

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Другий (магістрський)
Освітній рівень

Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу
Назва теми

КвРАКІТ.2022176.01.15.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Шифр, назва

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

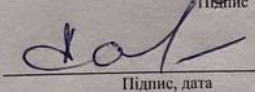
Виконав:

студент II курсу, група АКІТм-22-1


Підпис

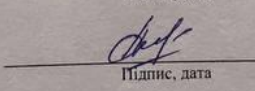
Роман ТИМЧИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 20 » грудня 2023 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Освітній рівень другий (магістерський)
Галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 - Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою АКІТ В. В. Мартинюк
" 01 " 09 2023 р.


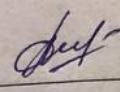

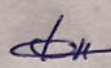
**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ**

Тимчику Роману Сергійовичу

- Тема роботи Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу
Керівник роботи Сельський Андрій Анатолійович, к.ф.-м.н., доцент
Затверджено наказом ректора університету від « 15 » 08 2023р. № 30
- Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2023 р.
- Вихідні дані до роботи (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)
Мета роботи моделювання автоматизованої системи керування температурою ректифікаційної колони К-2 технологічного процесу каталітичного риформінгу, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи в якості цифрового двійника.
Об'єкт дослідження - процеси каталітичного риформінгу в автоматизованій системі.
Предмет дослідження - методи та алгоритми керування технологічним процесом каталітичного риформінгу.
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Проблематика організації технологічного процесу каталітичного риформінгу. Моделювання автоматичної системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу. Розробка алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу. Дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу. Висновки.

Завдання отримав _____

Науковий керівник _____

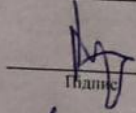
Консультанти розділів кваліфікаційної роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		

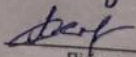
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	20.09.2023р.	виконано
2	Проблематика організації технологічного процесу каталітичного риформінгу	15.10.2023р.	виконано
3	Моделювання автоматичної системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу	30.10.2023р.	виконано
4	Розробка алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу	15.11.2023р.	виконано
5	Дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу	25.11.2023р.	виконано
6	Висновки	30.11.2023р.	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	01.12.2023р.	виконано
8	Оформлення презентаційних матеріалів	01.12.2023р.	виконано

Студент

Керівник роботи


Підпис


Підпис

Тимчик Р.С.
Прізвище, ініціали

Сельський А.А.
Прізвище, ініціали

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу»

Автор роботи: Тимчик Роман Сергійович

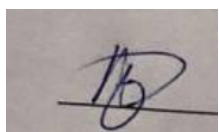
Керівник роботи: Сельський Андрій Анатолійович

Пояснювальна записка: 81 стор., 27 рис., 3 дод., 70 джерела.

Графічна частина: 16 презентаційних слайдів.

КАТАЛІТИЧНИЙ РИФОРМІНГ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ.

Мета роботи: моделювання автоматизованої системи керування температурою ректифікаційної колони К-2 технологічного процесу каталітичного риформінгу, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи в якості цифрового двійника. Виконано регулювання технологічних параметрів. Здійснено видачу інформації про перебіг ТП в реальному часі на станціях відображення інформації (наприклад, АРМ оператора). Виконано збір та архівування оперативної інформації про роботу установки. Виконано необхідний контроль аварійних відхилень технологічних параметрів. Виконано автоматичний захист та блокування обладнання.



Підпис студента

15.12.2023

Дата

	с.
ВСТУП	4
1 ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	8
1.1 Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень технологічного процесу каталітичного риформінгу	10
1.2 Аналіз основних факторів технологічного процесу підготовки суміші для каталітичного риформінгу	21
1.3 Постановка завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші	25
1.4 Висновки до першого розділу	25
2 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	27
2.1 Визначення динамічних характеристик об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу	27
2.2 Підбір типу регулятора та відповідного закону регулювання	31
2.3 Налаштування параметрів регулятора	33
2.4 Оцінка якості регулювання ПІД-регулятора	34
2.5 Визначення стійкості замкнутої АСК рівня температури	38
2.6 Висновки до другого розділу	41
3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	42
3.1 Опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу каталітичного риформінгу	42
3.2 Підбір виконавчих механізмів для виконання технологічного процесу каталітичного риформінгу	43
3.3 Підбір PLC для виконання технологічного процесу каталітичного риформінгу	46

3.4 Розробка алгоритмів системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу	53
3.5 Висновки до третього розділу	56
4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ	57
4.1 Розроблення нижнього рівня системи керування технологічним процесом	57
4.2 Розроблення системи ПАЗ для технологічного процесу	60
4.3 Розроблення верхнього рівня системи керування технологічним процесом	62
4.4 Обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня	66
4.5 Висновки до четвертого розділу	71
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
ДОДАТКИ	81

ВСТУП

Відомо, що установка каталітичного риформінгу призначена для технологічного процесу (ТП) отримання високооктанових компонентів для автомобільних бензинів, таких як: бензин каталітичного риформінгу з октановим числом до ста пунктів за дослідницьким методом та стабільний ізомеризату з октановим числом, що вищі на 10 пунктів, ніж сама вихідна сировина [1-6].

Новий проєкт блоку підготовки сировини (реконструкція каталітичного риформінгу за технологією DUALFORMING) раніше було виконано спільно із фірмою TechnipFMC (Франція) [7]. Розробник ТП каталітичного риформінгу - IFP Energies nouvelles (IFPEN) [8], введення установки в експлуатацію після виконаної реконструкції – 1997 рік.

Оскільки на установці була проведена реконструкція, то рівень автоматизації ТП є досить високим. Проте на запропонованій установці каталітичного риформінгу (КР) можна виділити низку недоліків.

Основним недоліком є те, що система керування (СК) як на верхньому, так і на нижньому рівні орієнтована на використання апаратних, програмних та мережевих засобів однієї фірми, як наслідок, неможливість модернізації СК після закінчення дії контракту із фірмою-виробником.

Крім того, відзначено наступні недоліки:

- на установці КР не ведеться довготривалого архіву технологічних параметрів;
- встановлена система верхнього рівня СК Modumat 8000 не підтримує низку загальноприйнятих промислових стандартів;
- низька за сучасними мірками швидкість передачі даних на контролерному рівні керування;
- відсутність резервування даних на мережевому та контролерному рівнях.

Метою роботи є моделювання автоматизованої системи керування температурою ректифікаційної колони К-2 технологічного процесу

каталітичного риформінгу, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи в якості цифрового двійника.

Для досягнення даної мети роботи необхідно вирішити наступні **завдання**:

- виконання регулювання технологічних параметрів;
- здійснення видачі інформації про перебіг ТП в реальному часі на станціях відображення інформації (наприклад, АРМ оператора);
- виконання збору та архівування оперативної інформації про роботу установки;
- виконання необхідного контролю аварійних відхилень технологічних параметрів;
- виконання автоматичного захисту та блокування обладнання.

Об'єктом дослідження є процеси каталітичного риформінгу в автоматизованій системі.

Предметом дослідження є методи та алгоритми керування технологічним процесом каталітичного риформінгу.

Методи досліджень.

Використовувались основні положення системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.), теорії моделювання процесів та загальної теорії систем, Внаслідок проведення моделювання процесу та розроблення методу керування каталітичним риформінгом використано методи теоретико-множинних підходи, алгебру систем, евристичні оцінки, апарат модельно-орієнтованих підходів, концептуального моделювання, принципи побудови баз знань та формування логічного висновку.

Наукова новизна отриманих результатів: розроблено модель кіберфізичної системи автоматичного керування технологічним процесом каталітичним риформінгом бензинової суміші в режимі реального часу.

Практична значимість отриманих результатів: розробленні програмно-технічні засоби для керування технологічним процесом каталітичного риформінгу бензинової суміші.

Апробація результатів дослідження: участь у науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених в м. Хмельницький, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в збірнику наукових праць «Технічна творчість» №7 за 2023 рік.

Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 81 сторінку комп'ютерного тексту, у тому числі: 27 рисунків, список використаних джерел вміщує 70 найменувань.

У вступі виконано опис актуальності задачі, сформульовано завдання для досліджень та мету роботи, представлено основні наукові результати та практичну цінність.

У першому розділі кваліфікаційної роботи магістра наведено аналітичний огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень та аналіз основних факторів технологічного процесу підготовки суміші для каталітичного риформінгу. На основі якого було виконано постановку завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші.

У другому розділі кваліфікаційної роботи магістра визначено динамічні характеристики об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу, після чого підібрано тип регулятора та закон регулювання, виконано налаштування параметрів регулятора та проведено оцінку якості регулювання ПД-регулятора. Визначено стійкість замкнутої АСК рівня температури за допомогою програмного пакету MathCad.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи магістра було виконано розробку алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу, для цього описано функціональні схеми автоматизації, виконано підбір виконавчих механізмів та PLC на основі яких і створено блок-схеми необхідних алгоритмів керування.

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи магістра виконано аналітичні дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного

риформінгу, для цього було виконано розроблення нижнього рівня системи керування, системи ПАЗ, верхнього рівня системи керування технологічним процесом. Представлено обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня.

У висновках по магістерській кваліфікаційній роботі наведено отримані результати роботи «Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу».

1 ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

Як загально відомо каталітичний риформінг призначено для підвищення детонаційної стійкості бензинових сумішей та отримання ароматичних вуглеводнів. Риформінг - базовий спосіб отримання високооктанових бензинів (марки АИ-95, АИ-98). Основною сировиною для установок каталітичного риформінгу є бензинові фракції прямої перегонки. В перспективі планується використовувати в якості сировини бензин із синтез-газу, а також бензин гідрогенізації вугілля та сланців. ТП риформінгу виконується при рівнях температури в діапазоні від 470°C до 530°C та рівню тиску в діапазоні від 2 до 4 МПа при використанні молібденового (гідроформінг) або платинового (платформінг) каталізаторів у водневому середовищі. Платформінг, як більш зручний і безпечний процес, суттєво витіснив гідроформінг [5, 9, 10].

Для проходження ТП платформінгу із використанням рухомого каталізатору, який циркулює між реактором та спеціальним регенератором, три реактори, виконані у вигляді одного колонного апарата різного діаметра, розташовують один над одним вертикально. Каталізатор з першого (верхнього) реактора переміщується в другий, а з другого, відповідно, в третій. З нижнього реактора каталізатор передається в регенератор [5, 9, 10].

Технологічну схему установки КР представлено на рисунку 1.1 [11, 12]. Суміш за допомогою насосу 5 транспортується в теплообмінник 6, заздалегідь змішуючись із циркуляційним водневмісним газом, а тому потрапляє у змішувач першої секції багатосекційної печі 7. Після нагрівання до 520 °C газосировинна суміш транспортується в реактор платформінгу 2. Проміжне підігрівання суміші буде відбуватись в змішувачах наступних секцій печі 7. Продукти реакції після виходу з реактора 4 транспортуються крізь систему регенерації тепла (теплообмінник 6 та спеціальний водяний холодильник 8).

На відміну від звичайних схем розділення газової та рідкої фаз суміші

відбувається в газосепараторі 9 низького тиску (менше 1 МПа). Газова фаза із газосепаратора низького тиску 9 стискається компресором 15 до тиску 1,5 МПа, змішується з рідкою фазою, подаваною за допомогою насосу 11, після чого суміш охолоджується в холодильнику 13 та знову розділяється в газосепараторі високого тиску 12. Така послідовність сепарації, обумовлена низьким тиском у реакційній зоні, зменшує винесення бензину з водневмісним газом та підвищує вміст водню у газовій фазі.

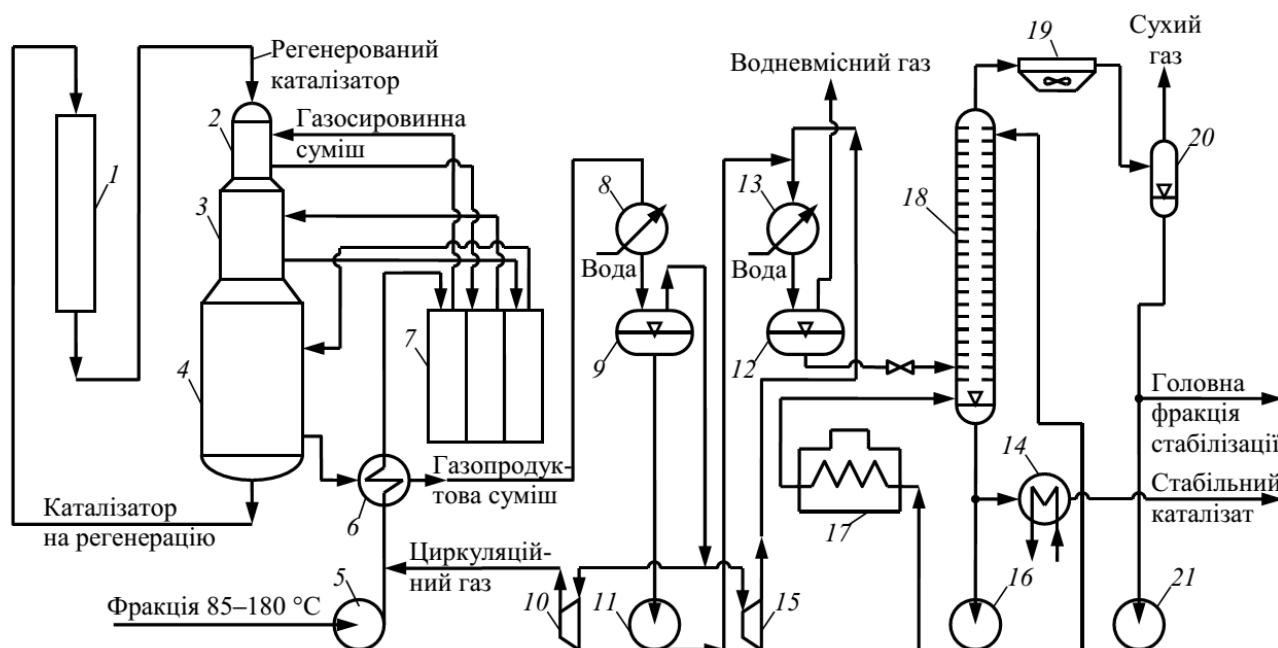


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд технологічної схеми установки риформінгу з рухомим шаром каталізатора: 1 – секція регенерації; 2-4 – реактори платформінгу; 5, 11, 16, 21 – насоси; 6, 14 – теплообмінники; 7 – багатосекційна піч; 8, 13 – холодильники; 9, 12 – газосепаратори низького та високого тиску; 10, 15 – компресори; 17 – трубчаста піч; 18 – стабілізаційна колона; 19 – апарат повітряного охолодження; 20 – газосепаратор [12]

Водневмісний газ компресором 10 транспортується в блок гідроочищення суміші (на схемі не наведено) та у вузол змішування із сировиною платформінгу, на циркуляцію, перед теплообмінником 6. Балансова кількість водневмісного газу транспортується із установки КР.

У колоні 18 відбувається стабілізація сировини каталізатору. Головна фракція стабілізації після конденсації та охолодження в апараті повітряного охолодження 19 відокремлюється в газосепараторі 20 від сухого газу та транспортується за допомогою насосу 21 на зрошення стабілізатора 18, а балансова кількість транспортується з установки КР. Для підведення частини тепла в нижню частину стабілізаційної колони 18 використовується трубчаста піч 17. Нижній продукт стабілізаційної колони 18 – стабільний каталізат – транспортується з установки КР через теплообмінник 14.

Зі споду реактора платформінгу 4 вся маса відпрацьованого каталізатора транспортується в секцію регенерації 1, де й відбувається оксихлорування (для розукрупнення кристалітів платини), випалювання коксу та додавання необхідних хлоридів (промоторів). Регенований каталізат після охолодження транспортується у верхню частину реактора 2.

Використовуваний в якості транспорту газ водень відновлює каталізат після перебування його в окисному середовищі регенератора. Систему регенерації у разі потреби можна відключити від реактора без порушення режиму роботи установки КР [12].

1.1 Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень технологічного процесу каталітичного риформінгу

1.1.1 Опис технологічного процесу каталітичного риформінгу

Відомо, що сировиною блоку підготовки сировини є суміш бензинових фракцій вторинних процесів та прямогонних бензинових фракцій. Сировина з товарного парку транспортується у буферну ємність Єм-3 крізь фільтр Ф-1 (рис. 1.2) [12-16].

Сірководнева вода, що накопичується у спеціальному відстійнику буферної ємності Єм-3, повністю виводиться з установки риформінгу. З буферної ємності Єм-3 сировина викачується насосом Нс-1 та транспортується

на змішування з спеціальним циркулюючим газом, що містить в своєму складі водень, який подається циркуляційним компресором ПК-1.

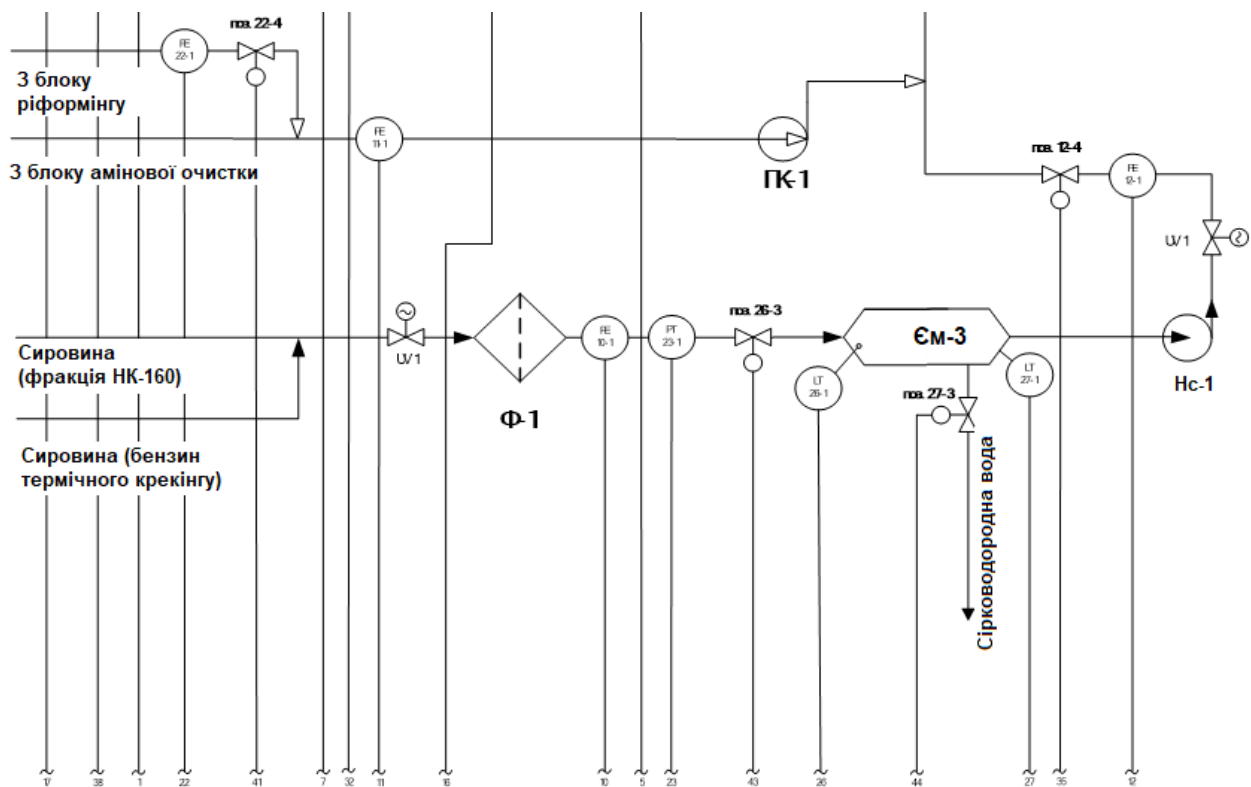


Рисунок 1.2 – Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина 1)

Рівень тиск у мережі подачі знаходиться в межах від 10 до 45 кПа. Підтримка рівню тиску в мережі подачі, і відповідно в буферній ємності ЄМ-3, виконується за допомогою підкачування суміші насосом (у товарному парку) в мережу живлення сировиною установки КР.

Газосировинна суміш транспортується послідовно в теплообмінник ТО-1 (рис. 1.3), де нагрівається за рахунок тепла газопродуктової суміші з реакторів Реа-1 та Реа-2, що надходять в мережу теплообмінника ТО-1, потім газосировинна суміш транспортується до печі П-1, нагрівається до температури в діапазоні від 320 до 360 °С та транспортується до реакторів Реа-1 та Реа-2.

У реакторах Реа-1 та Реа-2 при тиску в діапазоні від 270 до 340 кПа та температурі в межах від 320 до 380 °С на каталізаторі HR-348 відбувається гідрування азотистих та сірчаних сполук із утворенням, відповідно, аміаку та

сірководню [1-6, 9-11].

Отримана газопродуктова суміш після реакторів Реа-1 та Реа-2 транспортується крізь мережу теплообмінника ТО-1, охолоджується до температури рівня 120 °С, далі в повітряному холодильнику ПХ-1 до температури рівня 50 °С, потім у водяному холодильнику ВХ-1 до температури рівня 40 °С і надходить на розділення в сепаратор Сеп-1 (рис. 1.4).

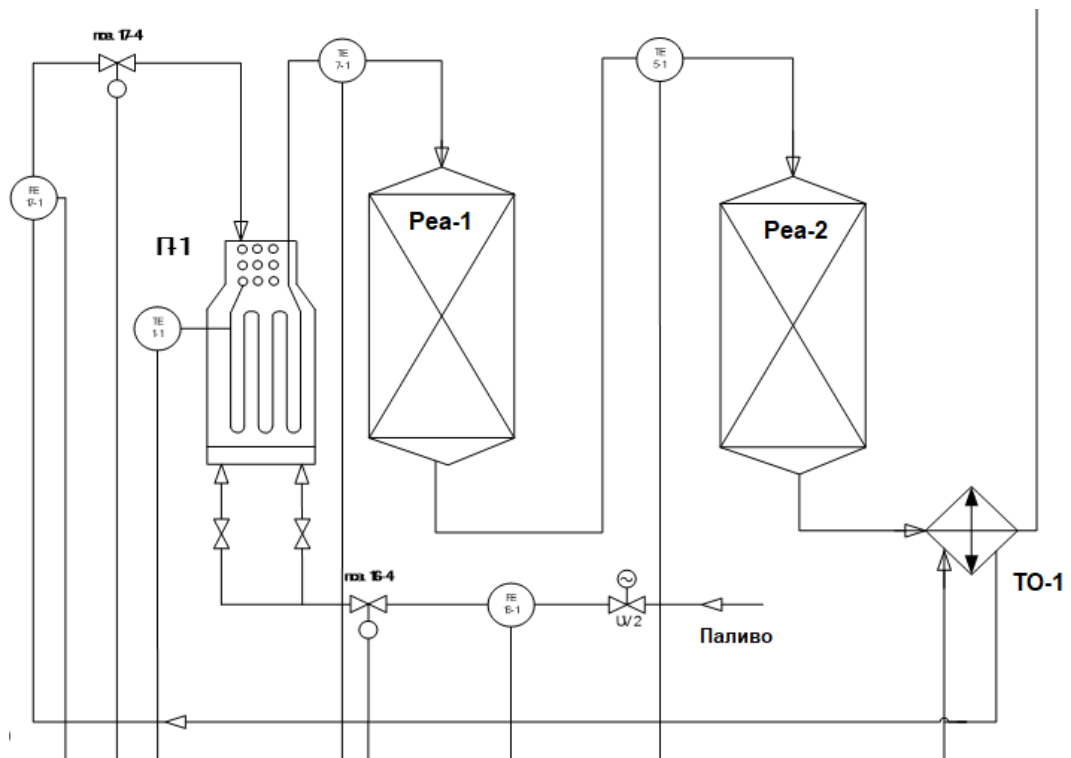


Рисунок 1.3 - Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина 2)

У сепараторі Сеп-1 відбувається розподіл циркулюючого водневмісного газу від нестабільного гідрогенізату або рідкої фази.

