Температура | Суміш компонентів | 140 °C | Корпус, Ректифікаційна колона | | ТСП-1288 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-1 | Температура | Мазут | 365 °C | Трубопровід | | Термоелектричний перетворювач, НСХ А-1, діапазон вимірювання 0...2200 (2500) °C, захисна арматура – оксид берилію, довжина монтажної частини 500 мм; діаметр захисної арматури 10 мм; умовний тиск – атмосферний або вакуум; інерційність 30 с; клас допуску 2 | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td colspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">ДПЛА01.04.00.000ПЗ</td> <td>Арк</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td>70</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДПЛА01.04.00.000ПЗ | | | Арк | | | | | | | | | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДПЛА01.04.00.000ПЗ | | | Арк | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|-------------|-------|--------|-------------|---|----------|---|--|
| 4-1 | Температура | нафта | 400 °С | Трубопровід | <p>Термоелектричний перетворювач, НСХ А-1, діапазон вимірювання 0...2200 (2500) °С захисна арматура –оксид берилію, довжина монтажної частини 500 мм; діаметр захисної арматури 10 мм; умовний тиск – атмосферний або вакуум; інерційність 30 с; клас допуску 2</p> | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 8-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 9-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 10-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 11-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |

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

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

71

| | | | | | | | | |
|------|-------------|--------|--------|-------------|--|-----------|---|--|
| | | | | | | | | івний 3-д, м. Луцьк |
| 20-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 21-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 22-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 23-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 24-1 | Температура | нафта | 400 °С | Конденсатор | | ТВР-3488 | 1 | НВО «Електротермія», Приладобудівний 3-д, м. Луцьк |
| 27-1 | Температура | Вакуум | 15 °С | Трубопровід | Термоперетворювач опору мідний з уніфікованим вихідним сигналом, НСХ 50М, захисна арматура – сталь 10Х18Н10Т, діапазон вимірювання | ТСМУ-0288 | 1 | НВФ «АГАТ-1», м. Харків |

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

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

72

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|-------------|---|---|---------------------------|--|----------------|----|--|
| 4-2,8- 2,9- 2,10- 2,11- 2,20- 2,21- 2,22- 2,23- 2,24-2 | Температура | - | - | Щит перетворюв ачів | (-25)...25 °С, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм; основна похибка 0,5 %; $I_{\text{вих}}=0...5$ мА | ІТМ- 11 | 10 | ВАТ «Підприємс тво “МІКРОЛ”» м. Івано- Франківськ |
| 27-2,27- 3 | Температура | - | - | Щит ке- рування | Автоматичний багатоканальний показувальний і реєструвальний прилад із цифровою індикацією та неперервним (Fluke 572-2 – точковим) записом на діаграмній стрічці; вхідні сигнали: 0...100 мВ, 0...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; інтерфейс RS-232; граничнодопустима основна похибка показань 0,2 % , реєстрації 1 % | Fluke 572-2 | 2 | Fluke Corporation, м. Еверетт, Вашингтон, США |
| f | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

73

| | | | | | | | | |
|------|--------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--|-------------|---|--|
| 7-1 | Рівень | Ректифікаційна колона | 0,7...4,2 м | Корпус ректифікаційної колони | Радарний рівнемір, FMCW-радар (8,5-9,9 ГГц), рідина/сипучі матеріали, 0...40 м, температура до 250С, тиск до 400 bar | BM 70-P | 1 | м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ» |
| 19-1 | Рівень | Ректифікаційна колона | 0,7...4,2 м | Корпус ректифікаційної колони | Радарний рівнемір, FMCW-радар (8,5-9,9 ГГц), рідина/сипучі матеріали, 0...40м, температура до 250С, тиск до 400 bar | BM 70-P | 1 | м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ» |
| 6-2 | Рівень | - | - | Щит керування | Автоматичний багатоканальний показувальний і реєструвальний прилад із цифровою індикацією; вхідні сигнали: 0...100 мВ, 0...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; інтерфейс RS-232; граничнодопустима основна похибка показань 0,2 %, реєстрації 1 % | Fluke 572-2 | 2 | Fluke Corporation, м. Еверетт, Вашингтон, США |
| 19-2 | | | | | | | | |
| 6-3 | Рівень | - | - | Щит керування | Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; | ITM-11 | 2 | ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано- |

| | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

74

| | | | | | | | | |
|--------------|------|-------------------|-----------|---------------|---|--------------------|---|--|
| 19-3 | | | | | НСХ перетворювачів: термоелектричних – А-1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; граничнодопустима основна зведена похибка 0,2 %; цифрова індикація; формує сигнали технологічної сигналізації | | | Франківськ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6-1, 18-1 | Тиск | Суміш-компонентів | 0...1 МПа | Місцевий | Вимірювальний тензоперетворювач різниці тисків, $\Delta P_{\max} = 1,6$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 06ХН28МДТ; клас точності 0,25; $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА | САФІР-М, мод.2460 | 2 | ЗАТ «Манометр», м. Харків |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6-2, 18-2 | Тиск | - | - | Щит керування | Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПІД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ ТП – В, К, L, S, А-1; НСХ ТО – 50П, 100П ($W_{100}=1,385; 1,391$), 50М, 100М; 0-10 мГн, ± 10 мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА, граничнодопустима основна похибка показань 0,5 % , реєстрації 1 % ; $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485 | Kistler Type 4503B | 2 | «Kistler Instrumente AG» м. Вінтертур, Швейцарія |

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

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

75

| | | | | | | | | |
|------|---------|--|---|-------------|--|--------------------|---|---|
| 1-1 | Витрата | Трубопровід, повітря | - | Трубопровід | Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 150$ мм; граничнодопустима основна похибка 1,5 % | ДКС 0,6– 150 | 9 | ВАТ «Промприла Д», м. Івано- Франківськ |
| 2-1 | Витрата | Трубопровід, природний газ | - | Трубопровід | | | | |
| 3-1 | Витрата | Трубопровід, нафта | - | Трубопровід | | | | |
| 12-1 | Витрата | Трубопровід, флегма | - | Трубопровід | | | | |
| 13-1 | Витрата | Трубопровід, кислоти | - | Трубопровід | | | | |
| 14-1 | Витрата | Трубопровід, повітря | - | Трубопровід | | | | |
| 15-1 | Витрата | Трубопровід, Природний газ | - | Трубопровід | | | | |
| 25-1 | Витрата | Трубопровід, веретенський дистилят | - | Трубопровід | | | | |
| 26-1 | Витрата | Трубопровід, нафта | - | Трубопровід | | | | |
| 28-1 | Витрата | Трубопровід, вода | - | Трубопровід | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

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

ДПЛА01.04.00.000ПЗ

Арк

76

| | | | | | | | | |
|--|---------|---|---|----------|--|--------------------------|----|--|
| 1-2, 2-2, 3-2, 12-2, 13-2, 14-2, 15-2, 25-2, 26-2, 28-2, | Витрата | - | - | Місцевий | Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску з блоком добування квадратного кореня, $\Delta P_{\max} = 0,4$ МПа, температура $5 \dots 50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, граничнодопустима основна похибка $0,25$ %; $I_{\text{вих}} = 0 \dots 5; 0(4) \dots 20$ мА | «Сапф ір-22ДД», мод.2450 | 10 | ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Електроапарати

| | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------|---|--------|---|---------------------------------------|
| <i>HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6</i> | | | | Щит керування | Лампа сигнальна світлодіодна (<i>LED</i>) з жовтим індикатором (матриця), $W_{\max} = 0,01$ Вт, $U_{\text{ном}} = 230$ В, 50 Гц, монтажна глибина ніші: 72,5 мм; кріплення на <i>DIN</i> -рейку | ЛС-47М | 6 | ІЕК Україна, м. Вишневе Київська обл. |
|---|--|--|--|---------------|---|--------|---|---------------------------------------|

Додаток 1

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------------------------|-----|
| | | | | | <i>ДПЛА01.04.00.000ПЗ</i> | Арк |
| Зм. | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата | | 77 |