Водовмісний газ із сепаратора Сеп-1 транспортується на очищення від сірководню в блок амінового очищення. Очищення відбувається в абсорбері колони К-3 за допомогою розчину моноетаноламіну. Очищений водневмісний газ транспортується на прийом циркуляційного компресора ПК-1 (див. рис. 1.2).

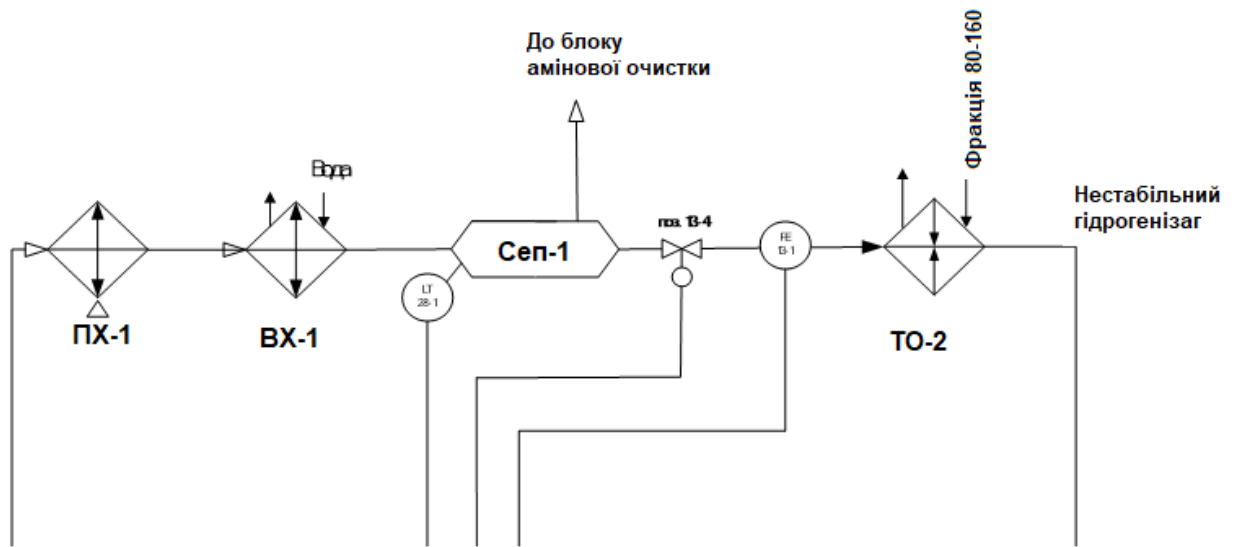


Рисунок 1.4 – Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина 3)

Нестабільний гідрогенізаг (рідка фаза) із сепаратора Сеп-1 транспортується у відпарну колону К-1, попередньо нагріваючись до температури рівня 105 °С у теплообміннику ТО-2 (рис. 1.4).

Верхній продукт після конденсації та охолодження в повітряному холодильнику ПХ-2 і водяному холодильнику ВХ-2 надходить у ємність зрошення Єм-1 (рис. 1.5).

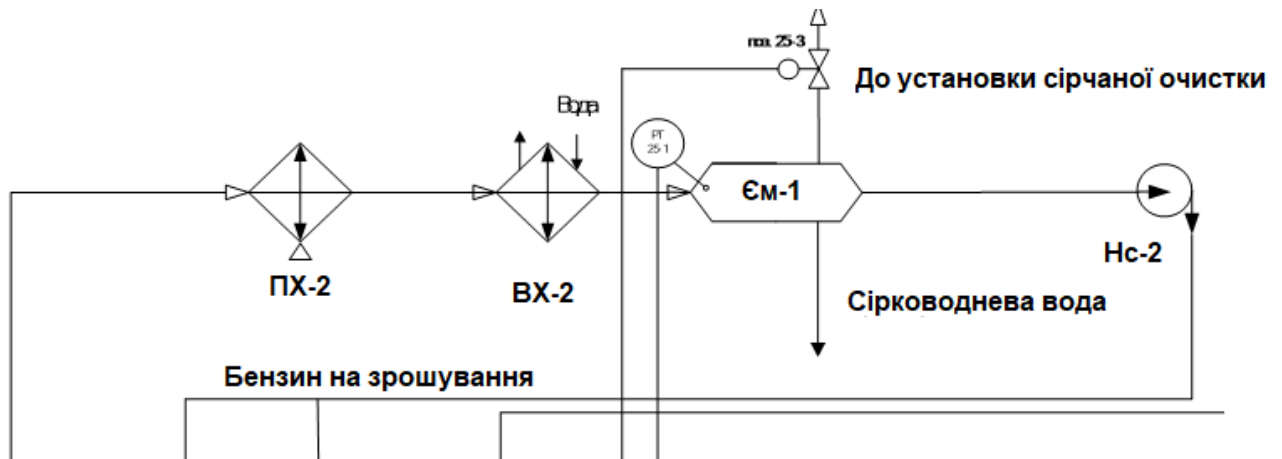


Рисунок 1.5 – Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина 4)

Гідрогенізаг (або рідка фаза) - бензин з ємності Єм-1 за допомогою насосу Нс-2 транспортується в відпарну колону К-1 як зрошення, а надлишок

транспортується лінією нестабільної голови на установку сірчаного очищення. Сірководнева вода з відстійника ємності Єм-1 скидається із установки КР на утилізацію [1-6, 9-11].

Газова фаза - вуглеводневий газ з ємності зрошення Єм-1 транспортується з установки КР на очищення від сірководню [1-6].

Необхідна для відпарювання кількість тепла підводиться в колону К-1 циркуляцією стабільного гідрогенізату через трубчасту піч П-2 за допомогою насоса Нс-3 (рис. 1.6).

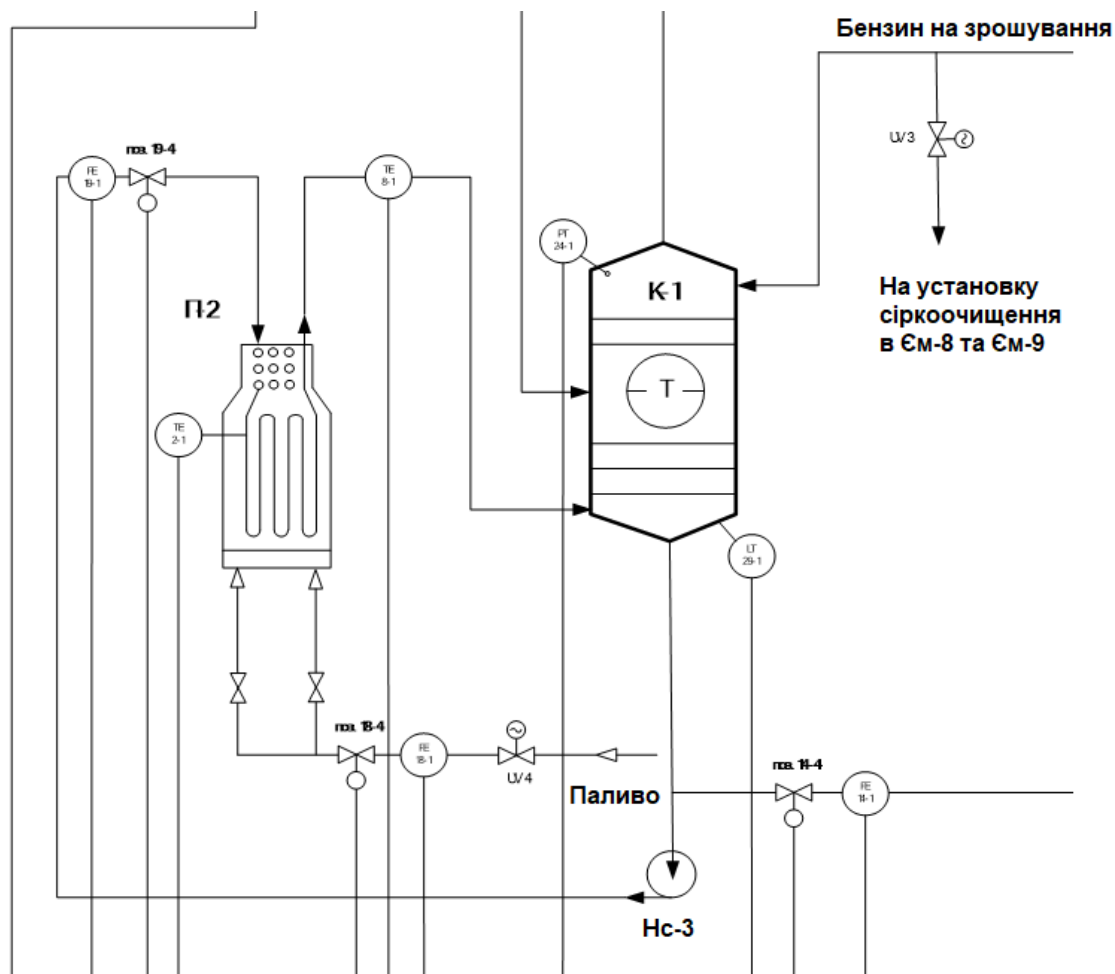


Рисунок 1.6 – Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина 5)

Стабільний гідрогенізат (або гідроочищена фракція НК-160) з низу відпарної колони К-1 надходить на розріділ в ректифікаційну колону К-2. Температура потоку суміші на вході в колону К-2 складає 130 °С.

У ректифікаційній колоні К-2 відбувається розділення фракції НК-160 на

нижній (фракція 80-160 °С, або сировина риформінгу) та верхній продукти (фракція НК-80 - сировина ізомеризації) (рис. 1.7).

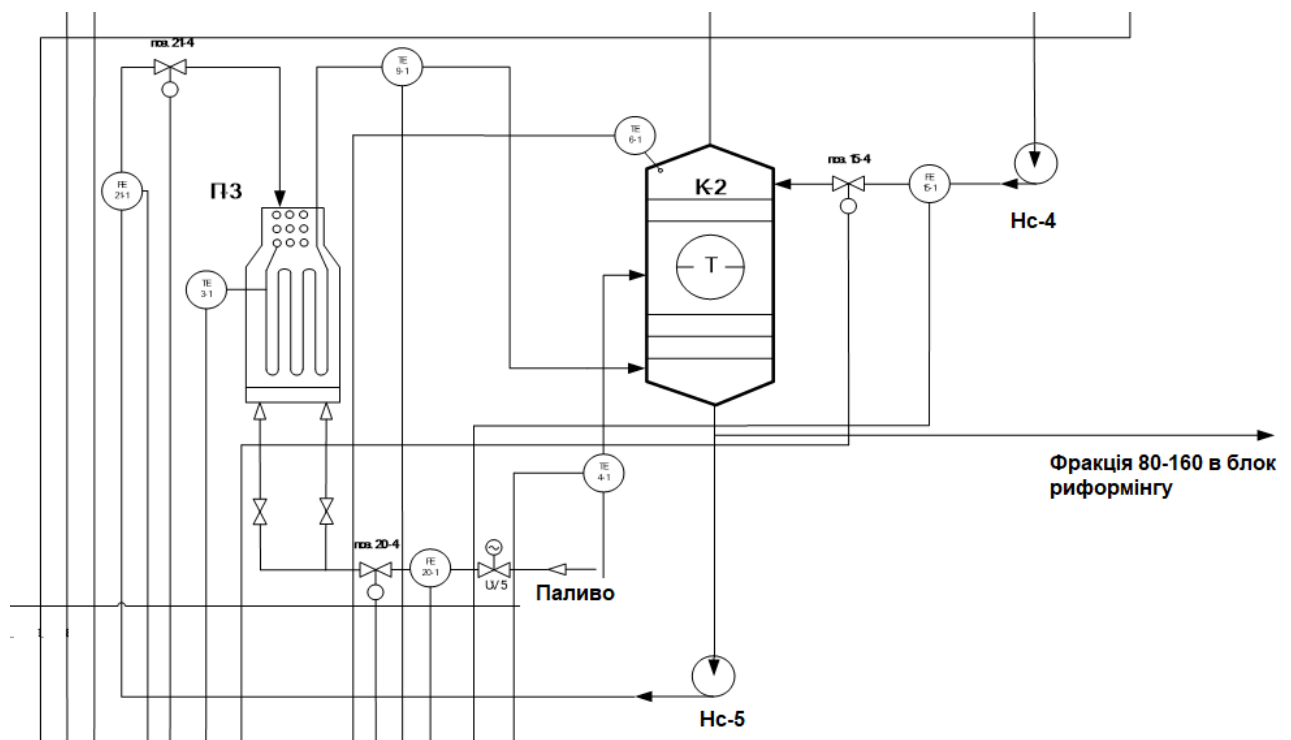


Рисунок 1.7 – Функціональна схема автоматизації ТП КР (частина б)

Пари верхнього продукту колони К-2 після охолодження в повітряному холодильнику ХВ-3 надходять у ємність зрошення Е-2.

Рідка фаза з ємності Єм-2 за допомогою насоса Нс-4 транспортується в колону К-2 для виконання зрошення.

Балансова кількість гідроочищеної фракції НК-80 з ємності для зрошування Єм-2 транспортується як сировина в блок ізомеризації.

Підведення тепла в низ колони К-2 виконується за допомогою циркуляції нижнього продукту насосом Нс-5 крізь мережу печі П-3 (рис. 1.7).

Балансова кількість нижнього продукту К-2 (гідроочищеної фракції від 80 до 160 °С) після охолодження в теплообміннику ТО-2 транспортується в якості сировини в блок риформінгу.

Норми технологічного регламенту та матеріальний баланс блоку підготовки сировини, а також характеристики сировини, продуктів виробництва та допоміжних матеріалів наведено в додатках (див. Додаток В, таблиці В.1-В.3) [1-6, 9-11].

1.1.2 Аналіз наявного рівня автоматизації [12-16]

Короткий технічний опис функціональної схеми автоматизації (рис. 1.2-1.7). Сировина з товарного парку транспортується у буферну ємність Єм-3 через фільтр Ф-1. Витрата речовини реєструється спеціальним приладом – поз. FI-10. Заданий рівень бензинової фракції в буферній ємності Єм-3 підтримується за допомогою використання клапану-регулятора – поз. LV-26, встановленим на лінії подачі сировини на установку КР. Рівень сировини у буферній ємності Єм-3 реєструється приладом, що слідкує за рівнем – поз. LICA-26.

Сірководнева вода, що накопичується у відстійнику буферної ємності Єм-3, скидається з установки КР за допомогою регулювального клапану – поз. LV-27 та регулятора рівня – поз. LICA-27. В системі використовується сигналізація верхнього та нижнього рівня речовини в ємності.

Рівень тиску у лінії подачі суміші в буферну ємність Єм-3 реєструється – поз. PI-23 та знаходиться в межах від 10 до 45 кПа. Підтримування заданого рівня тиску в трубопроводі, і відповідно в буферній ємності Єм-3, виконується за допомогою сировинного насосу (у товарному парку), що розташований в трубопроводі живлення сировиною установки КР.

Витрата сировини регулюється приладом – поз. FICA-10. В системі встановлено сигналізацію та блокування у разі різкого зниження витрати сировини. При подачі обсягу сировини нижче за 40 тис. кг/год буде вмикатись спеціальне блокування - закривається електрозасувка поз. UV-1 на лінії транспортування сировини. За допомогою використання регулятора витрати знижується подача паливного газу на форсунки печі П-1, циркуляція ВРГ за допомогою компресору ПК-1 триває. Після закриття сировини не можна

допускати різкого зростання температури на виході із печі П-1.

У разі зниження витрати циркулюючого ВРГ нижче ніж 27,6 тис. $\text{нм}^3/\text{год}$ в системі встановлено сигналізацію, а при витраті на рівні 14 тис. $\text{нм}^3/\text{год}$ відбувається блокування від низької витрати ВРГ, при цьому зупиняються насоси Нс-1, закриваються електрозасувки – поз. UV-1, UV-2 та перекривається подача палива в піч П-1, для виконання процесу охолодження стінок камери печі П-1 подається спеціальна пара.

Температура на виході з печі регулюється за допомогою використання клапану – поз. FV-16, встановленим на лінії транспортування паливного газу в піч П-1, показання приладу поз. TICA-7 рівня температури газосировинної суміші виносяться на спеціальний дисплей.

В системі використовується сигналізація за рівнем температури газосировинної суміші на виході з печі на рівні не вище $380\text{ }^\circ\text{C}$.

Величина витрати нестабільного гідрогенізату із сепаратора Сеп-1 регулюється приладом – поз. FIC-13 - з корекцією за рівнем у сепараторі Сеп-1, в якості виконавчого механізму використовується клапан поз. FV-13. В системі використовується сигналізація максимального та мінімального рівня сировини в сепараторі Сеп-1 за показаннями приладу – позиція поз. LICA-28. У разі падіння рівня нижче за мінімальний передбачене автоматичне блокування, за яким закривається клапан-відсікач поз. LV-28.

Рідка фаза - бензин з ємності Єм-1 за допомогою насосу Нс-2 транспортується в ректифікаційну колону К-1 для зрошення, а надлишок скидається по лінії нестабільної головки на установку сіркоочищення в ємності Єм-8 та Єм-9.

На границі установки КР на трубопроводі для скидання нестабільної головки встановлено спеціальну електрозасувку поз. UV-3.

Тиск у ємності для зрошення Єм-1 регулюється за допомогою клапану поз. PV-25, що встановлений на лінії скидання карбоноводневого газу в паливну мережу [12-16].

Необхідна для відпарювання кількість тепла підводиться в колону К-1 циркуляцією стабільного гідрогенізату через спеціальну трубчасту піч П-2 за допомогою використання насосу Нс-3. Витрата регулюється клапаном, на лінії подачі в піч. Дані про витрати сировини – поз. FICA-19 - виводяться на дисплей.

У разі зниження рівня витрати стабільного гідрогенізату до 27 тис. кг/год в системі встановлена сигналізація, а в разі зниження до рівня в 24 тис. кг/год – автоматичне блокування: закривається електрозасувка поз. UV-4 та припиняється подача палива в піч П-2.

Величина витрати фракції НК-160°C регулюється за допомогою використання клапану поз. FV-14 із корекцією за рівнем у колоні К-1, показання витрати – поз. FIC-14 - виводяться на дисплей.

В системі використовується сигналізація максимального та мінімального рівня сировини в колоні К-1 за показаннями приладу поз. LICA-29.

Рідка фаза з буферної ємності Єм-2 за допомогою насосу Нс-4 транспортується в колону К-2 для зрошення. Температура верхньої частини колони К-2 регулюється клапаном поз. FV-15 зі корекцією за величиною витрати зрошення, показання витрати – поз. FIC-15.

Рівень рідкої фази в буферній ємності Єм-2 регулюється за допомогою клапану, який встановлено на нагнітанні сировинного насоса блоку ізомеризації, або клапаном на трубопроводі скидання.

В системі встановлено сигналізацію максимального та мінімального рівня сировини. Температура фракції 80-160 °С регулюється за допомогою клапану FV-20 з корекцією за величиною витрати паливного газу через піч П-3, показання витрати – поз. FIC-20 - виводяться на дисплей.

В системі використовується блокування для зменшення витрати сировини через піч П-3. У разі зниження витрати до рівня 31 тис. кг/год передбачена сигналізація, а в разі зниження витрати до рівня 28 тис. кг/год закривається електрозасувка поз. UV-5 та зупиняється подача палива в піч П-3.

Рівень температури продукту на виході з печей регулюється за допомогою

використання клапанів, що встановлені на лініях транспортування паливного газу до пальників.

Розрідження димових газів на, так званому, «перевалі» в печах автоматично керуються за допомогою використання шиберів, встановлених в димоходах після конвекційних камер, і перевіряється на рівні пальників та після конвекції.

Повнота згоряння палива в печах П-1, П-2 та П-3 контролюється за вмістом кисню та окису вуглецю в димових газах, що виходять. Вміст кисню та окису вуглецю вимірюється за допомогою автоматичних газоаналізаторів.

На дисплеї буде відображено наступну інформацію:

- витрата палива;
- температура сировини за потоками в кожній печі;
- температура димових газів на, так званих, «перевалах» та після конвекції;
- вміст кисню і окису вуглецю в димових газах [12-16].

Короткий опис нижнього рівня наявної системи автоматизації ТП КР [7, 8]

Нижній рівень наявної системи автоматизації ТП КР утворюють первинні перетворювачі, давачі, виконавчі механізми та електрозасувки.

Встановлювати засоби автоматизації та спеціальні прилади необхідно таким чином, щоб забезпечити необхідну точність вимірювання та вільний доступ для обслуговування обладнання.

Рівні витрати сировини вимірюється об'ємним методом із використанням спеціальної діафрагми (камерної та безкамерної). Саме тому правильність розташування звужувальних пристроїв має вплив на точність показів дифманометра. Під час вимірювання рівня витрати сировини діафрагми встановлюють лише на прямих ділянках трубопроводів.

Спеціалізовані безшкальні перетворювачі тиску вимірювальні із силовою компенсацією працюють за принципом електричної або пневматичної силової компенсації та призначені для безперервного перетворення рівня тиску вимірюваного середовища в пропорційний електричний або пневматичний

сигнал.

В якості давачів - перетворювачі для вимірювання рівня витрати, рівня тиску, рівня сировини використовуються прилади типу «Сапфір-22» [17], «Метран-43» [18] тощо. Такі типи давачів встановлюються за місцем вимірювання величини.

Виконавчі механізми монтують на трубопроводах наступним чином, щоб напрямок руху регульованого середовища збігався із напрямком, вказаним на корпусі виконавчого механізму або клапану.

Технічні перетворювачі можуть монтуватись на технологічному обладнанні; на кронштейні, що прикріплюється до стіни, наприклад, зварюванням. Біля місця вимірювання рівня тиску сировини рекомендується встановлювати спеціальні вентилі, для відключення.

Сполучні лінії слід прокладати таким чином, щоб унеможливити появу, так званих, газових пробок [12-16].

Використання пневматичних засобів керування або регулювання, наприклад, регульовальних клапанів, не погіршує якості протікання ТП КР.

Короткий опис верхнього рівня наявної системи автоматизації ТП КР [7,8]

До модернізації на установці КР встановлена спеціальна система Modumat 8000 [19] - це система контролю та керування, що складається з трьох компонентів: Actimat, Vigimat, Mediamat.

Перша компонента, Actimat - розподілене оброблення даних. Збір, обчислення, попередня обробка, регулювання, комбінаторна та послідовна логіка, під'єднання програмованого автомата, генерування керівних сигналів виконуються саме системами Actimat [19].

Концепція кожного з них дає змогу їм функціонувати абсолютно самостійно (незалежне обладнання) або ж бути об'єднаними в блоки від 1 до 32 апаратів, утворюючи багатопроцесорну розподілену СК, в якій у розпорядженні перебувають понад тисячу перемінних за допомогою використання мережі Mediamat P, що з'єднує підключені апарати.

Друга компонента, Vigimat - станція керування та контролю, що оснащена функціями, необхідними для великих СК, потужні структурні схеми, спостереження, дистанційне завантаження, ієрархічну обробку аварійних сигналів. Зазначену серію сформовано навколо кількох однорідних апаратів, поєднання яких дозволяє еволюцію СК відповідно до розвитку всього виробництва. Пости керування серії Vigimat є інтерфейсами між оператором та самим ТП.

Застосування віртуальних клавіатур дозволяють отримати доступ до [19]:

- стеження за даними та виникаючими подіями;
- структурних схем мультиплікації;
- опрацювання аварійних сигналів та їх подання з автоматичним керуванням;
- спостереження за ТП (керування, обслуговування, оптимізація тощо).

Третя компонента, Mediamat - зв'язок. Дві мережі зв'язку Mediamat одночасно виконують транспортування інформації, необхідної для якісного функціонування СК:

- Mediamat S використовується для зв'язку із постами керування та спостереження;
- Mediamat P - для зв'язку між апаратами [19].

1.2 Аналіз основних факторів технологічного процесу підготовки сировини для каталітичного риформінгу

Глибина очищення бензинової суміші від сірки або інших домішок залежить від рівня температури ТП, величини парціального тиску водню, швидкості подачі сировини та кратності циркуляції. Стабільність роботи каталізатора залежить від рівня температури, рівня тиску та співвідношення витрати водневмісного газу до витрати бензинової суміші [1-6, 9-11].

1.2.1 Величина тиску ТП КР

При зростанні загальної величини тиску ТП в системі зростає рівень парціального тиску водню, що сприяє підвищенню глибини гідроочищення і відповідно, зростанню терміну служби встановленого каталізатора. Цей процес пов'язаний із підвищенням концентрації реагентів в одиниці об'єму суміші (тобто за рахунок зростання числа ефективних зіткнень молекул, що вступають в реакцію). Оптимальний рівень тиску гідроочищення знаходиться в діапазоні від 200 до 400 кПа.

1.2.2 Рівень температури ТП КР

Зі збільшенням рівня температури глибина та швидкість хімічних реакцій, а саме, гідробезсерування, гідрування ненасичених, дегідрогенізації нафтенів зростає. Однак, за рівнів температур, вищих за 400 °С, інтенсивність хімічних реакції гідробезсерування та особливо гідрування ненасичених вуглеводнів навпаки спадає. Це пов'язано зі зростанням інтенсивності хімічних реакції деструктивної гідрогенізації (або гідрокрекінгу) [1-6].

Під час хімічної реакції гідрокрекінгу спадає вихід рідких продуктів, зростає відкладення коксу на каталізаторі та, відповідно, буде скорочуватись термін служби обладнання.

Оптимальний рівень температури ТП гідроочищення залежить від складу бензинової суміші. Важка, а відповідно і термічно менш стійка сировина очищається за нижчих рівнів температур, ніж легка. При протіканні реакції гідроочищення бензинових фракцій оптимальним рівнем температур є наступний діапазон від 320 до 400 °С.

На початку виконання робочого циклу встановлюється мінімальний рівень температури, що повинен забезпечити необхідний ступінь очищення суміші. Підвищення рівня температури виконується для компенсації зниження активності каталізатора та підтримки вказаної глибини очищення.

Передчасне підвищення рівня температури пришвидшує закоксування каталізатора, крім того не збільшуючи глибину очищення суміші [9-11].

1.2.3 Об'ємна швидкість подачі суміші в ТП КР

Об'ємною швидкістю називається співвідношення об'єму суміші, що подається в реактор на годину, до загального об'єму каталізатора, що знаходиться в самому реакторі:

$$U = \frac{Y}{B} \text{ год}^{-1}, \quad (1.1)$$

де U - величина об'ємної швидкості подачі суміші, год^{-1} ; Y - об'єм суміші, $\text{м}^3/\text{год}$; B - загальний об'єм каталізатора, м^3 .

Зі збільшенням величини об'ємної швидкості подачі суміші зменшується час перебування суміші в реакторі, тобто час контакту суміші з каталізатором.

У разі зниження величини об'ємної швидкості подачі суміші (зростає час контакту каталізатора та суміші) зростає глибина знесірчення поданої суміші.

В залежності від хімічного та фракційного складу суміші та заданої глибини очищення, об'ємна швидкість протікання суміші ТП КР може знаходитись в межах від 2,0 до 7,0 год^{-1} .

Для легких, більш термостійких сумішей, зниження глибини гідроочищення при підвищених об'ємних швидкостях подачі суміші компенсується за рахунок підвищення рівня температури [1-6].

1.2.4 Активність роботи каталізатора ТП КР

Що вища активність каталізатора ТП КР, то з вищою об'ємною швидкістю подачі суміші можливо виконувати ТП та глибше виконувати знесірчування суміші. Для визначення активності каталізатора ТП КР порівнюють його здатність до знесірчування зі здатністю еталонного зразка до знесірчування.

Випробування виконують на пілотній установці за спеціальною методикою. Індекс активності розраховують за наступною формулою [1-6]:

$$U_a = \frac{S_0 - S_k}{S_0 - S_e}, \quad (1.2)$$

де S_0 - вміст сірки в поданій суміші; S_e - вміст сірки в гідрогенізі, очищення виконане за допомогою еталонного каталізатора; S_k - вміст сірки в гідрогенізі, очищення виконано на випробуваному каталізаторі.

Відомо, що свіжий каталізатор володіє максимальною активністю. Для підвищення активності каталізатора ТП КР операції гідроочищення після регенерації, тобто для переведення металу в більш активну сульфідну форму із менш активної окисної форми, виконують спеціальне озолочення каталізатора водовмісним газом із великою концентрацією сірководню або сірковмісними сполуками. Згодом активність каталізатора ТП КР різко спадає за рахунок відкладень коксу на фізичній поверхні каталізатора. Часткову регенерацію каталізатора ТП КР можливо виконати гідруванням коксових відкладень під час циркуляції водню з температурою в діапазоні від 400 до 420 °С, але при цьому можливе виконання переходу металу в металеву форму із сульфідної. Тому потрібна обережність під час виконання даної операції.

Однак дана регенерація не відбудеться, якщо утворення коксу відбулося при падіннях рівня тиску в системі або перевищення рівня температури вище допустимих. Тому навіть короткочасне зниження рівня тиску в системі КР, перевищення рівня температур ТП, або зупинка циркуляції водневмісного газу неприпустимі. У даних випадках для відновлення активності каталізатор ТП КР буде піддано паро-повітряній регенерації [1-6, 9-11].

1.2.5 Кратність циркуляції водневмісного газу ТП КР

За деякої кількості водню хімічні реакції гідрування сірчистих сполук можуть протікати практично націло, але швидкість перебігу буде дуже низькою через низький рівень парціального тиску водню. Тому ТП виконують із надлишком вмісту водню. Відносна кількість циркулюючого газу, що припадає на одиницю об'єму рідкої суміші, називається кратністю циркуляції.

Кратність циркуляції не повинна бути нижчою за рівень $90 \text{ м}^3/\text{м}^3$ суміші.

Концентрація водню в газі, що циркулює, може коливатися в діапазоні від 65 до 85% в залежності від складу суміші та ступеня оброблення каталізатора КР [1-6, 9-11].

1.3 Постановка завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші

Для досягнення поставленого технічного завдання магістерської кваліфікаційної роботи необхідно розв'язати наступні завдання:

- виконання регулювання технологічних параметрів;
- здійснення видачі інформації про перебіг ТП в реальному часі на станціях відображення інформації (наприклад, АРМ оператора);
- виконання збору та архівування оперативної інформації про роботу установки;
- виконання необхідного контролю аварійних відхилень технологічних параметрів;
- виконання автоматичного захисту та блокування обладнання.

1.4 Висновки до першого розділу

Проаналізовано проблематику організації автоматизації технологічного процесу каталітичного риформінгу, а саме огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень та аналіз основних факторів технологічного процесу

підготовки суміші для каталітичного риформінгу. На основі якого було виконано постановку завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші.

2 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

2.1 Визначення динамічних характеристик об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу

Об'єкт керування (ОК) представляє собою ректифікаційну колону К-2, в якій відбувається розподіл бензинової фракції НК-160 на нижній (фракція 80-160 або сировина риформінгу) та верхній продукт (фракція НК-80 або сировина ізомеризації) (рис. 2.1) [20-22].

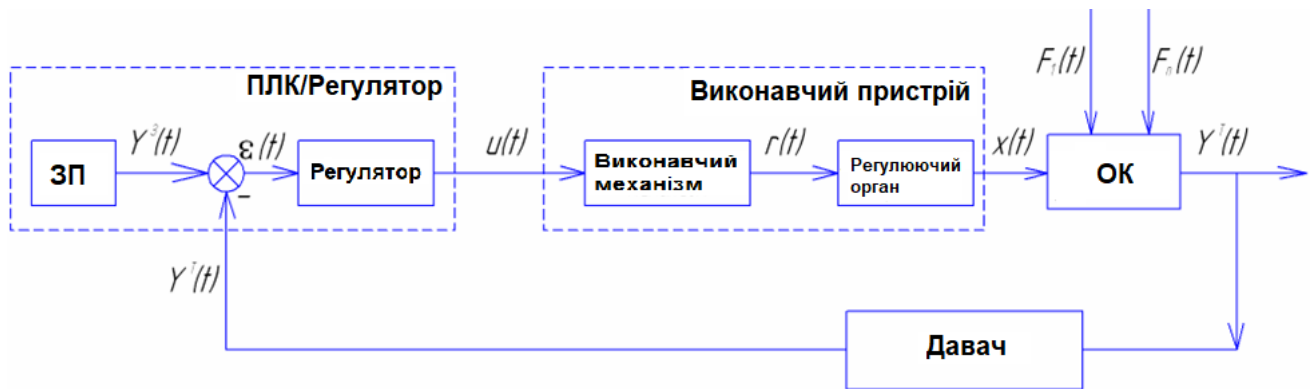


Рисунок 2.1 – Структурна схема замкнутої одноконтурної АСК рівнем температури верху колони К-2:

ПЛК/регулятор – PLC SIMATIC S7-400; виконавчий механізм; регулюючий орган - клапан регулювальний з пневмоприводом; ОК - ректифікаційна колона К-2; давачі – «Сапфір-22», «Метран-43»; $Y^3(t)$ - задане значення керованої величини; $Y^1(t)$ - реальне значення керованої величини; $x(t)$ - вхідний вплив регулювання; $F_1(t)$ – вплив одиничного збурення, $F_n(t)$ – вплив n-ого збурення; $\varepsilon(t)$ - величина неузгодженості; $u(t)$ – керуючий вплив із регулятора; $r(t)$ - зміна стану регулюючого органу від виконавчого механізму

Цей ОК можливо виразити у вигляді структурної схеми (рис. 2.2).

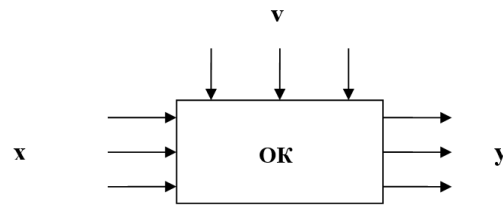


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд структурної схеми ОК:

v – дія збурення (впливи навколишнього середовища); x – впливи керування;
 y – вихідні (керовані) характеристики [20-22]

Регульовані величини – рівень температури верху та середини (або фракція НК-160) колони К-2. Регульовальні величини - витрата зрошення, витрата газу (в якості палива) в печі П-3.

Дія збурення - витрата суміші через зміювик печі П-3, рівень тиску у колоні К-2, рівень температури та величина витрати нижнього продукту, а саме фракції 80-160 °С.

Згідно з технологічним регламентом ведення ТП КР передбачено два канали регулювання рівня температури в колоні К-2.

Перший канал – регулювання рівня температури верху колони К-2 за витратою зрошення. Другий канал - регулювання рівня температури суміші колони К-2 за витратою газоподібного палива в печі П-3.

Нами обрано канал регулювання рівня температури верху колони К-2 (або фракція НК-80) за витратою зрошення, тому що за даним каналом вихідна та вхідна величини найбільш корельовані [20-22].

За нормами технологічного регламенту [1-6] фізико-хімічні параметри в ректифікаційній колоні К-2 повинні підтримуватися в вказаних межах:

- рівень температура верху в діапазоні від 70 до 100 °С
- витрата зрошення в межах від 85 до 120 т/год.

Використовуємо отримані значення вихідної величини для побудови графічної залежності перехідного процесу ОК - колони К-2 (рис. 2.3) [23, 24].

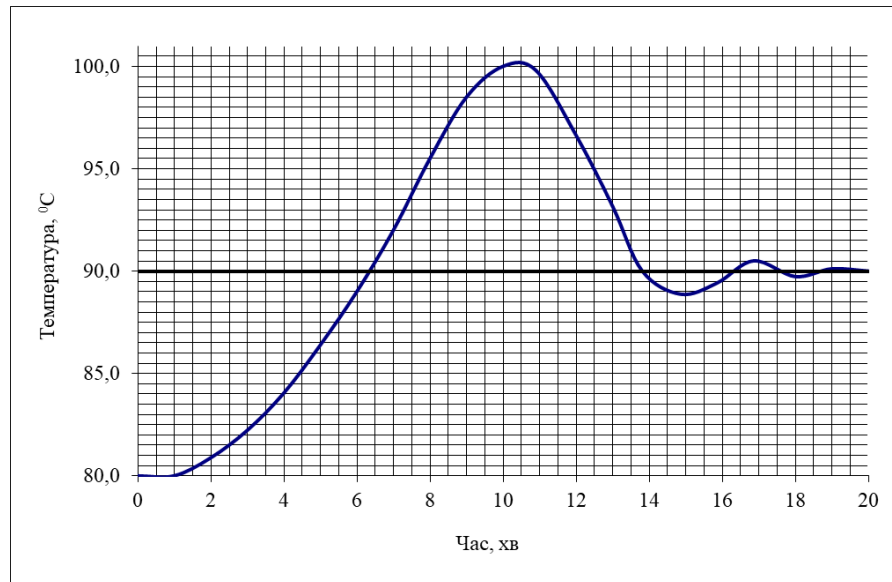
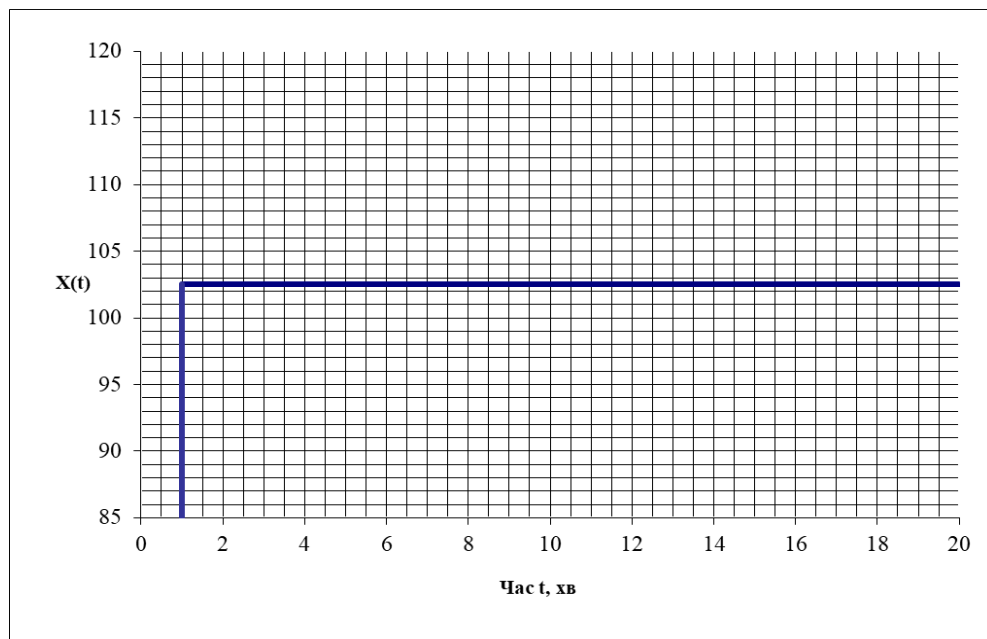


Рисунок 2.3 – Графічна залежність перехідного процесу ОК колони К-2

Якщо розглядати даний технологічний процес як ОК, ми можемо визначити передаточну характеристику згідно обраного каналу керування. Аналіз ТП показує, що даний ОК володіє самовирівнюванням.

На рисунку 2.4 представлено перехідну характеристику ОК колони К-2, отриману експериментально під час подавання на вхід ОК ступеневої дії сигналу [25-28].



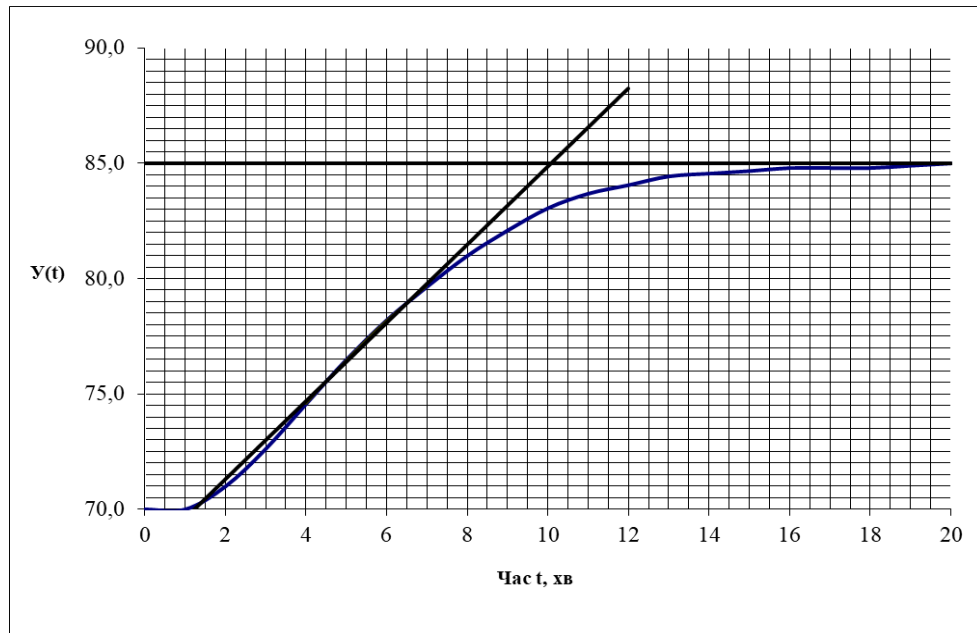


Рисунок 2.4 – Графічні залежності перехідної характеристики ОК колони К-2

За видом графічної залежності перехідної характеристики визначаємо, що ОК представляє собою ланку, близьку до характеристик аперіодичної ланки II порядку. З достатньою для вирішення практичних завдань точністю ОК може бути апроксимовано в якості ланки чистого запізнення та аперіодичної ланкою I порядку, отже, передаточна функція ОК матиме наступний вигляд [20-22]:

$$W_{ок}(p) = e^{-\tau p} \cdot \frac{k}{Tp+1}. \quad (2.1)$$

Визначимо динамічні характеристики ОК методом дотичної до точки перегину перехідної характеристики (див. рис. 2.3).

Знайдемо значення коефіцієнта посилення ОК k , сталої часу T та часу постійного запізнювання τ .

Коефіцієнт посилення ОК будемо визначати згідно формули [20-22]:

$$k = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (2.2)$$

де ΔY - вихідна величина, приймаємо $\Delta Y = (100 - 70) = 30^\circ \text{C}$;

ΔX - вхідна величина, приймаємо $\Delta X = (120 - 85) = 35 \text{ т/год}$ [1-6].

$$k = \frac{30}{35} = 0,86.$$

Приймаємо час постійного запізнювання на рівні $\tau = 1 \text{ хв}$; а сталу часу ОК $T = 3,6 \text{ хв}$.

Тоді передаточна функція автоматизованої системи керування (АСК) рівнем температури колони К-2 матиме наступний вигляд [20-22]:

$$W_{ок}(p) = e^{-1p} \cdot \frac{0,86}{3,6p+1}.$$

2.2 Підбір типу регулятора та відповідного закону регулювання

Для того, щоб підібрати тип регулятора та визначити необхідні налаштування, потрібно знати наступне:

- статичні та динамічні характеристики ОК;
- вимоги до якості виконання процесу регулювання;
- характер дії збурень, що впливають на процес регулювання;
- показники якості регулювання для типових серійних регуляторів.

На динаміку процесу регулювання найбільший вплив виконує величина відношення τ/T чистого запізнювання до сталої часу самого ОК. Ефективність компенсації ступінчастого збурення регулятором досить точно може характеризуватися величиною динамічного коефіцієнта регулювання R_d , а швидкодія - величиною часу регулювання [20-22].

Теоретично, у системі із чистим запізнюванням, мінімальний час

регулювання складе $t_{p\min} = 2\tau$. При цьому якщо коефіцієнт посилення П-регулятора K_p стає величиною, що дорівнює десять або більше, то прийнятним до використання є саме П-регулятор, а якщо $K_p < 10$, то потрібне введення в закон керування додаткової інтегральної складової.

Під час вибору типу регулятора рекомендується орієнтуватися на величину відношення чистого запізнювання до сталої часу в ОК τ/T . Якщо дане відношення менше за 0,2 то можна вибрати безперервний, релейний або цифровий регулятори. Якщо відношення знаходиться в межах від 0,2 до 1,0, то повинні обирати або цифровий або безперервний ПІ- або ПІД-регулятори. Якщо відношення більше за 1,0, то вибір падає на спеціальний цифровий регулятор із встановленим запобіжником, що компенсує чисте запізнення в контурі керування. Однак такий тип регулятору рекомендується використовувати і при менших відношеннях чистого запізнювання до сталої часу в ОК [20-22].

Для найвідповідальніших контурів можна рекомендувати застосування ПІД-регулятора, для забезпечення найвищої швидкодії в СК.

Для нашого ОК відношення чистого запізнювання до сталої часу дорівнює $\tau/T = 0,28$, тобто згідно правил можливо застосовувати ПІД-регулятор [23-28].

ПІД-регулятори виконують закон регулювання, у якому регулювальний орган буде рухатись пропорційно відхиленню, інтегралу та швидкості відхилення регульованого параметра згідно із формулою [20-22]:

$$x = k[\Delta y + (1/T_I) \int_0^t \Delta y dt \pm T_B (d\Delta y) dt]. \quad (2.3)$$

Швидкість руху регулювального органу буде пропорційна відхиленню, швидкості відхилення та, відповідно, середньому значенню відхилення регульованого параметра згідно із формулою [20-22]:

$$dx / dt = k[(1/T)\Delta y + d\Delta e / dt \pm T_B(d^2\Delta y)dt^2)], \quad (2.4)$$

де K_p - коефіцієнт передачі обраного регулятора; T_I - стала часу ізодрому; T_B - стала часу випередження [20-22].

2.3 Налаштування параметрів регулятора

Визначимо передаточну функцію ПД-регулятора з наступної формули [25-28]:

$$W_p(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I p} + T_B p \right), \quad (2.5)$$

де K_p - коефіцієнт посилення регулятора; T_I - стала часу ізодрому (або стала інтегрування регулятора); T_B - стала часу випередження (або стала диференціювання).

Виконаємо необхідний розрахунок початкових налаштувань ПД-регулятора в програмному продукті MathCAD (рис. 2.5) [29].

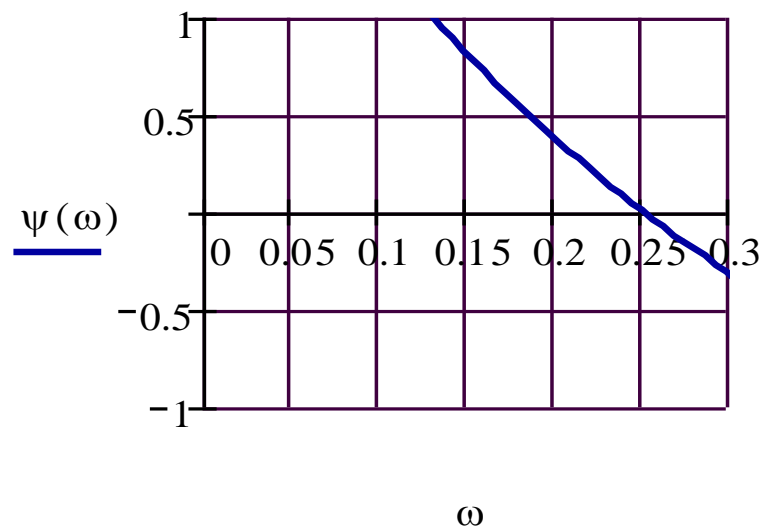
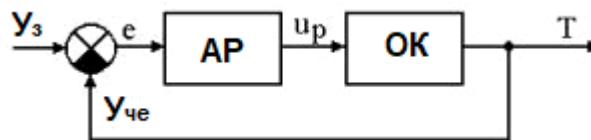


Рисунок 2.5 – Графічні залежності функції $\psi(\omega)$

2.4 Оцінка якості регулювання ПІД-регулятора

Для оцінки якості регулювання ПІД-регулятора побудуємо динамічні та частотні характеристики СК, за якими будемо визначати основні показники якості регулювання. Під час розрахунку аналітичних залежностей для характеристик замкнутої СК скористаємося розрахунковою схемою АСК (рис. 2.6) [23, 24].



ОК - об'єкт керування; АР – регулятор; $Y_{че}$ - чутливий елемент; Y_z - задаючий вплив; u_p - виконавча дія; T – вихідна величина (температура)

Рисунок 2.6 - Розрахункова схема АСК промисловим ОК%

Під ОК розуміють незмінну частину системи, що складається із спеціальних перетворювачів сигналів, регулювального органу, виконавчого механізму, власне ОК та давача, для зворотного зв'язку.

Передаточна функція розімкнутої СК із встановленим ПІД-регулятором запишеться наступним чином [25-28]:

$$W_p(p) = \frac{K_p K_{ок} T_I p + K_{об} T_I K_p T_B p^2 + K_{об} K_p}{T T_I p^2 + T_I p} \cdot e^{-p\tau}. \quad (2.6)$$

Тоді передаточна функція граничної замкнутої СК матиме вигляд [20-22]:

$$W(p) = \frac{K_p K_{ок} T_I p + K_{ок} T_I K_p T_B p^2 + K_{об} K_p}{(T T_I + K_{ок} K_p T_I T_B) p^2 + (T_I + K_{ок} T_I K_p) p + K_{об} K_p}. \quad (2.7)$$

Звідки, передаточна функція ОК [20-22]:

$$W(p) = \frac{K_{ок}}{Tp+1} e^{-\tau p}. \quad (2.8)$$

Виконаємо розрахунок частотних та динамічних характеристики замкненої та розімкнутої СК та ОК в програмному середовищі MathCAD [29].

Передаточна функція граничної замкнутої СК буде мати наступний вигляд:

$$W(p) := \frac{K2 \cdot T1 \cdot K3 \cdot T2 \cdot p^2 + K3 \cdot K2 \cdot T1 \cdot p + K2 \cdot K3}{(T3 \cdot T1 + K3 \cdot K2 \cdot T1 \cdot T2) \cdot p^2 + (T1 + K2 \cdot T1 \cdot K3) \cdot p + K2 \cdot K3} \quad (2.9)$$

де $K2 = K_{оо} = 0,86$; $K3 = K_p = 3,7$; $T1 = T_l = T_i = 4,5$; $T2 = T_B = T_d = 3,5$; $T3 = T_{оо} = 3,6$.

Тоді

$$\frac{W(p)}{p} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace } , p \\ \text{simplify} \\ \text{float } , 3 \end{array} \right. \rightarrow 1 - .677 \cdot e^{(-.498) \cdot t} \cdot \cos(.395 \cdot t) + .377 \cdot e^{(-.498) \cdot t} \cdot \sin(.395 \cdot t) \quad (2.10)$$

Тоді перехідна функція граничної замкнутої СК матиме наступний вигляд:

$$h(t) := 1 - .677 \cdot e^{(-.498) \cdot t} \cdot \cos(.395 \cdot t) + .377 \cdot e^{(-.498) \cdot t} \cdot \sin(.395 \cdot t) \quad (2.11)$$

Графічна залежність перехідної функції замкнутої СК представлена на рисунку 2.7 [29].

Тоді передаточна функція ОК без запізнювання матиме наступний вигляд:

$$W_{об}(p) := \frac{K2}{T3 \cdot p + 1} \quad (2.12)$$

$$\frac{Wob(p)}{p} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace ,p} \\ \text{float ,3} \end{array} \right. \rightarrow (-.860) \cdot e^{(-.278) \cdot t} + .860 \quad (2.13)$$

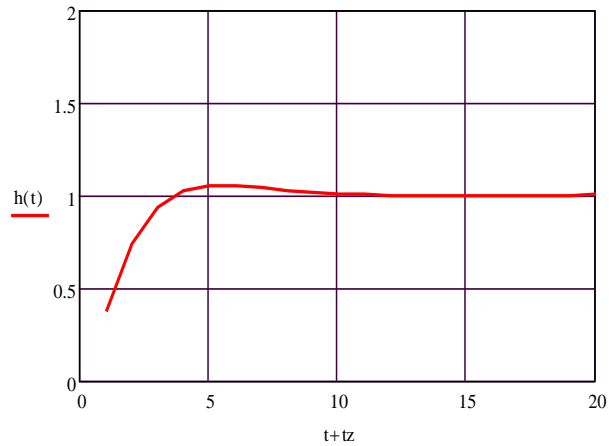


Рисунок 2.7 – Графічна залежність перехідної функції замкнутої СК

Звідки перехідна функція ОК без запізнювання запишеться наступним чином [29]:

$$hob(t) := (-.860) \cdot e^{(-.278) \cdot t} + .860 \quad (2.14)$$

Графічна залежність перехідної функції ОК наведена на рисунку 2.8.

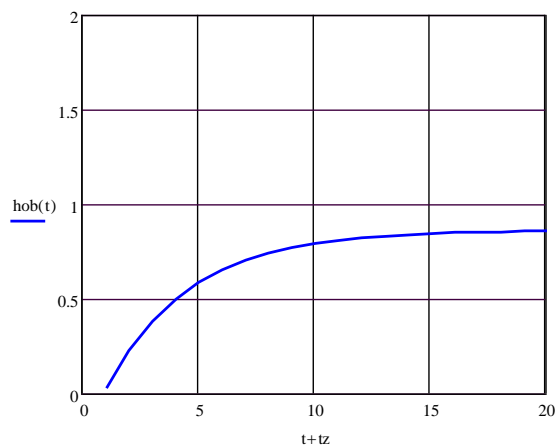


Рисунок 2.8 – Графічна залежність перехідної функції ОК

Порівняння графічних залежностей перехідних характеристик ОК та всієї СК представлено на рисунку 2.9 [29].

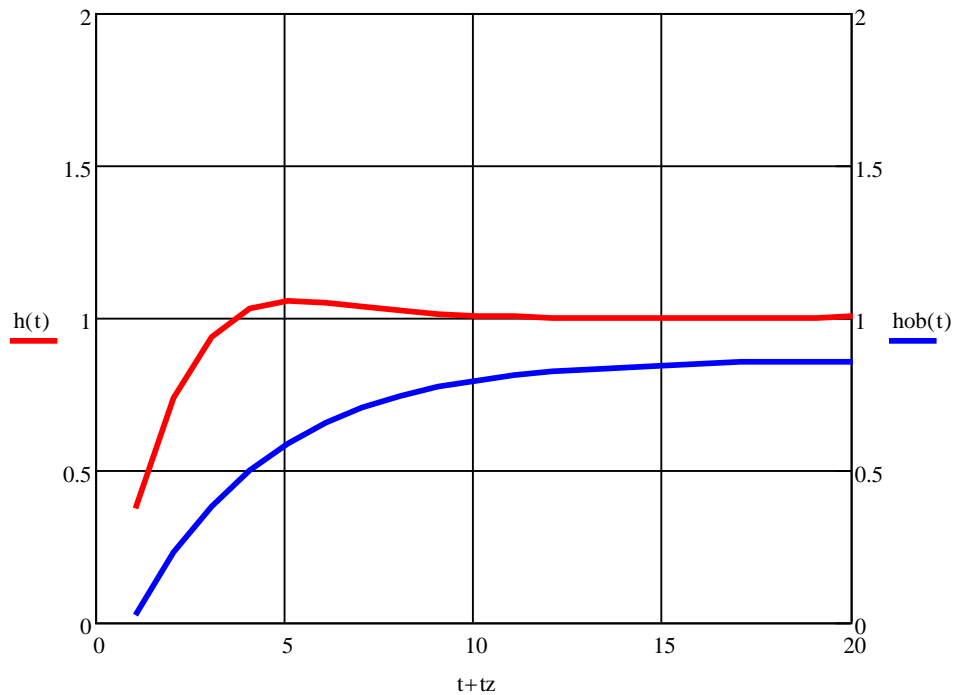


Рисунок 2.9 – Порівняння графічних залежностей перехідних характеристик ОК та СК

Амплітудно-фазові частотні характеристики (АФЧХ) ОК із чистим запізненням (W_{o61}) та без чистого запізнення (W_{o62}) представлено на графічних залежностях 2.10 [20-22].

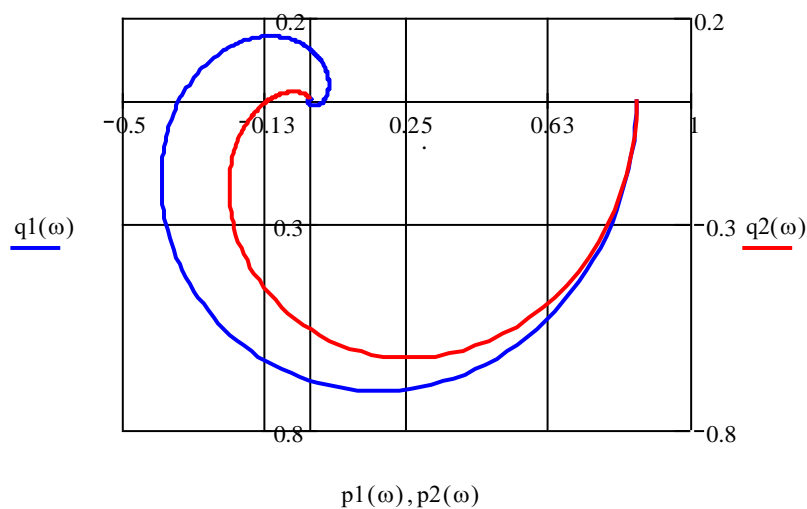


Рисунок 2.10 - АФЧХ ОК із чистим запізненням та без

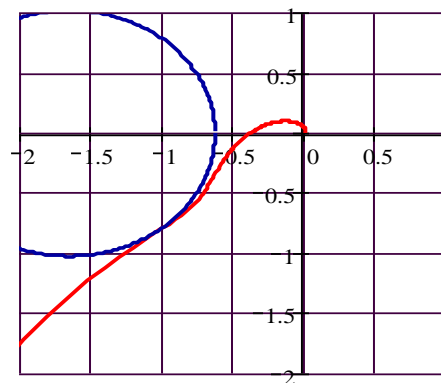
2.5 Визначення стійкості замкнутої АСК рівня температури

Для того щоб АСК могла виконувати необхідні функції, вона повинна відповідати встановленим вимогам стійкості, тобто повертатися до стану рівноваги або близького до нього після зняття дії збурення, що і порушило стан рівноваги [20-22].

У нашій роботі будемо використовувати критерій Найквіста. Критерій Найквіста ґрунтується на розгляді АФЧХ розімкнутої СК, за виглядом якої можна судити про стійкість замкнутої СК. Це зумовлено наявністю однозначної залежності між передаточною функцією розімкнутої СК та характеристичним рівнянням замкнутої СК [25-28].

Відомо, що критерій Найквіста формулюється наступним чином: СК, стійка в розімкнутому стані, буде стійка і в замкнутому стані, якщо годограф частотної характеристики розімкнутої СК при обертанні за годинниковою стрілкою не буде охоплювати точку із координатами $(-1, i0)$ [20-22].

Відповідний годограф АФЧХ розімкнутої СК представлено на рисунку 2.11.



— 1
— 2

1 - $\text{Im}(W(\omega))$, 2- $\text{Im}(m(\omega))$

Рисунок 2.11 – Годограф для розімкнутої СК [29]:

Використовуючи критерій Найквіста до фрагмента годографа АФЧХ розімкненої СК, наведеного на рисунку 2.10, можна зробити висновок про стійкість замкнутої СК із встановленим ПІД-регулятором, тому що отриманий годограф не буде охоплювати точку із координатами $(-1, i0)$ [20-22].

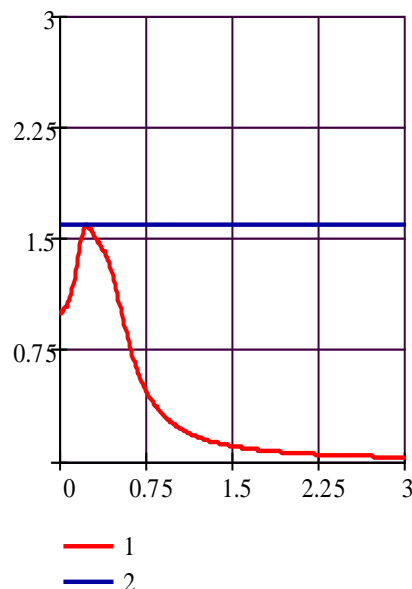
Розрахуємо, чи виконується для замкнутої СК обмеження на запас стійкості:

$$\begin{aligned} M &\leq M_{\text{зад}}; \\ M_{\text{зад}} &= 1,6. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Побудуємо графік АФЧХ замкнутої СК відповідно до розрахункових формул:

$$\Phi(\omega) := \frac{W(\omega)}{1 + W(\omega)} \quad (2.16)$$

$$A(\omega) := |\Phi(\omega)| \quad (2.17)$$



1 - $A(\omega)$, 2 - $M_{\text{зад}}$.

Рисунок 2.12 – Графічні залежності АЧХ замкнутої СК [29]:

На підставі графічних залежностей, представлених на рисунку 2.11, можна зробити висновок, що замкнута СК з встановленим ПД-регулятором за оптимальних параметрів налаштування не лише стійка, а й володіє необхідним запасом стійкості, оскільки максимальне розрахункове значення АЧХ не перевищує задане значення 1,6 [25-28].

Використавши формульний метод визначення налаштувань ПД-регулятора, для швидкої, наближеної оцінки значень параметрів налаштування ПД-регулятора для 3-ох видів оптимальних типових процесів регулювання.

Даний метод використаємо як для статичних ОК із самовирівнюванням (табл. 2.1), так і для ОК без самовирівнювання (табл. 2.2).

Таблиця 2.1 - Статичні ОК із самовирівнюванням [20-22]

Регулятор	Типовий процес регулювання		
	з 20% перегулювання	аперіодичний	J_{\min}
I	$K_p = \frac{1}{1,7K_{ок}\tau}$	$K_p = \frac{1}{4,5K_{ок}\tau}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{ок}\tau}$
II	$K_p = \frac{0,7}{K_{ок}\tau/T}$	$K_p = \frac{0,3}{K_{ок}\tau/T}$	$K_p = \frac{0,9}{K_{ок}\tau/T}$
III	$K_p = \frac{0,7}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = 0,7T$ ($T_I = \tau + 0,3T$)	$K_p = \frac{0,6}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = 0,6T$	$K_p = \frac{1}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = T$
ПД	$K_p = \frac{1,2}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = 2\tau$ $T_B = 0,4\tau$	$K_p = \frac{0,95}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = 2,4\tau$ $T_B = 0,4\tau$	$K_p = \frac{1,4}{K_{ок}\tau/T}$ $T_I = 1,3\tau$ $T_B = 0,5\tau$

Оскільки наш ОК є ОК із самовирівнюванням, то використаємо таблицю 2.1. В якості базового типового процесу приймаємо процес із 20% перегулюванням. Тоді параметри встановленого регулятора знаходимо за наступними формулами [20-22]:

$$K_p = \frac{1,2}{K_{ок} \tau / T} = \frac{1,2}{0,86 \cdot 1 / 3,6} = 5,0;$$

$$T_I = 2 \cdot \tau = 2 \cdot 1 = 2;$$

$$T_B = 0,4 \cdot \tau = 0,4 \cdot 1 = 0,4.$$

Таблиця 2.2 - Статичні ОК без самовирівнювання [20-22]

Регулятор	Типовий процес регулювання		
	з 20% перегулювання	аперіодичний	$\min \int_0^{\infty} e_p^2 dt$
П	$K_p = \frac{0,7}{\tau / T}$	$K_p = \frac{0,4}{\tau / T}$	-
ПІ	$K_p = \frac{0,7}{\tau / T}$ $T_I = 3 \cdot T$	$K_p = \frac{0,4}{\tau / T}$ $T_I = 6 \cdot T$	$K_p = \frac{1}{\tau / T}$ $T_I = 4 \cdot T$
ПІД	$K_p = \frac{1,1}{K_{ок} \cdot \tau / T}$ $T_I = 2 \cdot \tau$ $T_B = 0,4 \cdot \tau$	$K_p = \frac{0,6}{\tau / T}$ $T_I = 5 \cdot \tau$ $T_B = 0,2 \cdot \tau$	$K_p = \frac{1,4}{\tau / T}$ $T_I = 1,6 \cdot \tau$ $T_B = 0,5 \cdot \tau$

2.6 Висновки до другого розділу

Виконано моделювання автоматичної системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу, а саме визначено динамічні характеристики об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу, після чого підібрано тип регулятора та закон регулювання, виконано налаштування параметрів регулятора та проведено оцінку якості регулювання ПІД-регулятора. Визначено стійкість замкнутої АСК рівня температури за допомогою програмного пакету MathCad.

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

Використовуючи в АСК ТП КР мікропроцесорну техніку, отримаємо відображення всіх технологічних параметрів на екрані монітора одного пульта керування людини-оператора, що дуже зручно для керування і контролю ТП [26-29].

3.1 Опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу каталітичного риформінгу

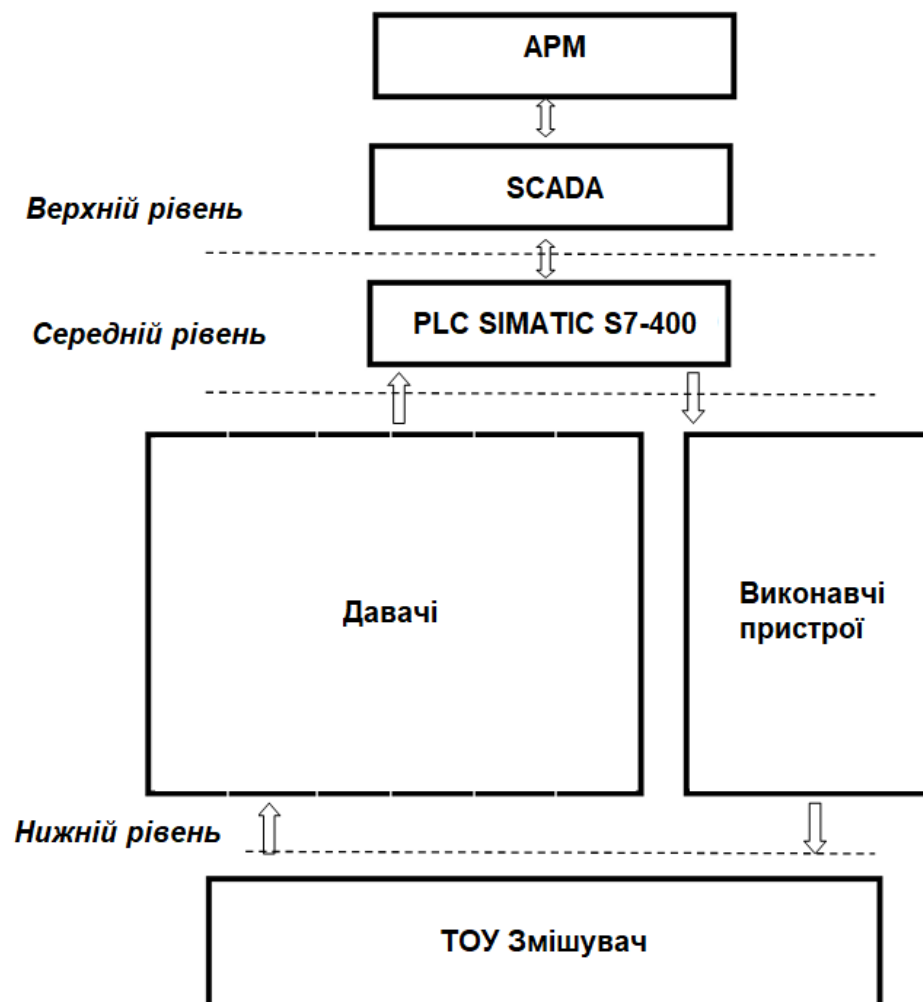


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд структурної схеми АСК ТП КР

На рисунку 3.1 представлено структурну схему АСК ТП КР, що розроблюється. Дана структурна схема є централізованою, оскільки всі сигнали з давачів будуть надходити на один PLC, і в ньому ж будуть створюватись необхідні сигнали керування [26-29].

У запропонованій структурній схемі АСК ТП КР є:

- інтелектуалізація пристроїв шляхом використання вбудованих мікропроцесорних властивостей;
- наявність цифрового зв'язку між компонентами СК;
- наближення обчислювальних можливостей до ТОУ, що підвищує надійність, ефективність та функціональність процесу керування;

Вище записане є ознаками розподіленої СК ТП.

3.2 Підбір виконавчих механізмів для виконання технологічного процесу каталітичного риформінгу

У запропонованій СК будемо використовувати спеціальний клапан запірно-регулювальний (КЗР) 25ч945п [30] з електричним виконавчим механізмом (ЕВМ) типу ST 0.1 [31] (рис. 3.2).

Клапани регулювальні та запірно-регулювальні відносять до регулювальної арматури, що призначена для виконання керування одним або декількома параметрами робочого середовища (рівень тиску, величина витрати, рівень температури, величина концентрація тощо) на певній ділянці технологічної системи або мережі, та складаються із 2-х функціонально пов'язаних частин [32-34]:

- виконавчого (або керівного) механізму, призначеного для створення впливу керування на встановлений регулювальний орган. В якості виконавчих механізмів можуть бути використані гідравлічні, електричні, або пневматичні приводи;

- регулювального органу - клапана (або заслінки), що безпосередньо впливають на величину потоку робочої суміші, що транспортується, шляхом зміни пропускної здатності клапану.



Рисунок 3.2 - Загальний вигляд КЗР 25ч945п з ЕВМ ST 0.1 [31]

КЗР 25ч945п є універсальним під час експлуатації, оскільки поєднує в собі роботу як регулювального так і запірних пристроїв [31].

Односідельна конструкція та герметичне перекриття робочого потоку суміші в положенні затвора «закрито» дає можливість унеможливити застосування на мережі додаткових запірних пристроїв до та після встановленого КЗР.

Зміна (регулювання) потоку робочої суміші виконується за допомогою переміщення плунжера відносно сідла та зміни пропускної здатності КЗР за сигналом керування, що надходить на ЕВМ. Зусилля, що розвивається ЕВМ, передається на плунжер, який переміщається вниз та вгору, виконуючи зміну площі відкритого прохідного отвору сідла.

Герметичність КЗР відносно навколишнього середовища забезпечується прокладками та сальниковим ущільненням.

Переваги використання КЗР 25ч945п [30]:

- висока енергоефективність за рахунок використання менш потужних приводів;
- плавне регулювання та надійне замикання потоку суміші;
- відсутність шуму в роботі;
- можливість зміни K_v КЗР шляхом заміни плунжера безпосередньо на об'єкті;
- відсутність випадків протікання суміші по штоку за рахунок унікального ущільнення;
- комплектація КЗР електроприводами будь-яких виробників, гарантійний строк експлуатації - 18 місяців.

Технічні характеристики КЗР [30]:

- умовна пропускну здатність, K_{vy} , в діапазоні від 40 до 160 м³/год;
- величина відносного протікання в затворі при $P_{ісп.}=0,4$ МПа, - не перевищує 0,001 л/хв;
- рівень номінального тиску P_N - 1,6МПа;
- рівень перепаду тисків - 1,6МПа;
- рівень температура робочого середовища - від мінус 5 °С до +150 °С;
- рівень температури навколишнього середовища – в межах від мінус 25 °С до +50 °С;
- характеристика робочого середовища - повітря, пар, вода та інші газоподібні та рідкі середовища;
- кількість годин напрацювання на відмову – 10 тис. год.;
- гарантійний термін експлуатації - 12 місяців;
- термін служби - більше 10 років.

Технічні характеристики ЕВМ типу ST 0.1 [31]:

- швидкість керування - 3,2 см/хв;

- робочий хід – не більше 32 мм;
- час закриття – не більше 60 с;
- режим роботи - повторно-короткочасний;
- зусилля на штоці - 7,2 кг;
- напруга живлення (керуюча) змінного струму - 230В, частотою 50Гц;
- споживана потужність – не більше 15Вт;
- загальна маса - 7,8 кг.

Умови експлуатації ЕВМ типу ST 0.1 [31]:

- температура навколишнього середовища в діапазоні від мінус 25°C до +55°C;
- відносна вологість навколишнього середовища, в діапазоні від 5% до 100%;
- ступінь захисту відповідає - IP65.

3.3 Підбір PLC для виконання технологічного процесу каталітичного риформінгу

Відповідно до проведеного аналізу PLC повинен мати як мінімум 12 аналогових входів, 4 дискретних виходи, 5 аналогових виходів. Через складність ТП рекомендується вибрати PLC SIMATIC S7-400 фірми SIEMENS. SIMATIC S7-400 є універсальним PLC, що має високий ступінь електромагнітної сумісності, відповідає найжорсткішим вимогам промислових стандартів, високу стійкість до вібраційних та ударних навантажень. Встановлення та заміну модулів PLC можна виконувати без вимкнення живлення (так звана, «гаряча заміна») [35-37].



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд PLC SIMATIC S7-400 [35-37]

PLC SIMATIC S7-400 [37] призначені для розв'язання завдань керування і регулювання в АСК ТП. При цьому SIMATIC S7-400 дають можливість створювати як автономні АСК, так і АСК, що працюють у загальній інформаційній мережі. Область використання PLC SIMATIC S7-400 винятково широка і простягається від найпростіших завдань автоматизації, для вирішення яких у минулому використовували прості реле і контактори, до завдань комплексної автоматизації. PLC SIMATIC S7-400 дедалі інтенсивніше використовують при створенні таких СК, для яких у минулому із економічних міркувань необхідно було розробляти спеціальні електронні модулі.

Модульний ряд SIMATIC S7-400 [35-37].

Сімейство об'єднує у своєму складі модулі CPU; модуль вимірювання ваги; комунікаційні модулі; модулі вводу/виводу аналогових і дискретних сигналів; модуль позиціонування типу EM 253 [38]; модулі блоків живлення.

Максимально може бути використано до семи різних модулів розширення. Усі модулі можуть виконувати завдання в діапазоні температур від 0 до +55°C. Для більш жорстких умов використання можуть використовуватися модулі сімейства SIPLUS S7-400 з діапазоном робочих температур від мінус 25°C до +70°C.

Конструктивні особливості PLC SIMATIC S7-400 [35-37]:

- просте підключення зовнішніх ланцюгів через клемні блоки з контактами під гвинт. Захист усіх струмоведучих частин пластиковими кришками, із можливістю відкриватись;

- компактні пластикові корпуси зі ступенем захисту IP20;

- монтаж на стандартну DIN-рейку або на плоску поверхню з кріпленням гвинтами;

- наявність опціональних або штатних знімних клемних блоків, що дають змогу виконувати заміну модулів без демонтажу їхніх зовнішніх ланцюгів;

- з'єднання модулів за допомогою плоских кабелів, вмонтованих у кожен модуль розширення.

У PLC Simatic S7-400 [36] використовується п'ять моделей CPU, що відрізняються кількістю та видом вбудованих входів і виходів, об'ємами вбудованої пам'яті, кількістю вбудованих інтерфейсів RS-485, кількістю потенціометрів аналогового задання цифрових величин та іншими показниками. Кожна модель виготовляється в двох модифікаціях:

- з напругою живлення постійного струму на рівні 24В та дискретними виходами 24В/0,75А на основі транзисторних ключів;

- з напругою живлення змінного струму на рівні 115/230В та дискретними виходами у вигляді замикальних контактів реле із здатністю до навантаження до двох А на контакт.

Модулі вводу/виводу дискретних і аналогових сигналів для PLC Simatic S7-400 [35-37]. За допомогою модулів вводу/виводу даних PLC Simatic S7-400 легко адаптуються до вимог завдання, що розв'язується. Використовуються для збільшення кількості входів та виходів, які обслуговує один CPU, доповнювати систему вводу/виводу даних не лише дискретними, а й аналоговими каналами із необхідними параметрами для сигналів.

Технологічні модулі для PLC S7-400 [35-37]:

- модуль позиціонування EM 253 [38] для розв'язання простих завдань позиціонування електроприводів із кроковими електродвигунами по одній осі.

Комунікаційні модулі для PLC Simatic S7-400 [35-37]:

- EM 277 [39] - для підключення до мережі PROFIBUS-DP і виконання функцій веденого пристрою, швидкість передачі даних - до 12 Мбіт/с;
- EM 241 [40] - для безпосереднього підключення двох S7-400 за допомогою телефонної мережі, передача SMS-повідомлень, підтримка функцій ведучого/ веденого пристрою через мережу MODBUS;
- CP 243-1 [41] - для підключення до мережі Ethernet, швидкість обміну даними - 10/100 Мбіт/с, TCP/IP. Підтримка функцій HTTP/FTP-сервера, FTP-клієнта. Flash пам'ять об'ємом 8 Мбайт для зберігання файлової системи;
- CP 243-2 - комунікаційний процесор провідного пристрою AS-Interface, здатний обслуговувати до 62 підключених пристроїв [42];
- SINAUT MD720-3 для організації бездротового зв'язку за допомогою використання GSM мережі [43].

Апаратура HMI для PLC Simatic S7-400.

Для вирішення завдань HMI в СК на основі PLC Simatic S7-400 [35] може використовуватися практично весь спектр продуктів сімейства SIMATIC HMI. Водночас до складу даного сімейства входить ціла низка текстових дисплеїв та панелей оператора, призначених для роботи тільки з PLC Simatic S7-400.

Панель оператора SIMATIC OP 73 Micro [44, 45], оснащена 3" графічним монохромним дисплеєм із роздільною здатністю 160x48 пікселів, 4 функціональними та 8 системними клавішами. Підключення до CPU S7-400 виконується через PPI інтерфейс. Конфігурування панелі виконується за допомогою використання програмного забезпечення WinCC flexible Micro.

Текстові дисплеї типу TD 200/TD 400C [45, 46, 47] можуть підключатися до будь-якої моделі PLC Simatic S7-400 за допомогою з'єднувального кабелю через спеціальний PPI інтерфейс. За довжини лінії зв'язку до 2,5 м через цей же кабель може виконуватись живлення підключеного дисплея. У разі довжини лінії понад 2,5 м для живлення дисплея необхідно використовувати додатковий блок живлення напругою в 24В постійного струму. До одного PLC може бути

під'єднано кілька текстових дисплеїв. Дисплей дозволяє наступні можливості [45]:

- відображати та редагувати значення параметрів із вбудованої клавіатури;
- відображати не більше 80 текстових повідомлень, у кожне з яких допускається включати до шести перемінних;
- виконувати керування станом входів та виходів PLC для реалізації функцій ручного тестування, керування та діагностики СК.

Відмінною рисою TD 400C [47] є наявність клавіатури, що налаштовується (до 15 клавiш) і можливість оформлення фронтальної панелі із повним урахуванням необхідних вимог. Функції всіх клавiш можуть програмуватись.

Конфігурування текстових дисплеїв та оформлення фронтальної панелі виконується за допомогою використання спеціального майстра пакета STEP 7 Micro/Win [48]. Параметри конфігурації зберігаються в пам'яті CPU PLC S7-400. Готові варіанти зображень фронтальної панелі можна роздрукувати на спеціальну плівку та наклеїти на дисплей TD 400C.

Сенсорна панель SIMATIC TP 177Micro [45, 49], оснащена 5,7" графічним дисплеєм блакитного кольору з роздільною здатністю 240x320 пікселів або 320x240 пікселів та вбудованою сенсорною аналоговою резистивною клавіатурою. Підключення до PLC S7-400 виконується через спеціальний PPI інтерфейс CPU. За основним набором функцій панель близька до панелі OP 73 Micro [44] описаної вище, але має кращі графічні можливості та дає можливість обслуговувати до 250 екранних зображень та до 500 системних повідомлень.

Основний набір стандартних інструментальних засобів для роботи з PLC S7-400 сконцентровано в пакеті STEP 7 MicroWin [48]. Пакет надає наступні можливості:

- виконувати конфігурування параметрів апаратури;
- програмувати PLC мовами STL, FBD та LAD, виконувати автономне або інтерактивне налаштування програми;
- використовувати символну адресацію для перемінних;

- використовувати широкий набір майстрів для конфігурування комунікаційних модулів, текстових дисплеїв TD 200/TD 400C [45-47], модуля позиціонування, швидкісних лічильників та імпульсних виходів, ПІД-регуляторів, вбудованих інтерфейсів, керування даними проєктів тощо.

- виконувати доступний та легкий перегляд усіх даних проєкту;
- завантажувати необхідні дані в картридж пам'яті [48].

У зв'язку з обраним типом PLC ми рекомендуємо вибрати SCADA-систему SIMATIC WinCC (v15.1) фірми SIEMENS [50].

Функціональність системи візуалізації SIMATIC WinCC v15.1 [50] значно розширено, графічний інтерфейс для людини-оператора може бути створено відповідно до стандартів Windows Aero [51]. Можливе використання вбудованих шаблонів (таких як класичний, прозорий чи 3D) та колірної палітри, які можуть бути централізовано адаптовані в будь-який момент часу. Додаткову наочність елементам керування WinCC [50] надають наступні ефекти - стилі заливки, тіні, прозорість, підсвічування під час наведення курсору.

Нові графічні можливості функціонують як під Windows 10 [52], так і під Windows 7 [53]. Додано елемент керування для відтворення медіа-файлів (форматів gif/avi/jpeg/mpeg) та швидкі тригери для використання анімації.

Концепція об'єктного інжинірингу дає можливість виконувати централізоване налаштування прототипів та, відповідно, автоматично оновлювати екземпляри. Удосконалено керування текстами - новий вбудований редактор TextDistributor призначений для виконання імпорту та експорту текстів усіх редакторів WinCC, а редактор TextLibrary оснащено механізмом пошуку відсутніх або невикористовуваних текстів. Веб-клієнт може бути запущений як в Internet Explorer, так і без нього за допомогою власного клієнтського додатку, що підвищує безпеку системи.

Базові функціональні модулі SIMATIC WinCC v15.1 [50]:

- Graphics Designer – використовується для розробки мнемосхем із підтримкою централізовано змінюваних шаблонів, кольорової палітри, об'єктів

користувача. Динамізація виконується за допомогою використання прямої прив'язки до динамічних діалогів, перемінних або скриптів на мовах Visual Basic Scripts (VBS) або ANSI-C;

- WinCC Explorer – використовується для виконання швидкого огляду усіх даних проєкту, запуску редакторів та режиму Runtime, глобальних налаштувань, завантаження змін проєкту безпосередньо в Runtime, налаштування системи «клієнт-сервер»;

- Tag Logging – використовується для збору, стиснення та виконання архівування перемінних. База даних перемінних заснована на MS SQL Server. Архівація виконується циклічно, або керується подіями в системі, може виконуватись архівація окремих перемінних або цілком блоків даних PLC;

- Alarm Logging – використовується для збору та виконання архівації отриманих повідомлень. Підтримуються два методи генерації повідомлень: періодичне опитування перемінних або приймання пакетів PLC (так званий штамп часу PLC). Повідомлення можуть генерувати спеціальні звукові сигнали;

- Report Designer – використовується для генерації звітів у вільно програмованому форматі, керованим подіями або за часом. Можливе виконання генерації протоколів повідомлень, вимірюваних величин та звітів користувача. У звіт можна включати дані з CSV файлів та баз даних DB.

- Global Script – використовується для виконання програмування дій, що виконуються над графічними об'єктами, а також скриптів, що виконуються у фоновому режимі, мовами VBS або ANSI-C. Можна підключати динамічні бібліотеки DLL (тільки в мові ANSI-C) та працювати з ActiveX об'єктами;

- Text Distributor та Text Library – використовуються для керування текстами та багатомовними проєктами. Підтримується імпортування та експортування текстів з усіх редакторів;

- User Administrator – використовується для керування рівнями доступу в проєкті. Може інтегруватися в систему безпеки ОС Windows при роботі спільно

із Simatic Logon. Підтримується керування веб-користувачами для Web Navigator;

- OS-Project Editor – використовується як набір інструментів, для синхронізація часу в системі, автопобудови ієрархії мнемосхем, контролю працездатності пристроїв; конфігурації проєктів із кількома моніторами;

- Menu & Toolbar – використовується для створення меню користувача та панелі інструментів для екранів та вікон [50].

У комплект поставки WinCC v.15.1 [50] входить набір каналів зв'язку для підключення до PLC SIMATIC S7. Для організації зв'язку через мережі MPI/PROFIBUS через комутаційні модулі типу CP 5611/5512/5711 [54] додаткове ПЗ та ліцензії не потрібні, тоді як при використанні апаратних карт типу CP5613/5623 [55] необхідна ліцензія на протокол S7-5613 [56].

При підключенні по мережі Ethernet через стандартну мережеву карту ліцензія Softnet-S7 IE Lean на вісім підключень вже входить в комплект поставки WinCC [50], повний пакет Softnet-S7 IE на 64 підключення можливо купити додатково. При застосуванні апаратних мережевих Ethernet карт CP1613/1623 необхідна ліцензія S7-1613 [56].

Організація резервованого каналу зв'язку із дубльованими PLC Simatic S7-400H можлива тільки в разі використання карт CP1613/1623 [57] та S7-REDCONNECT [58]. До пакету постачання WinCC також входять комунікаційні канали для мереж Allen Bradley Ethernet IP (ControlLogix, PLC5, SLC50x), Modbus TCP/IP, Mitsubishi сімейств FX3U та Q [59-61].

3.4 Розробка алгоритмів системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу

В АСК ТП на різних рівнях керування можуть використовуватися різні види алгоритмів:

- релейні або ПДД-алгоритми автоматичного керування технологічними параметрами встановленого технологічного обладнання (регулювання величини витрати, керування положенням робочого органу, величини рівня тощо) - реалізуються на PLC;

- алгоритми пуску (запуску)/зупинки технологічного обладнання (або релейні пускові схеми) - реалізуються на SCADA-формі та на PLC;

- алгоритми керування збором вимірювальних сигналів (або алгоритми у вигляді універсальних програмних блоків, що розташовуються в постійній пам'яті PLC) - реалізуються на PLC;

- алгоритми автоматичного захисту (або ПАЗ) - реалізуються на PLC;

- алгоритми централізованого керування АСК - реалізуються на SCADA-формі та на PLC [26-29].

У даній роботі розроблено наступні алгоритми АСК:

- блок-схема алгоритму збору даних вимірювань;

- алгоритм автоматичного регулювання технологічним параметром.

3.4.1 Алгоритм збору даних вимірювань

В якості каналу вимірювання ми виберемо канал вимірювання рівня тиску. Для цього каналу створимо алгоритм збору даних вимірювань, блок-схема якого наведена на рисунку 3.4.

Суть даного алгоритму у формуванні сигналів, передача на місцевий щит керування в PLC, створення сигналів керування у випадку перевищення величини уставок і передача сигналів на виконавчі механізми, передача сигналу вимірювання в SCADA-систему, наприклад, TRACEMODE 6, де відбувається моніторинг людиною-оператором, запис сигналів в архів та побудова необхідних трендів згідно із отриманою інформацією [26-29].



Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритму збору даних з каналу вимірювання рівня тиску

3.4.2 Алгоритм автоматичного керування технологічним параметром

Алгоритм автоматичного керування створимо на прикладі насосних агрегатів емностей з сумішами. Для обраного технологічного обладнання

розробимо алгоритм пуску/зупинення насосних агрегатів, блок-схему якого наведено на рисунку 3.5 [26-29].

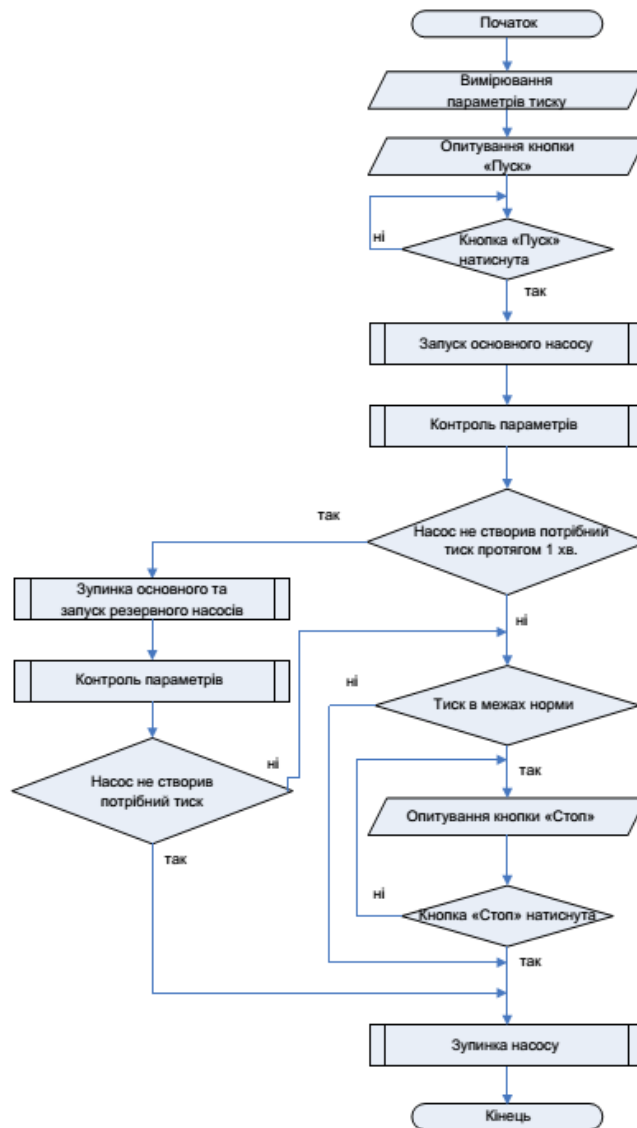


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму запуску/зупинки насосів на ємностях із сумішшю

3.5 Висновки до третього розділу

В розділі виконано розробку алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу, для цього описано функціональні схеми автоматизації, виконано підбір виконавчих механізмів та PLC на основі яких і створено блок-схеми необхідних алгоритмів керування.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

Запропонована нами система автоматизації ТП КР буде мати дворівневу розподілену архітектуру (рис. 4.1) [26-29].

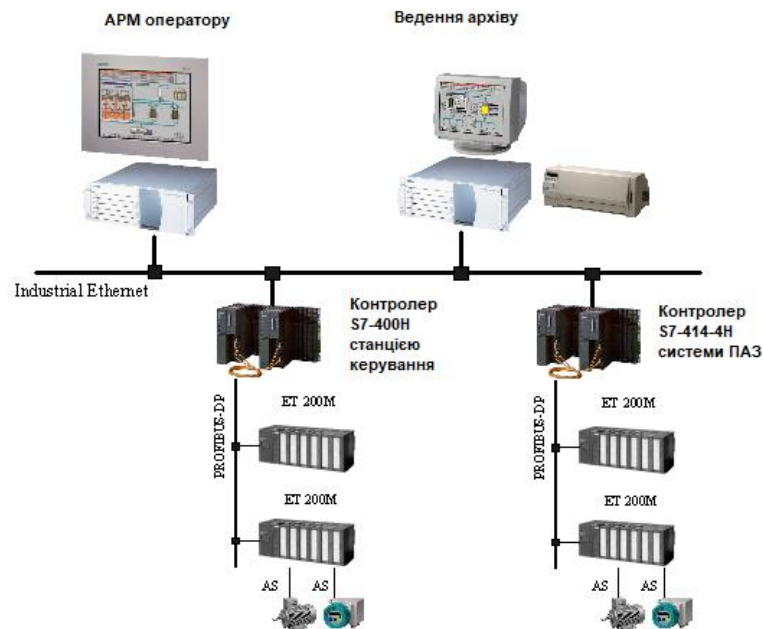


Рисунок 4.1 – Розроблена структурна схема СК ТП КР

4.1 Розроблення нижнього рівня системи керування технологічним процесом

На нижньому рівні СК ТП КР будуть реалізовані наступні функції [26-29]:

- збір інформації про технологічний ОК;
- контроль за технологічними параметрами;
- підтримання технологічних параметрів на встановлених значеннях;
- сигналізація параметрів, що виходять за допустимі межі, тобто забезпечення безпеки виробництва;
- блокування керувань, що можуть бути результатом помилкових дій людей-операторів або спрацювання техніки;
- протиаварійний захист (ПАЗ) за фактом надзвичайних подій.

Нижній рівень реалізовано на базі двох паралельних підсистем функціонально незалежних контролерів сімейства SIMATIC S7-400 [35] для керування ТП КР та S7-414-4H [36, 37] для системи ПАЗ. Збір оперативної інформації від давачів та створення впливів керування на електроприводи виконується за допомогою станцій розподіленої периферії ET 200M [62].

Для нижнього рівня СК ТП ми рекомендуємо залишити наявні на установці первинні перетворювачі, давачі та виконавчі механізми серії «Сапфір-22» [17], «Метран-43» [18] тощо, оскільки вони повністю відповідають вимогам, які ставить установка тому заміна буде економічно невиправданою.

Рівень температури будемо визначати за допомогою термоперетворювачів типу ХК Метран-202 [63]. Дані термопари оснащені вбудованим нормувальним перетворювачем, що перетворює термо-ЕРС у стандартизований струмовий сигнал в діапазоні від 4 до 20 мА. Такий термоперетворювач володіє наступними перевагами, такими як, відсутність додаткових проводів для живлення; висока точність; наявність вихідного стандартизованого струмового сигналу, який без посилення може транспортуватись на значні відстані аж до контролера.

Для вимірювання рівня тиску в системі буде застосовуватись перетворювач вимірювальний вибухозахищений типу Метран-43Ф-ДІ-Ех [64], призначений для роботи в САК, САР та керуванні ТП вибухонебезпечних виробництв, що забезпечує безперервне перетворення значення вибраного технологічного параметру в стандартизований струмовий сигнал для дистанційної передачі сигналу.

Для вимірювання рівня суміші в колоні К-2 буде використовуватись перетворювач вимірювальний вибухозахищений типу Метран-43Ф-ДУ-Ех [64], призначений для роботи в САК, САР та керування ТП вибухонебезпечних виробництв, який дозволяє безперервне перетворення значення вибраного параметра, в стандартизований струмовий сигнал для дистанційної передачі сигналу.

Перетворювач вимірювальний вибухозахищений типу Метран-43Ф-ДД-Ех

[64] використовується в якості дифманометру для зняття показань перепаду рівня тиску на звужувальному пристрої. В якості первинного перетворювача для вимірювання величини витрати суміші використовується спеціалізований звужувальний пристрій - діафрагма ДКС [64], принцип дії якої заснований на виникненні різниці рівнів тиску, квадратично залежної від витрати потоку суміші, що проходить через даний звужувальний пристрій.

Перетворювач вимірювальний рівня буйковий типу Метран-43-ДД-Ех-Вн [64] призначено для роботи в САК, САР та керування ТП і забезпечує безперервне перетворення вибраного параметру - рівня рідини або, навіть, рівня кордону розділу рідких фаз у стандартизований струмовий сигнал для дистанційної передачі.

Блок живлення БПД-40-Ех [64] призначений для живлення давачів типу «Метран» виконаних в іскробезпечній формі. Такі блоки виготовляються одно-, дво-, чотириканальні.

Основні переваги давачів типу «Метран-43» [64]:

- висока точність перетворення параметрів;
- довготривала стабільність передачі сигналу;
- підвищена стійкість до зміни рівня температури навколишнього середовища;
- стійкість до вібрації та гідродударів суміші;
- довговічність роботи.

Визначення концентрації водню у газовій суміші здійснюється за допомогою використання газоаналізатора серії ServoPro 4100 [65]. Чутливий елемент може бути вбудований безпосередньо у давач або змонтований на відстані до 600 метрів. Давач вимірює та відображає концентрацію газу, реєструє калібрування, зберігає отримані дані у пам'яті. У аналізатора стандартизований вихідний сигнал в діапазоні від 4 до 20 мА, напруга живлення 24В постійного струму.

Визначення вологості газової суміші здійснюється за допомогою

використання поточного аналізатора вологості моделі 5000 [66], спеціально призначеного для роботи у вибухонебезпечних зонах. Також може використовуватись для визначення вологості складних технологічних потоків. Аналізатор складається з вибухозахищеного блока 560В та вбудованого контролера. Дія аналізатора заснована на вимірюванні частоти коливання кварцового кристала з спеціальним гідрофільним покриттям. Така технологія забезпечує досить точність вимірювань та високу чутливість, нечутливість до перешкод та швидкий відгук. Має стандартизований струмовий вихід в діапазоні від 4 до 20 мА, напруга живлення в межах 230 ± 20 В змінного струму [66].

Для визначення наявності полум'я у пічних форсунок використовуються детектори згасання полум'я типу «Факел 3М» [67]. В якості чутливого елемента використовується фотодавач, що перетворює пульсацію світла в стандартизований електричний сигнал. Має уставку спрацьовування за вхідним сигналом: сигналізація в діапазоні від 50 до 200мВ, блокування в діапазоні від 5 до 50мВ, потужність детектора 25Вт, живлення 220В змінного струму з частотою 50Гц.

Специфікація на давачі представлена в додатку В.

4.2 Розроблення системи ПАЗ для технологічного процесу

Для системи ПАЗ для ТП КР використовується повністю автономний резервований контролер типу S7-414-4Н [36, 37].

Під час розроблення ПАЗ були враховані норми технологічного регламенту. На верхньому рівні передбачено світлову та звукову сигналізацію. Усі дії системи ПАЗ, блокування, сигналізації про перевищення допустимих технологічних параметрів, повідомлення про дії людини-оператора записуються в спеціальний журнал.

З метою забезпечення надійності для контролера ПАЗ запропоновано використовувати наступну конфігурацію вводу/виводу, з можливістю

перемикання (система з підвищеним коефіцієнтом готовності) (рис. 3.2). Така система ПАЗ складається з:

- двох центральних процесорів - CPU 414-4H [36, 37];
- двох лінії PROFIBUS-DP;
- станції розподіленого вводу/виводу типу ET 200M [62] із двома інтерфейсними модулями типу ІМ 153-2 для підключення до резервованої мережі PROFIBUS-DP.

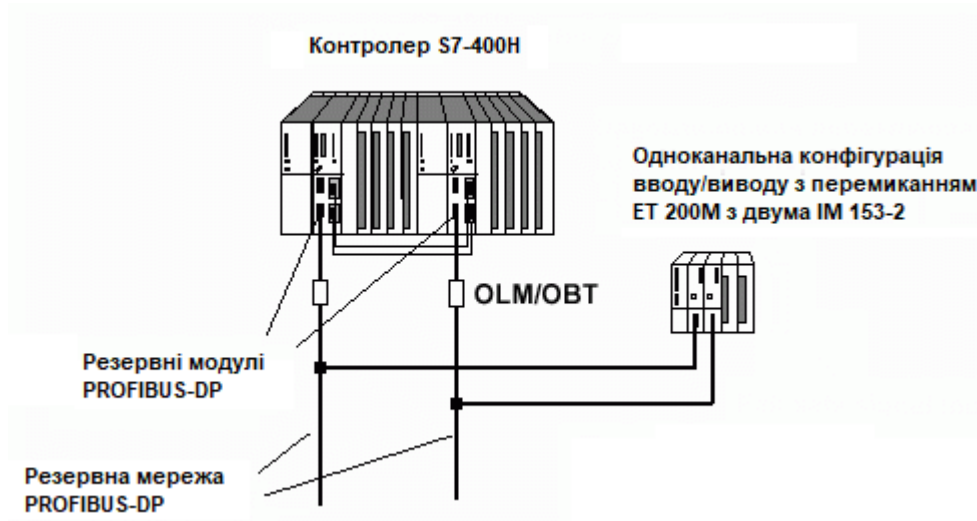


Рисунок 4.2 – Схема одноканальної конфігурації вводу/виводу, з перемиканням

У разі відмови активного CPU, інтерфейсного модуля ІМ 153-2 або каналу зв'язку PROFIBUS-DP керування буде передаватись резервному CPU, виконується перемикання на резервну лінію PROFIBUS-DP, керування ТП КР не переривається.

Операційна система CPU 414-4H [37] виконує всі необхідні функції резервування контролера S7-400H в автономному режимі:

- обмін даними між центральними CPU контролера;
- синхронізація роботи двох центральних CPU контролера;
- виявлення відмов та вмикання гарячого резерву;
- самодіагностика.

4.3 Розроблення верхнього рівня системи керування технологічним процесом

Верхній рівень СК ТП – автоматизоване робоче місце (АРМ) людини-оператора - реалізовано на базі промислового персонального комп'ютера (ПК) під керуванням SCADA-системи WinCC версії 15.1 [50].

Розроблена система диспетчеризації верхнього рівня СК ТП забезпечує виконання наступних функцій [26-29]:

- відображення в реальному часі значень впливів керування та технологічних параметрів;
- відображення ТП КР на дисплеї людини-оператора у вигляді графічних мнемосхем;
- формування та відображення на дисплеї різних груп графіків технологічних параметрів;
- можливість ведення архіву технологічних параметрів;
- автоматичну сигналізацію та реєстрацію у випадку досягнення параметром попереджувальної та передаварійної межі;
- ведення спеціального журналу аварійних та системних повідомлень, де фіксуються всі системні повідомлення, про вмикання попереджувальної та передаварійної сигналізації, повідомлення про дії людини-оператора щодо квітування (підтвердження), повідомлення про зміну стану виконавчих механізмів.

Зв'язок модулів ET 200M [62] з контролерами здійснюється високошвидкісною комунікаційною шиною PROFIBUS на кручений парі. Зв'язок контролерів з операторською станцією виконується згідно із протоколом Industrial Ethernet (OSM 62 ITP [68]) та оптоволоконний кабель.

Специфікація на обрані програмно-технічні засоби представлена в додатку В, див. табл. В.5.

4.3.1 Обґрунтування вибору СК верхнього рівня

Так як програмні продукти класу SCADA мають досить широке представлення на міжнародному ринку, тому вибір такої СК являє собою досить важке завдання. Було виконано порівняльний аналіз близько десяти SCADA-пакетів за їхніми технічними, експлуатаційними та вартісними характеристиками [59-61]. У результаті проведеного аналізу було визнано оптимальним варіант використання пакету SIMATIC WinCC фірми-виробника Siemens, який не поступається іншим продуктам за базовими критеріями і, крім того, володіє низкою переваг.

SIMATIC WinCC [50] дотримується відкритих стандартів у комунікаційних драйверах. Крім наявності вбудованого пакета комунікаційних драйверів для SIMATIC S5, S7, WinCC підтримує також відомі специфікації обміну даними, серед яких: Allen Bradley-DF1, Industrial Ethernet, Modbus Serial, Mitsubishi FX тощо [59-61, 68]. У WinCC також застосовуються комунікаційні драйвери, які не залежать від фірми виробника. До складу таких драйверів входять OPC (OLE for Process Control), DDE, Profibus DP/FMS.

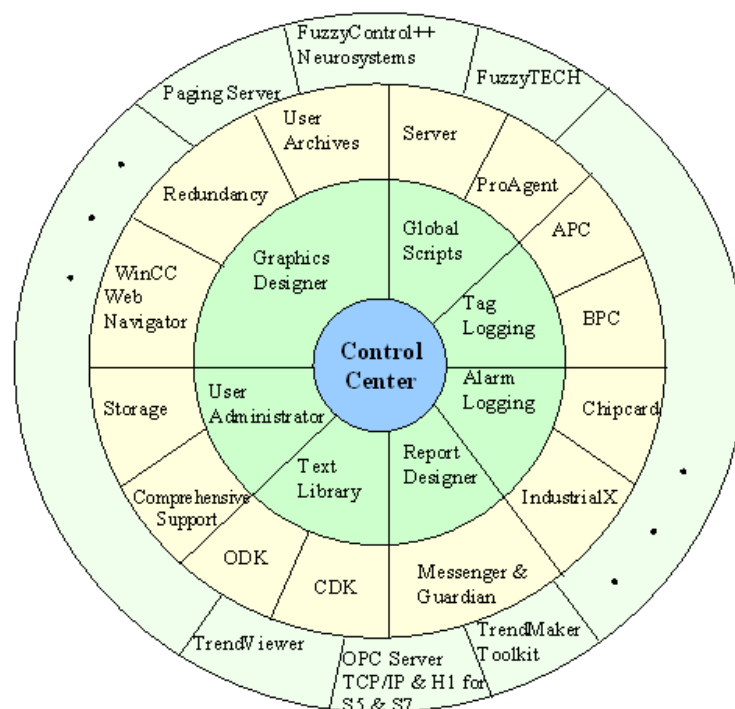


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд структури WinCC [50]

WinCC [50] є модульною системою (рис. 3.3). Вона складається із стандартного набору модулів (базовий пакет) та спеціальних додаткових опцій, список яких постійно зростає. Кожен модуль представляє собою редактор, який виконує певну функцію та, в свою чергу складається із системи виконання та системи розробки.

Ядром WinCC є спеціальний застосунок Control Center [50], який надає можливість легко орієнтуватися в проєкті та виконує роль менеджера всіх опцій WinCC. У застосунку Control Center виконується оголошення та налаштування протоколу передачі даних, а також оголошення зовнішніх та внутрішніх перемінних. В оголошення перемінних входить перетворення форматів, встановлення початкових значень, нормування та низка інших функцій.

До стандартного набору опцій входять наступні редактори [50]:

- Global Scripts – спеціальна служба оброблення подій - це загальна назва для С-функцій та оброблення подій у всьому WinCC-проєкті. За допомогою даної підсистеми можна виконати оброблення події, ініційовану будь-яким графічним об'єктом, а також змінювати зі скрипта обрані об'єкти;

- Graphics Designer – вбудований графічний редактор, призначений для створення мнемосхем;

- Tag Logging – спеціальна служба архівації для ведення довготривалих та оперативних архівів;

- Alarm Logging - спеціальна служба повідомлень, призначена для виведення повідомлень про хід контролюваного ТП в процесі роботи WinCC-додатка, підтвердження повідомлень людиною-оператором та ведення архівів таких повідомлень;

- Text Library – вбудований редактор для багатомовної підтримки;

- Report Designer - вбудований генератор звітів, що складається із системи генерації звітів і редактора схеми звітів;

- User Administrator – вбудований адміністратор користувачів для контролю прав доступу користувачів WinCC-додатку.

Крім того, існує додатковий набір модулів, куди входять наступні модулі:

- User Archives – спеціальні архіви користувача;
- Server - створення клієнт-серверних WinCC-додатків;
- IndustrialX - спеціальний набір графічних об'єктів (ActiveX-компонент) для використання в Graphics Designer, які спрощують створення мнемосхем;
- BPC (Basic Process Control) та APC (Advanced Process Control) спрощують розв'язання різних завдань з обробки та моніторингу технологічних процесів;
- Storage - дозволяє переміщати дані, накопичені в довготривалих архівах, на інші накопичувачі, а також видаляти застарілі дані із зазначенням часу або в залежності від заповнення диска;
- ProAgent - надає додаткові діагностичні функції;
- Redundancy - забезпечує відмовостійкість системи. Досягається це за допомогою паралельної роботи двох WinCC-серверів. У разі відмови одного із них WinCC-клієнти будуть переключені на інший сервер;
- Web Navigator - організація перегляду WinCC-додатку через Web;
- Channel Development Kit - дає змогу розробнику створювати свої комунікаційні драйвери;
- Open Development Kit - надає опис внутрішніх структур і функцій для розробника [50].

Відкритість WinCC дає змогу розробникам з інших фірм створювати Add-ons для WinCC, такі як [50]:

- FuzzyControl++ Neurosystems - доповнення для організації нейронних мереж для WinCC та SIMATIC S7;
- FuzzyTECH – доповнення для розробки за допомогою нечіткої логіки;
- OPC Server TCP/IP & H1 for SIMATIC S7 може використовуватися спільно з OPC-клієнтами в WinCC, даючи змогу переміщати дані із SIMATIC S7 по OPC.

Крім того, під час вибору WinCC як СК верхнього рівня було враховано наступні переваги:

- пакет WinCC [50] на 128 процесорних перемінних поставляється фірмою-виробником Siemens безкоштовно;
- технічна підтримка в регіональних центрах Siemens;
- можливість інтеграції в комплексне рішення для СК ТП SIMATIC PCS 7 фірми-виробника Siemens [50].

4.4 Обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня

4.4.1 Обґрунтування вибору контролера SIMATIC S7-400H [35-37]

До апаратно-програмних засобів (АПЗ) контролерного (нижнього) рівня керування ТП висуваються досить жорсткі вимоги щодо надійності, часу відгуку на давачі чи виконавчі пристрої. Програмовані логічні контролери (PLC) повинні гарантовано відгукуватися на зовнішні дії (збурення), що надходять від ОК, за час, що строго визначений для кожної події.

Для виробництва, що розглядається, висуваються підвищені вимоги до надійності функціонування СК. Простій СК може спричинити суттєво великі економічні втрати.

Забезпечити високі вимоги надійності можливо лише через використання резервованих СК. PLC SIMATIC S7-400H відповідає перерахованим вимогам. PLC здатний продовжувати виконання завдання в разі виникнення однієї або, навіть, декількох відмов у компонентах. PLC S7-400H забезпечує наступні можливості [35-37]:

- високий коефіцієнт готовності системи вводу/виводу даних, що забезпечується застосуванням конфігурацій системи вводу/виводу даних, із здатністю перемикання;
- резервування всіх основних функцій;
- можливість використання стандартних конфігурацій систем вводу/виводу даних;

- використання резервованих мереж типу PROFIBUS-DP для побудови конфігурацій системи вводу/виводу даних, із здатністю до перемикавання;
- вільне збільшення можливостей під час модернізації СК;
- гаряче резервування тобто виконання автоматичного безударного перемикавання у разі відмови основного блоку на резервний блок;
- високу потужність, завдяки великій кількості вбудованих функцій.

PLC Simatic S7-400 - це потужний контролер, що використовується для розв'язання завдань автоматизації високого та середнього ступенів складності, та виконує практично будь-які завдання автоматичного керування [35-37]. PLC оснащено досить широким спектром модулів різного призначення та можливістю побудови спеціалізованих мультипроцесорних СК, високою гнучкістю завдяки простому використанню розподілених систем вводу/виводу даних та досить потужним можливостям через використання мережі.

До переваг даного PLC також належать простота конструкції та монтажу, робота з використанням природного охолодження, простота розширення під час модернізації СК для розв'язання поставлених завдань автоматизації високої та середньої складності.

Система автоматизації побудована на PLC S7-400 [35] має модульну конструкцію. Даний PLC можна комплектувати досить широким спектром модулів, у будь-якому поєднанні.

У багатьох галузях автоматизації ТП висуваються суттєво більш високі вимоги до надійності PLC та безперервності перебігу ТП, особливо там, де простий обладнання досить дорого вартісний. У подібних випадках тільки резервовані СК можуть відповідати встановленим вимогам до надійності. PLC Simatic S7-400H [36, 37] відповідає подібним вимогам. PLC здатний продовжувати виконання поставленого завдання в випадку виникнення однієї або декількох відмов у компонентах СК.

Переваги PLC Simatic S7-400H [35-37]:

- стандартна обробка отриманих даних. З погляду користувача в PLC

Simatic S7-400 [35] є тільки один CPU та, відповідно, одна програма;

- прозорість програмування. Програми можуть бути написані всіма доступними для PLC Simatic S7-400 [36] мовами. Програма, написана для звичайного CPU, може виконуватися і CPU PLC та навпаки. Під час написання необхідної програми враховуються лише технологічні особливості ОК. Питання підвищення відмовостійкості СК розв'язуються за допомогою операційної системи та апаратної частини PLC;

- швидке безударне перемикавання з ведучого на ведений CPU з типовим часом перемикавання не більше 30 мс. На період виконання перемикавання операційна система виключає можливість втрати будь-яких даних або сигналів переривань;

- автоматична синхронізація CPU після заміни будь-якого з них, тобто, після заміни одного з CPU передбачено виконання автоматичної безударної синхронізації із повною передачею в пам'ять увімкненого в роботу CPU блоків даних, поточних або динамічних даних тощо;

- відмовостійкий зв'язок. У PLC Simatic S7-400H [36, 37] застосовується новий варіант відмовостійкого зв'язку. Вбудований механізм перевірок та синхронізації виключає можливість втрати переданих даних. Відмовостійкий зв'язок може здійснюватися між декількома PLC Simatic S7-400H або між PLC Simatic S7-400H та ПК (наприклад, WinCC-станціями), на яких встановлено стандартне ПЗ.

Комунікаційний процесор CP 443-5 Extended [69] призначено для під'єднання PLC Simatic S7-400 до мережі Profibus-DP і виконання функцій в якості провідного мережевого пристрою. CP 443-5 Extended [69] виконує розвантаження CPU PLC від розв'язання комунікаційних завдань і спрощує підключення PLC до мережі Profibus-DP, виконання функцій зв'язку S7, інтерфейс приймача мережі Send/Receive. CP 443-5 Extended [69] підтримує комунікаційний обмін даними по встановленій мережі, може виконувати підтримку зв'язку зі станціями розподіленого введення-виведення ET 200 [62], з

спеціалізованими програматорами, пристроями людино-машинного інтерфейсу (HMI) [56] та PLC Simatic S7/S5 [35-37]. Комунікаційний процесор CP 443 Extended [69] надає користувачеві наступні сервісні можливості:

- виконання комунікаційних функцій для S7 (PG, OP, контролери S7);
- комунікаційний обмін даними в мережі Profibus-DP (відповідно до стандарту EN 50 170);
- функції інтерфейсу приймача-передавача типу Send/Receive.

4.4.2 Обґрунтування вибору інтерфейсу PROFIBUS

PROFIBUS (або PROcess FieLd BUS) - це промислова мережа польового рівня, що відповідає вимогам частини другої європейського EN 50170 та міжнародного стандарту IEC 61158-3 Ed2 [70]. Мережа PROFIBUS використовується для організації зв'язку між PLC, з однієї сторони, та підключеними станціями розподіленого вводу/виводу типу ET 200M [62], пристроями HMI та іншими приладами польового рівня з іншого. Крім того, мережа PROFIBUS дає змогу виконувати дистанційне конфігурування і програмування розроблених систем автоматизації ТП, переналаштування та діагностику.

Мережа PROFIBUS дозволяє використовувати в СК ТП як електричні, так і оптичні канали зв'язку. В випадку використання оптичних каналів істотно зростає стійкість мережі до впливу різноманітних електромагнітних перешкод. При чому суттєвому зниженню витрат на побудову оптоволоконних каналів зв'язку сприяє наявність широкого вибору спеціалізованих комунікаційних процесорів, інтерфейсних модулів та інших мережевих компонентів, оснащених вже вбудованим оптичним інтерфейсом.

Мережа PROFIBUS дає можливість використовувати наступні протоколи передачі даних [70]:

- Distributed I/O stations або PROFIBUS-DP - швидкісний протокол обміну із підключеним периферійним обладнанням, даними, орієнтований на

організацію зв'язку з пристроями розподіленого вводу/виводу даних; використовується зазвичай для забезпечення високошвидкісного циклічного обміну невеликими обсягами даних;

- Process Automation або PROFIBUS-PA - автоматизація ТП використовується для організації обміну даними із обладнанням, розміщеним у зонах підвищеної небезпеки; при використанні якого здійснюють передачу даних мережею, що відповідає вимогам міжнародного стандарту IEC 61158-2 [70], а також узгодження роботи мереж PROFIBUS-DP та PROFIBUS-PA;

- Fieldbus Message Specification або PROFIBUS-FMS - специфікація повідомлень польового рівня; протокол PROFIBUS-FMS використовується лише для розв'язання універсальних комунікаційних завдань саме на польовому рівні.

Усі протоколи можуть використовуватись паралельно в рамках однієї мережі PROFIBUS. Основними перевагами мережі PROFIBUS є захист даних, високий ступінь готовності, стандартна структура повідомлень та можливість вільного підключення та відключення мережевих вузлів в реальному часі роботи мережі.

4.4.3 Обґрунтування вибору станції розподіленого вводу/виводу даних типу ET 200 M

У сучасних АСК ТП набули широкого використання спеціальні розподілені конфігурації вводу/виводу даних, які суттєво знижують витрати на прокладення кабелю, значно підвищують гнучкість і надійність АСК ТП.

На польовому рівні передача даних виконується за допомогою використання стандартного протоколу PROFIBUS-DP [70]. На рівні давачів та виконавчих механізмів для передачі даних використовується спеціальний AS-інтерфейс. Таке розподілення дає можливість виконувати надійний обмін даними між усіма компонентами СК.

ET 200M [62] - це модульна станція вводу/виводу даних зі ступенем захисту на рівні IP 20. В конфігурації станції можуть використовуватися

функціональні, сигнальні та комунікаційні модулі PLC S7-300. Крім того, ET 200M [62] може використовуватися в резервованих і звичайних системах розподіленого вводу/виводу даних PLC SIMATIC S7-400H/S7-400F/S7-400FH [35-37].

ET 200M [62] є пасивною станцією (або, так званим, веденим пристроєм) мережі PROFIBUS-DP, максимальна швидкість передачі даних дорівнює дванадцять Мбод.

Станція розподіленого вводу/виводу даних ET 200M [62] може комплектуватися активними шинними модулями, що дають змогу робити заміну модулів вводу/виводу даних без вимкнення живлення.

Перелік технологічних параметрів процесу, що контролюються та регулюються наведено в Додатку В.

4.5 Висновки до четвертого розділу

Було проведено аналітичне дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу, для цього було виконано розроблення нижнього рівня системи керування, системи ПАЗ, верхнього рівня системи керування технологічним процесом. Представлено обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано проблематику організації автоматизації технологічного процесу каталітичного риформінгу, а саме огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень та аналіз основних факторів технологічного процесу підготовки суміші для каталітичного риформінгу. На основі якого було виконано постановку завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші.

Виконано моделювання автоматичної системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу, а саме визначено динамічні характеристики об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу, після чого підібрано тип регулятора та закон регулювання, виконано налаштування параметрів регулятора та проведено оцінку якості регулювання ПІД-регулятора. Визначено стійкість замкнутої АСК рівня температури за допомогою програмного пакету MathCad.

В третьому розділі виконано розробку алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу, для цього описано функціональні схеми автоматизації, виконано підбір виконавчих механізмів та PLC на основі яких і створено блок-схеми необхідних алгоритмів керування.

Було проведено аналітичне дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу, для цього було виконано розроблення нижнього рівня системи керування, системи ПАЗ, верхнього рівня системи керування технологічним процесом. Представлено обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017 – 508 с.
2. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І. Склабінський, О.О. Ляпощенко, А.Є. Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 186 с.: іл.
3. Пилипів Л.Д. Основи нафтогазової справи: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Л.Д. Пилипів. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. –312с. –Режим доступу:
<http://chitalnya.nung.edu.ua/osnovi-naftogazovoyi-spravi.html-1>
4. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В.С. Білецький, В.М. Орловський, В.І. Дмитренко, А.М. Похилко. – Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р.Х., 2017. – 312.
5. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К / Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353с.
6. Жалкін Д.С., Жалкін С.Г. Сучасні методи переробки нафти. Хімотологія бензинів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 41 с.
7. TechnipFMC. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.technipfmc.com/>
8. IFP Energies nouvelles. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.ifpenergiesnouvelles.com/>
9. William C. Lyons Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering / William C. Lyons, Gary J Plisga, BS. –Gulf Professional Publishing, 2011. –P.1568. –Electronic resource:
https://books.google.com.ua/books?id=hDRjBCI08QC&dq=oil+and+gas+monograph&hl=ru&source=gbs_navlinks_s

10. Основи нафтогазової інженерії [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Білецький В.С., Орловський В.М., Вітрик В.Г. - Львів: «Новий Світ- 2000», 2020 – 416 с.

ISBN 978-617-7519-38-5

11. А.М. Антипенко Властивості та якість паливо-мастильних матеріалів / Антипенко А.М., Сорокін С.П., Поляков С.О. – Харків: ЧП Червяк, 2006. – 213 с.

12. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтег. технології / М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

13. В.М. Синєглазов Автоматизація технологічних процесів: Навчальний посібник. / Синєглазов В.М., Сергєєв І.Ю. – К.: НАУ, 2010. – 506 с.

14. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с. ISBN 978-966-2007-12-1.

15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів / Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.

16. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В.М. Сідлецький, С. М. Швед ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харчових технологій. – Київ : Ліра-К, 2015, 2019. – 378 с.

17. Давач рівня тиску Сапфір 22 ДД 2430. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://pribortrade.com.ua/datchiki-davleniya-sapfir/sapfir-22-dd-2430/>

18. Давачі рівня тиску Метран-43, Метран-43-Ех, Метран-43-Вн. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/173/1041/>

19. Modumat 8000. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://b-reputation.com/fr/public/335146312>

20. А. П. Ладанюк. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.

21. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.

22. М. Г. Попович Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп./ Попович М. Г., Ковальчук О. В. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

23. Шаповаленко В. А. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: Навчальний посібник. Модуль 1. / В. А. Шаповаленко, Л. М. Буката, О. Г. Трофименко. – Одеса : ВЦ ОНАЗ, 2010. – Ч. 1. – 95 с.

24. Буката Л.Н. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: навчальний посібник. – Ч. 1. – Модуль 2 / Буката Л.Н., Глазунова Л.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 84 с.

25. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб/ М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.

26. Технічні засоби автоматизації / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол; Нац. гірн. ун-т. - Д. : НГУ, 2007. - 174 с.

27. Промислові засоби автоматизації. Ч.2. Регулюючі і виконавчі пристрої: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУ «ХПІ», 2001. - 658с.

28. Промислові засоби автоматизації. Ч.1. Вимірювальні пристрої: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУ «ХПІ», 2001. - 470с.

29. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського . – Електронні текстові дані (1 файл: 5,57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.

30. 25ч945п Клапани запірно-регулювальні односідельні (КЗР). [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://megapribor.com/klapany-i-reguljatory/klapany-s-elektropridomo/25ch945p>

31. Клапан запірно-регулюючий (КЗР) 25ч947нж односідельні, фланцевий, з електричним виконавчим механізмом. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://td-kaz.com.ua/ua/p52643088-klapan-zaporno-reguliruyuschij.html>

32. Теорія механізмів технологічних машин : підручник / С.В. Попов, М.Я. Бучинський, С.М. Гнітько, А.М. Чернявський. Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. - 268 с. ISBN 978-617-7910-90-8

33. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. Київ: Наукова думка, 2002. - 660 с.

34. Онищенко О.Г. Структура, кінематика та динаміка механізмів: навчальний посібник. / Онищенко О.Г., Коробко Б.О., Ващенко К.М. Полтава: ПолтНТУ, 2010. - 274 с.

35. SIMATIC S7-400 - Availability beyond 2030. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemy-avtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolery-simatic/simatic-s7-400.html>

36. PLC SIMATIC S7-400 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://prongroup.com.ua/product-category/siemens_category/0010045207/simatic_s7/0005000014/

37. Огляд контролерів [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://monada.com.ua/siemens-simatic/>

38. SIMATIC S7-400 EM 253 Модуль позиціонування - 6ES7 253-1AA22-0XA0. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://www.saa.su/simatic_s7-200_6es72531aa220xa0/

39. SIMATIC S7-200, EM 277: МОДУЛЬ ВЕДЕНОГО ПРИСТРОЮ PROFIBUS-DP ДЛЯ S7-200 З CPU222/ CPU224/ CPU226/ CPU226XM (НЕ НИЖЧЕ 6ES72XX-XX21XX-0XA0), ДО 12 МБІТ/С, 1 ІНТЕРФЕЙС PROFIBUS-DP/МРІ, 9-ПОЛЮСНЕ ГНІЗДО З'ЄДНУВАЧА D-ТИПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://pe-ko.com.ua/uk/catalogue/siemens/sistemy-avtomatizatsii-siemens/mikrokontrollery-simatic-siplus-s7-200-1200/simatic-s7-200-em-277-modul-vedomogo-ustroystva-profibus-dp-dlya-s7-200-s-cpu222-cpu224-cpu226-cpu226xm-ne-nizhe-6es72xx-xx21xx-0xa0-do-12-mbit-s-1-interfeys-profibus-dp-mpi-9-polyusnoe-gnezdo-soedinitelya-d-tipa-70>

40. Модуль модему EM 241 виробництва Siemens. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://www.aksprom.biz/Catalog/Siemens/24051/Modul-modema-EM-241>

41. SIMATIC NET CP 243-1 Комунікаційний процесор для Industrial Ethernet 1 CP 243-1 A5E00415729-01 – 82 с.

42. SIMATIC S7-200. Загальні відомості – 68 с.

43. SIMATIC NET GPRS/GSM-модем SINAUT MD720-3. Системне керівництво користувача. – 74 с.

44. SIMATIC OP 73. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.avigan.com.ua/page/simatic-op-73/mp/16167/>

45. Лекція №7. Система людино-машинного інтерфейсу (HMI) на базі програмного середовища Step 7. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://msn.khmnu.edu.ua/pluginfile.php/586018/mod_resource/content/2/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_7.pdf

46. Текстовий дисплей TD 200. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.avigan.com.ua/page/tekstovyy-display-td-200/mp/16158/>

47. Мікро-панель TD400C 6AV6640-0AA00-0AX1. [Електронний ресурс] –

Режим доступу:

<https://prom.ua/ua/p631105528-mikropanel-td400c-6av6640.html>

48. STEP 7 - Micro/WIN. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.avigan.com.ua/page/step-7-micro-win/mp/15010/>

49. SIMATIC TP 177micro - Мікро-панелі SIMATIC. [Електронний ресурс]

– Режим доступу:

<http://www.eleten.com.ua/Mikro-paneli.html>

50. SIMATIC WinCC V15.1 Runtime (TIA Portal). [Електронний ресурс] –

Режим доступу:

[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761576/simatic-wincc-v15-1-runtime-\(tia-portal\)?dti=0&dl=en&lc=ru-RU](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109761576/simatic-wincc-v15-1-runtime-(tia-portal)?dti=0&dl=en&lc=ru-RU)

51. Windows Aero. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/Windows_Aero

52. Windows 10. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.microsoft.com/uk-ua/software-download/windows10>

53. Windows 7. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://support.microsoft.com/ru-ru/windows/%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0-windows-7-%D1%81-%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BC-%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-1-sp1-b3da2c0f-cdb6-0572-8596-bab972897f61>

54. Комутаційні модулі CP 5611/5512/5711 Siemens. [Електронний ресурс]

– Режим доступу:

<http://www.aksprom.biz/Catalog/Siemens/21712/CP-5611-A2>

55. Дистриб'юторський каталог. Низьковольтне обладнання для розподілу електроенергії. Пускорегулювальна апаратура, приводи та обладнання для промислової автоматизації. Промисловий сервіс. 2017-2018. – 164 с.

56. Системи візуалізації SIMATIC HMI. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://abr-electric.com.ua/siemens/simatic_hmi.php

57. PROFINET/Industrial Ethernet - мережеві адаптери для комп'ютерів/програмістів. – 2 с.

58. HARDNET-IE S7 REDCONNECT. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/9300173>

59. ControlLogix Redundancy System Catalog Numbers 1756-CNB/D/E, 1756-CNBR/D/E, 1756-ENBT, 1756-EWEB, 1756-L55, 1756-L55M12, 1756-L55M13, 1756-L55M14, 1756-L55M16, 1756-L55M22, 1756-L55M23, 1756-L55M24, 1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, 1757-SRM. User Manual, Publication 1756-UM523F-EN-P - December 2006 – 186 p.

60. Офіційний сайт ALLEN-BRADLEY [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley.html>

61. Промислові контролери та модулі Mitsubishi Electric. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://trade-control.com.ua/ua/catalog/mitsubishi-electric>

62. SIMATIC ET 200M. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemy-avtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/io-systems/simatic-et-200m.html>

63. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ. ТХА І ТХК МЕТРАН-200 Посібник з експлуатації. 201.01.00.000 PE – 31 с.

64. ДАТЧИКИ ТИСКУ МЕТРАН-43. Технічний опис та інструкція з експлуатації СПГК.406233.016 ТО. версія 2.0. 2007. - 92 с.

65. Газоаналізатор ServoPro 4100. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://importprom.com/en/gazoanalizator-servopro-4100>

66. Аналізатор вологості газів моделі 5000. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://artvik.com/rus/products/moist_in_gas/5000.html

67. Прилад контролю полум'я Факел 3М. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

promtehservise.com.ua/ru/Katalog/19/501/

68. Industrial Ethernet OSM ITP62-LD and OSM ITP53 Now Available. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/4557505/industrial-ethernet-osm-ntp62-ld-and-osm-ntp53-now-available?dti=0&lc=en-UA>

69. Комунікаційний процесор SIPLUS CP 443-5 Extended - SIPLUS CP 443-5 Extended. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.avigan.com.ua/page/kommunikacionnyy-processor-siplus-cp-443-5-extended/mp/20282/>

70. Industrial communication networks - Fieldbus specifications - Part 3-2: Data-link layer service definition - Type 2 elements. 2023-03-09. – 101 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Тези конференції

УДК 681.52

Технологічні процеси виробництва виробів

ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ

Тимчик Р.С.,
Сельський А.А.

Хмельницький національний університет

Відомо, що установка каталітичного риформінгу призначена для технологічного процесу (ТП) отримання високооктанових компонентів для автомобільних бензинів, таких як: бензин каталітичного риформінгу з октановим числом до ста пунктів за дослідницьким методом та стабільний ізомеризату з октановим числом, що вище на 10 пунктів, ніж сама вихідна сировина [1-6].

Як загально відомо каталітичний риформінг призначено для підвищення детонаційної стійкості бензинових сумішей та отримання ароматичних вуглеводнів. Риформінг - базовий спосіб отримання високооктанових бензинів (марки АИ-95, АИ-98). Основною сировиною для установок каталітичного риформінгу є бензинові фракції прямої перегонки. В перспективі планується використовувати в якості сировини бензин із синтез-газу, а також бензин гідрогенізації вугілля та сланців. ТП риформінгу виконується при рівнях температури в діапазоні від 470°C до 530°C та рівню тиску в діапазоні від 2 до 4 МПа при використанні молібденового (гідроформінг) або платиного (платформінг) каталізаторів у водневому середовищі. Платформінг, як більш зручний і безпечний процес, суттєво витіснив гідроформінг [5, 6].

Для проходження ТП платформінгу із використанням рухомого каталізатору, який циркулює між реактором та спеціальним регенератором, три реактори, виконані у вигляді одного колонного апарата різного діаметра, розташовують один над одним вертикально. Каталізатор з першого (верхнього) реактора переміщується в другий, а з другого, відповідно, в третій. З нижнього реактора каталізатор передається в регенератор [5, 6].

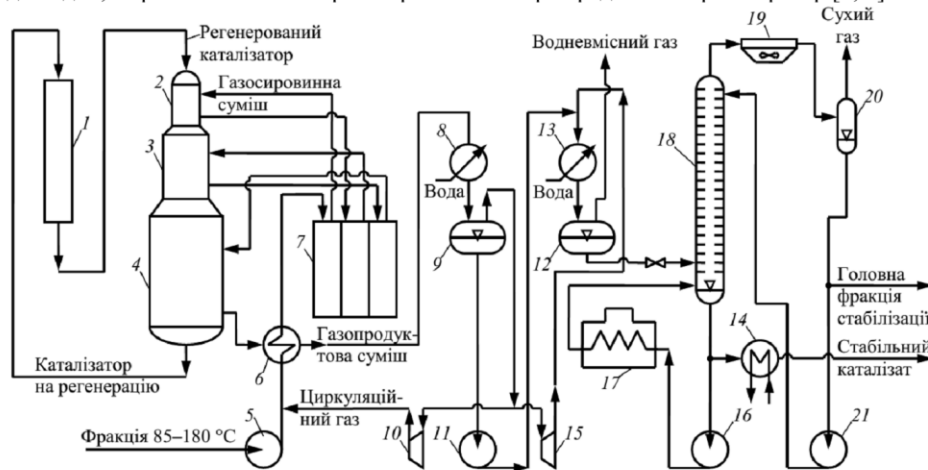


Рис. 1. Загальний вигляд технологічної схеми установки риформінгу з рухомим шаром каталізатора:

1 – секція регенерації; 2-4 – реактори платформінгу; 5, 11, 16, 21 – насоси; 6, 14 – теплообмінники; 7 – багатосекційна піч; 8, 13 – холодильники; 9, 12 – газосепаратори низького та високого тиску; 10, 15 – компресори; 17 – трубчаста піч; 18 – стабілізаційна колона; 19 – апарат повітряного охолодження; 20 – газосепаратор [7]

Технологічну схему установки КР представлено на рисунку 1 [7]. Суміш за допомогою насосу 5 транспортується в теплообмінник 6, заздалегідь змішуючись із циркуляційним водневмісним газом, а тому потрапляє у змішувач першої секції багатосекційної печі 7. Після нагрівання до 520 °С газосировинна суміш транспортується в реактор платформінгу 2. Проміжне підігрівання суміші буде відбуватись в змішувачах наступних секцій печі 7. Продукти реакції після виходу з реактора 4 транспортуються крізь систему регенерації тепла (теплообмінник 6 та спеціальний водяний холодильник 8).

На відміну від звичайних схем розділення газової та рідкої фаз суміші відбувається в газосепараторі 9 низького тиску (менше 1 МПа). Газова фаза із газосепаратора низького тиску 9 стискається компресором 15 до тиску 1,5 МПа, змішується з рідкою фазою, подаваною за допомогою насосу 11, після чого суміш охолоджується в холодильнику 13 та знову розділяється в газосепараторі високого тиску 12. Така послідовність сепарації, обумовлена низьким тиском у реакційній зоні, зменшує винесення бензину з водневмісним газом та підвищує вміст водню у газовій фазі.

Водневмісний газ компресором 10 транспортується в блок гідроочищення суміші (на схемі не наведено) та у вузол змішування із сировиною платформінгу, на циркуляцію, перед теплообмінником 6. Балансова кількість водневмісного газу транспортується із установки КР.

У колоні 18 відбувається стабілізація сировини каталізатора. Головна фракція стабілізації після конденсації та охолодження в апараті повітряного охолодження 19 відокремлюється в газосепараторі 20 від сухого газу та транспортується за допомогою насосу 21 на зрошення стабілізатора 18, а балансова кількість транспортується з установки КР. Для підведення частини тепла в нижню частину стабілізаційної колони 18 використовується трубчаста піч 17. Нижній продукт стабілізаційної колони 18 – стабільний каталізатор – транспортується з установки КР через теплообмінник 14.

Зі споду реактора платформінгу 4 вся маса відпрацьованого каталізатора транспортується в секцію регенерації 1, де й відбувається оксихлорування (для розукрупнення кристалітів платини), випалювання коксу та додавання необхідних хлоридів (проторів). Регенований каталізатор після охолодження транспортується у верхню частину реактора 2.

Використовуваний в якості транспорту газ водень відновлює каталізатор після перебування його в окисному середовищі регенератора. Систему регенерації у разі потреби можна відключити від реактора без порушення режиму роботи установки КР [7].

Проаналізовано проблематику організації автоматизації технологічного процесу каталітичного риформінгу.

Перелік посилань

1. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017 – 508 с.
2. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І. Склабінський, О.О. Ляпошенко, А.Є. Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 186 с.: іл.
3. Пилипів Л.Д. Основи нафтогазової справи: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Л.Д. Пилипів. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. –312с. –Режим доступу: <http://chitalnya.nung.edu.ua/osnovi-naftogazovoyi-spravi.html-1>
4. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В.С. Білецький, В.М. Орловський, В.І. Дмитренко, А.М. Похилко. – Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р.Х., 2017. – 312.
5. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К / Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353с.
6. Жалкін Д.С., Жалкін С.Г. Сучасні методи переробки нафти. Хімотологія бензинів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 41 с.
7. Лукіноч М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукіноч. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

Додаток Б
Презентаційні слайди

Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

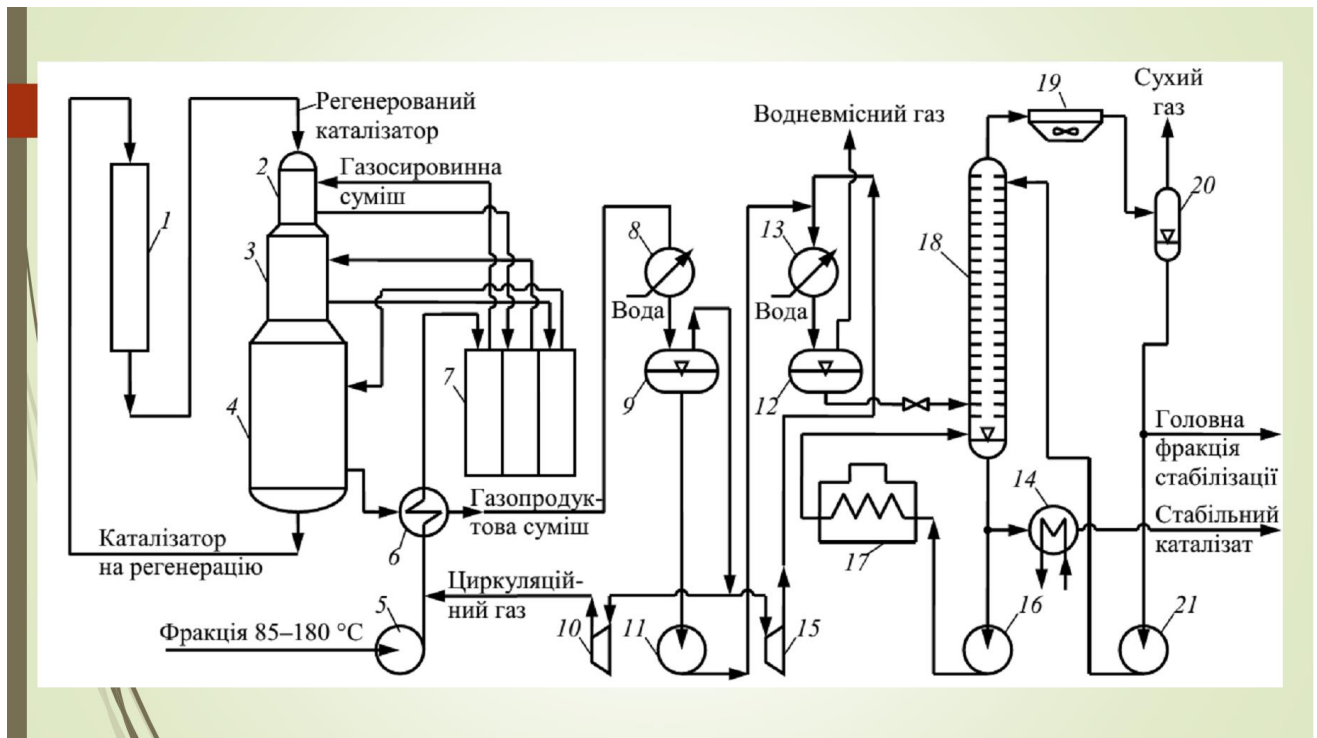
АКТУАЛЬНІСТЬ

Відомо, що установка каталітичного риформінгу призначена для технологічного процесу (ТП) отримання високооктанових компонентів для автомобільних бензинів, таких як: бензин каталітичного риформінгу з октановим числом до ста пунктів за дослідницьким методом та стабільний ізомеризату з октановим числом, що вищі на 10 пунктів, ніж сама вихідна сировина.

Метою роботи є моделювання автоматизованої системи керування температурою ректифікаційної колони К-2 технологічного процесу каталітичного риформінгу, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи в якості цифрового двійника.

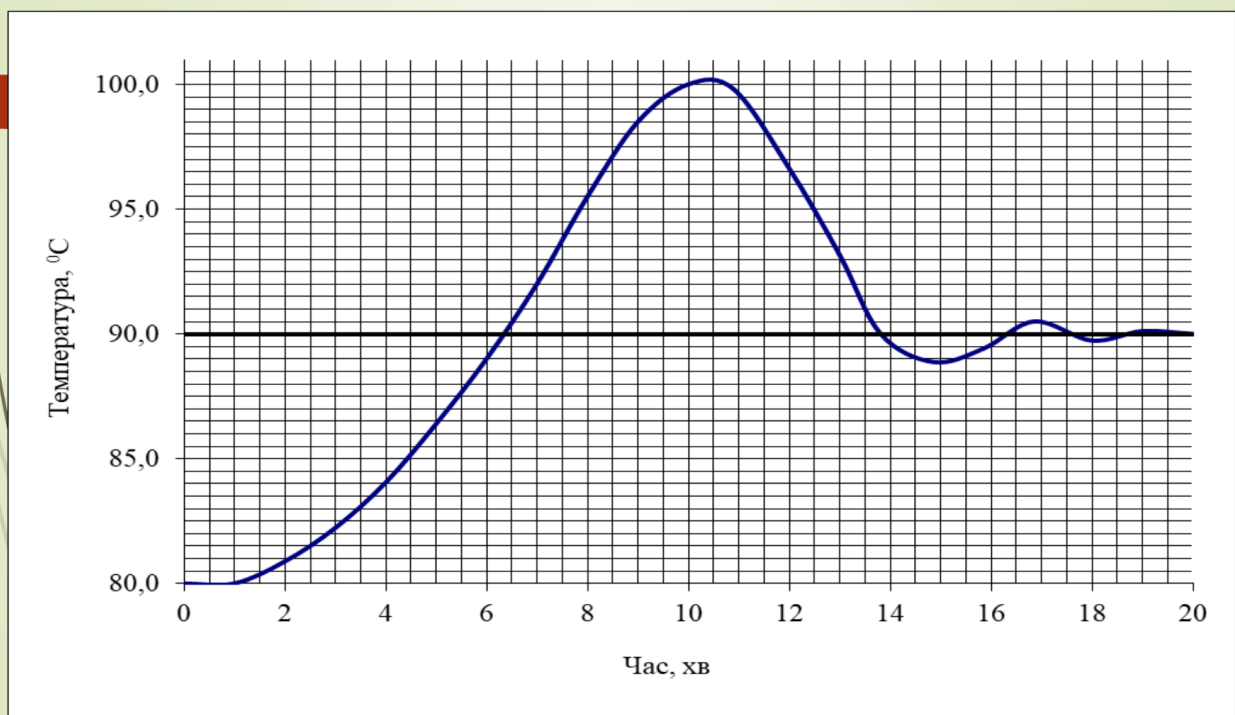
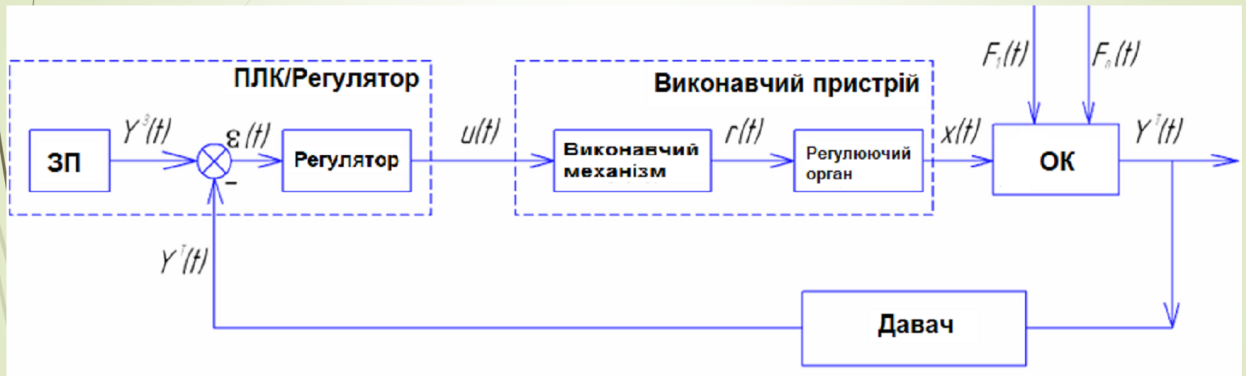
Об'єктом дослідження є процеси каталітичного риформінгу в автоматизованій системі..

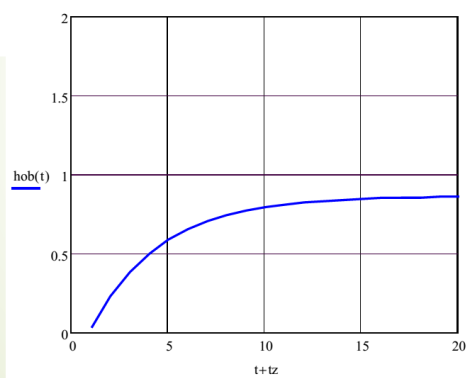
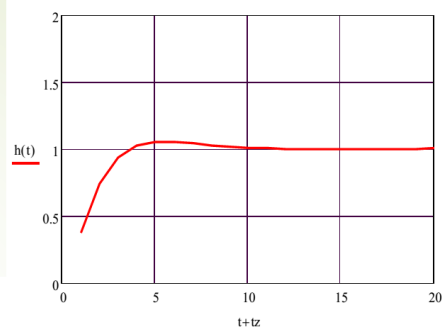
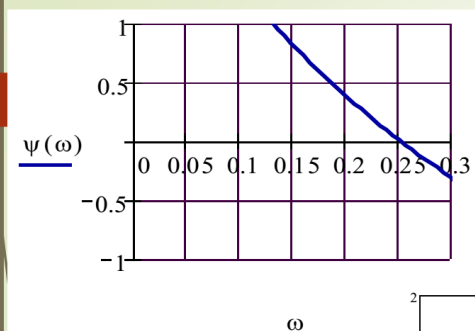
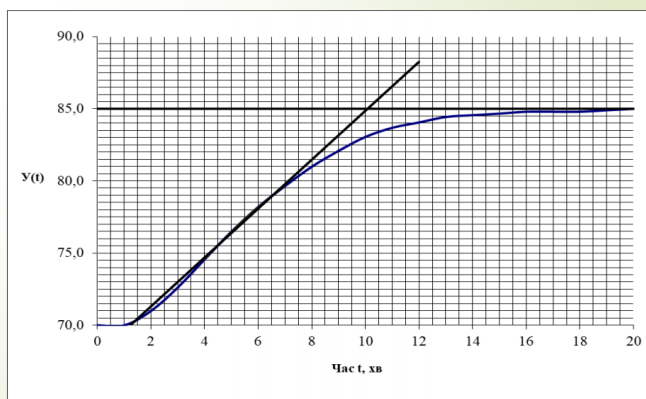
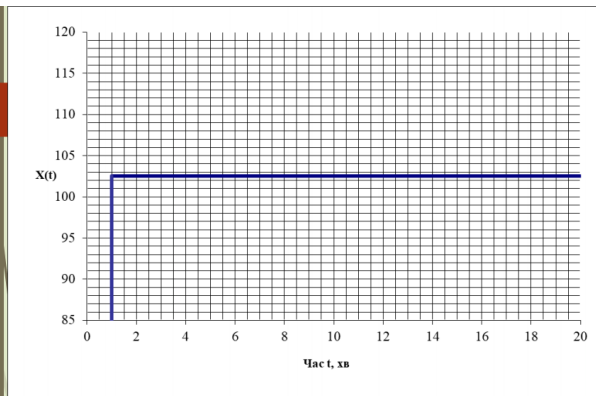
Предметом дослідження є методи та алгоритми керування технологічним процесом каталітичного риформінгу.



ЗАВДАННЯ

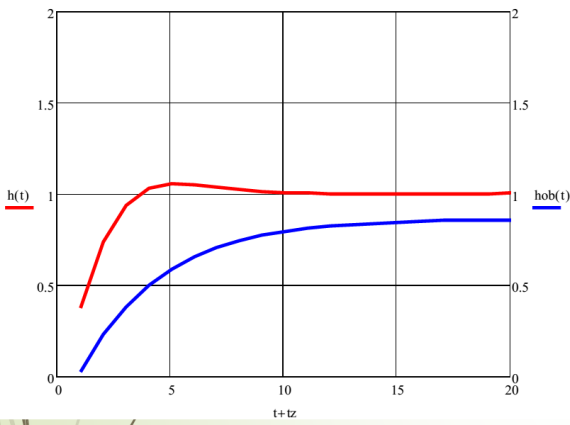
- виконання регулювання технологічних параметрів;
- здійснення видачі інформації про перебіг ТП в реальному часі на станціях відображення інформації (наприклад, АРМ оператора);
- виконання збору та архівування оперативної інформації про роботу установки;
- виконання необхідного контролю аварійних відхилень технологічних параметрів;
- виконання автоматичного захисту та блокування обладнання.





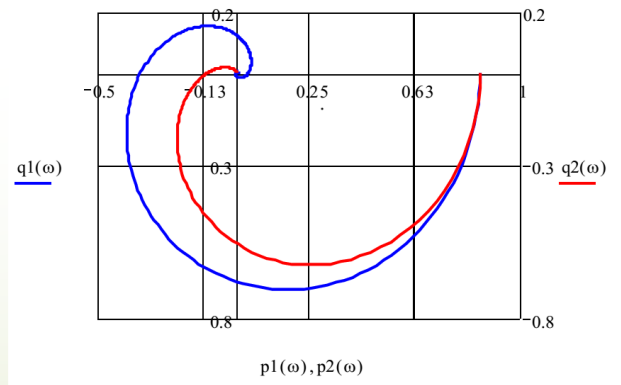
Графічна залежність перехідної функції замкнутої СК

Графічна залежність перехідної функції ОК

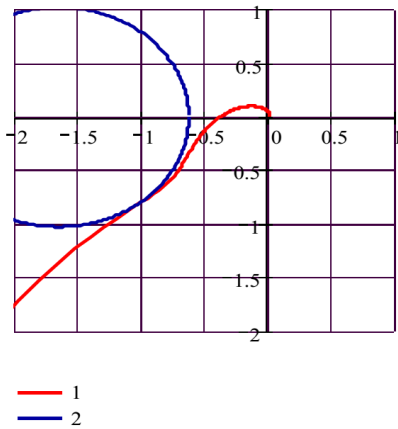


Порівняння графічних залежностей перехідних характеристик ОК та СК

АФЧХ ОК із чистим запізненням та без

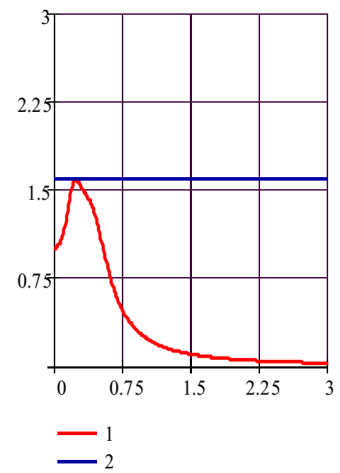


Визначення стійкості замкнутої АСК рівнем температури



Годограф для розімкнутої СК

Графічні залежності АЧХ замкнутої СК

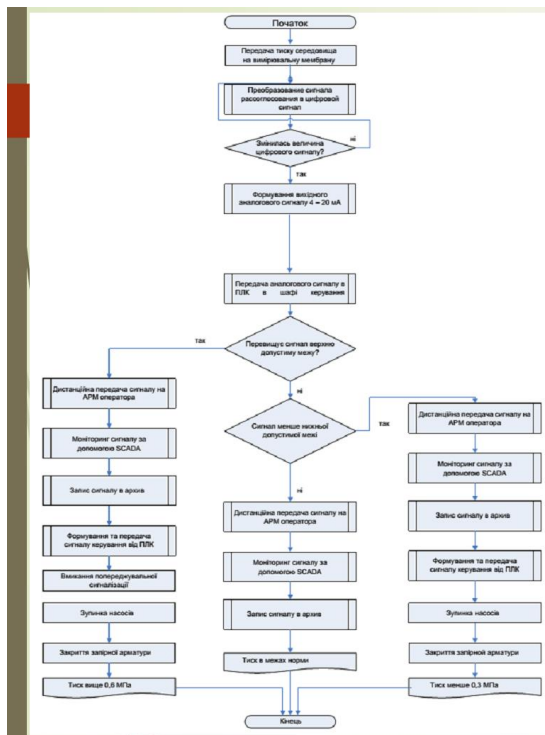


Підбір виконавчих механізмів для виконання технологічного процесу каталітичного риформінгу

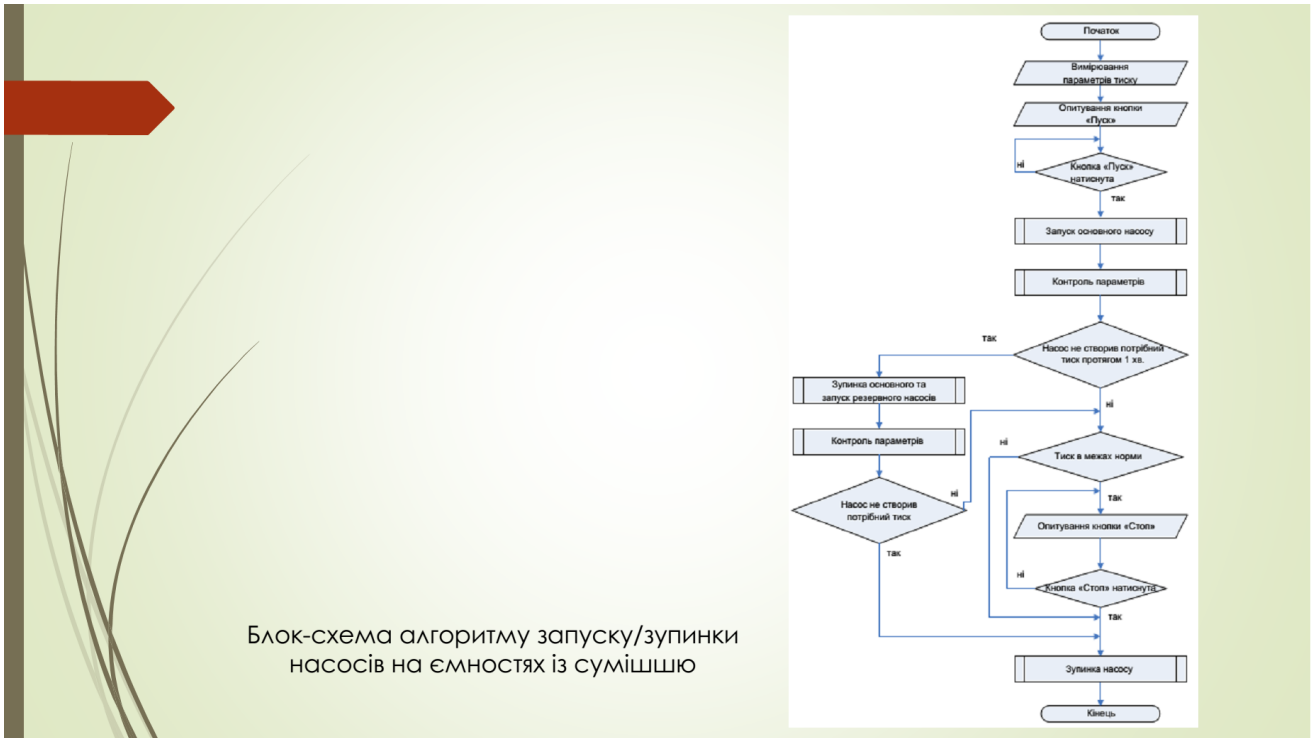


Загальний вигляд КЗР 25ч945п з EBM ST 0.1

Загальний вигляд PLC SIMATIC S7-400



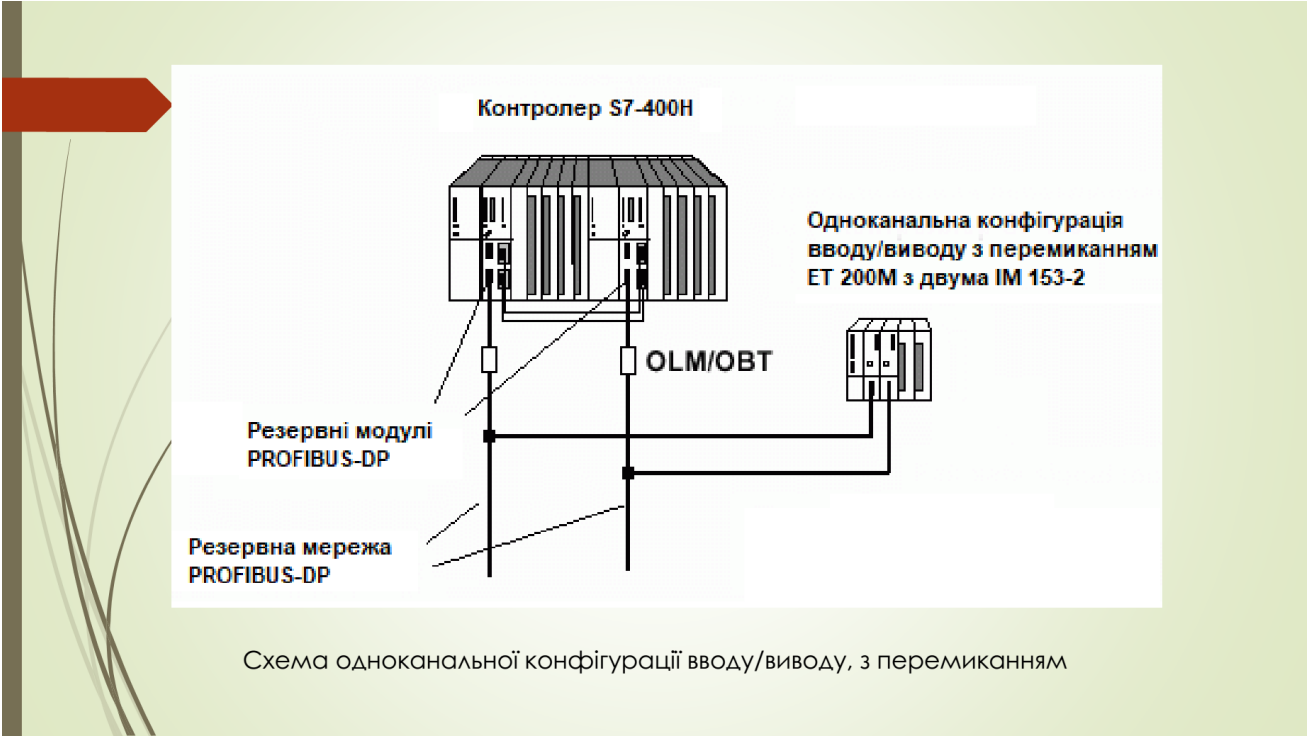
Блок-схема алгоритму збору даних з каналу вимірювання рівня тиску



Блок-схема алгоритму запуску/зупинки насосів на ємностях із сумішшю



Розроблювана структурна схема системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу



Додаток В

Таблиця В.1 - Норми технологічного регламенту

Назва стадії, процесу, апарати, показники режиму	Номер позиції приладу на схемі	Одиниця виміру	Допустимі межі технологічних параметрів	Необхідний клас точності давачів
Температура диму. газів на перевалі: - піч П-1 - піч П-2 - піч П-3	TI-1 TI-2 TI-3	°C °C °C	не вище 780 не вище 730 не вище 700	0,5
Розхід сировини від Нс-1	FICA-12 FICA-12	м ³ /год т/год	77 – 128 56 – 92,5	0,25 0,25
Розхід від блоку риформінгу	FICA-22	нм ³ /год	5000 – 32000	0,25
Розхід циркуляційного водневмісного газу	FIA-11	нм ³ /год	35000 – 40000	0,25
Температура на вході в реактори Реа-1, Реа-2 (вихід із П-1)	TICA-7	°C	315 – 340	0,5
Тиск в колоні К-1	PIA-24	Н/см ²	12 – 13	0,25
Температура теплоносія на виході із печі П-2	TICA -8	°C	230 – 265	0,5
Розхід продукту крізь змієвик печі П-2	FICA-19	т/год	30 – 34,5	0,25
Ректифракційна колона К-2: - температура верху - температура сировини - температура низу - розхід зрошення	TICA -6 TI-4 TI-10 FIC-15	°C °C °C т/год	70 – 100 120 – 140 150 – 170 85 – 120	0,5 0,5 0,5 0,25
Температура теплоносія на виході з печі П-3	TICA -9	°C	170 – 177	0,5
Розхід продукту крізь змієвик печі П-3	FICA-21	т/год	35 – 41	0,25

Таблиця В.2 – Матеріальний баланс блоку підготовки сировини

Найменування статті	Кількість, т	Вихід, % мас.
Сировина та базові матеріали		
Бензин прямої перегонки с НПЗ	52000	45,98
Бензин прямої гонки с НПЗ	38000	33,60
Всього по статті	90000	79,58
Напівфабрикати власного виробництва		
Бензин прямої перегонки	7046	6,23
Фракція бензинової НК-80°С	0	
Бензин термічного крекінгу	0	
Фракція НК-200°С з гідроочисткою	3370	2,98
Фракція НК 80-180°С з гідроочисткою	2069	1,83
Фракція НК-80°С з гідроочисткою	258	0,23
Фракція НК-80°С з 22/4	9457	8,36
Залишок перегонки 80-180°С	0	
Газ водневмісний	898	0,79
Всього по статті	23098	20,42
Всього	113098	100,00
Втрати безповоротні	393	0,35
Всього без врахування втрат	112705	99,65
Основна продукція		
Фракція НК-80°С з гідроочисткою	23347	20,64
Фракція бензину НК 80-160°С	80100	70,82

Всього	103447	91,47
Некалькульована продукція		
Рефлюкс (нестабільна головка)	898	0,79
Сірководень	0	
Газ сухий	3534	3,12
Газ вуглекислий	4826	4,27
Всього	9258	8,19
Всього	112705	99,65

Таблиця В.3 - Характеристика сировини, продуктів виробництва і допоміжних матеріалів

Назва сировини, матеріалів, реагентів, каталізаторів, напівфабрикатів, продукції. Номер згідно ДСТУ, ТУ	Показники якості, обов'язкові до перевірки	Норма згідно із ДСТУ, ТУ	Область використання отриманої продукції
Сировина			
Фракція НК – 160°C	Фракційний склад, °C: -НК, не нижче -КК, не вище Вміст води, % мас., не більше	35 170 0,02	Сировина блоку підготовки сировини
Легкий бензин – нестабільна фракція НК-80 °C (від установки ЛЧ-24-7)	Фракційний склад, °C: - НК - КК Вміст сірки, %мас., не більше	40-45 90-95 0,05	Сировина блоку підготовки сировини
Фракція бензинова від установки 22-4	Фракційний склад, °C: -НК, не нижче -КК, не вище	35 180	Сировина блоку підготовки сировини
Фракція 85-180 °C	Фракційний склад, °C: -НК, не нижче -КК, не вище Вміст сірки, %мас., не більше	65 180 0,2	Сировина блоку підготовки сировини
Фракція НК-62 °C	Експеримент на мідну пластину Густина, при 20 °C, г/см ³ :	Витримує 0,620 -0,668	Сировина блоку підготовки сировини
Фракція 62 – 85 °C	Фракційний склад, °C: НК, не нижче 90% википає в межах	68 80 - 90	Сировина блоку підготовки сировини
Бензинова фракція 140-170 °C	Фракційний склад, °C: - КК, не вище	180	Сировина блоку підготовки сировини
Бензинова фракція 80 - 180 °C від ЛЧ-24-7	Фракційний склад, °C: -НК, не нижче 10% википає, не вище -КК, не вище Вміст сірки, % мас.	53 95 180 0,05	Сировина блоку підготовки сировини
Рефлюкс термічного крекінгу очищений (після установки сіркоочищення)	Вміст сірководню, % мас., не більше	0,2	Сировина блоку підготовки сировини
Очищений прямогонний конденсат, рефлюкс (після установки сіркоочищення)	Вміст сірководню, % мас., не більше	0,002	Сировина блоку підготовки сировини
Фракція НК-200 °C від блока відокремлення фракцій 200-315 °C для дизельного палива, складової частини установки АВТМ-9	Фракційний склад, °C - НК, не нижче - КК, не вище	35 175	Сировина блоку підготовки сировини
Відгін бензину від гідроочищення дизельної фракції	Фракційний склад, °C: -НК, не нижче -КК, не вище	35 175	Сировина блоку підготовки сировини

ВСГ (водневмісний газ)	Концентрація водню, % об., не нижче	65-90	
Продукти виробництва			
Гідроочищена фракція 80 - 160 °С	Фракційний склад, °С: -НК, не нижче -10 %, не нижче -КК, не вище Сірка, ррм, не більше Азот, ррм, не більше Вода, ррм, не більше Хлорорганічні сполуки, ррм, не більше Миш'як, ррм, не більше Свинець, ррм, не більше Залізо, ррм, не більше Нікель, ррм, не більше	65 87 183 0,5 1 5 1 5 5 5 5	Сировина блоку ізомеризації
Гідроочищена фракція НК - 80°С	Карбоноводневий склад, % мас.: - бутан, не більше - бензол, не більше -С7+, не більше Сірка, ррм, не більше Вода, ррм, не більше Хлоорганічні сполуки, ррм, не більше Азот, ррм, не більше Метали, ррм, не більше	1,0 5,0 2,0 5,0 50 1 1 5	Сировина блоку стабілізації
Водневмісний газ риформінгу (ВСГ)	Склад водню, % об., не менше	65-90	Використовується в якості свіжого газу в блоках підготовки сировини, ізомеризації
Сірководень	Вміст сірководню, %об.	95-98	Транспортується на установку виготовлення сірки
Карбоноводневий газ Блок підготовки сировини	Карбоноводневий склад, % мас.: -водень, не більше -сірководень - пентани, не більше	2,0 8-10 11	Виводиться з установки на очищення
Нестабільна головка Блок підготовки сировини	Вміст сірководню, % мас:	5-8	Виводиться з установки на очищення.
Допоміжні матеріали			
Каталізатор гідроочищення HR-348 свіжий	Масова частка активних компонентів, % мас: -оксид молібдену -оксид нікелю Насипна щільність, г/см ³ :	16,5 2,7 0,77 – 0,88	Використовується в реакторних блоках підготовки сировини Реа-1 та Реа-2
Вугілля активоване ОУ-В ГОСТ 4453-74	Масова частка сполук заліза в перерахунку на Fe, % мас., не більше Адсорбційна активність по масі, % мас., не менше Зольність, % мас., не більше Масова частка вологи, % мас.	0,2 75 10 10	Використовується в фільтрі Ф-3 (блок МЕА-очищення)
Моноетаноламін ТУ 6-02-915-84	Масова частка МЕА, % мас., не менше Масова частка ДЕА, % мас, не більше Густина при 20°С, г/см ³ :	98 1,0 1,015 -1,018	Використовується в блоці підготовки сировини в якості реагенту

	Масова частка води, % мас., не більше	1,0	
--	---------------------------------------	-----	--

Таблиця В.4 – Специфікація на технічні засоби автоматизації

Позиція	Параметр, що вимірюється	Коротка технічна характеристика	Тип (марка) приладу	Кількість	
1-1, 2-1,3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1	Температура	Термоелектричний перетворювач типу ХК Межі вимірювань: 40..600° С Довжина монтажної частини 60 мм	Метран-202 ТХК-06-60-0,5-1-1-2-У1.1 ТУ 1150-51467515.001-00-П	9	
24-1	Тиск	Давач тиску Межі вимірювань 0,1..2,5 МПа Вихідний сигнал: 4..20 мА Сосуд роздільний в комплекті	Метран-43-Ех-ДИ-3156-МП-т10-015-2,5-42-М20-С СР-6,3-2-Б	1	
23-1, 25-1	Тиск	Датчик Тиску Межі вимірювань: 10..250кПа Вихідний сигнал: 4..20 мА Сосуд роздільний в комплекті	Метран-43-Ех-ДИ-3141-МП-т10-015-630-42-М20-С СР-6,3-2-Б	2	
23-2, 24-2, 25-2	Тиск	Позиціонер електро-пневматичний двосторонньої дії Вхідний сигнал: 4..20 мА В комплекті з бар'єром іскрозахисту пасивним	5 ЭПП-Ех-«Ор»-2 БІП	3	
23-3, 24-3, 25-3	Тиск	Клапан регулюючий плунжерний з пневмоприводом. Виконання ВЗ D _y =50 мм, P _y =6,3 МПа	25 нж 50нж	3	
10-1, 11-1, 12-1, 13-1, 14-1, 15-1, 16-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1	Розхід	Діафрагма камерна D _y =100 мм, P _y =10 МПа	ДКС 10-100-А/Б-2 ГОСТ 26969	13	
10-2, 11-2, 12-2, 13-2, 14-2, 15-2, 16-2, 17-2, 18-2, 19-2, 20-2, 21-2, 22-2	Розхід	Давач різниці тисків Межі вимірювань: 1,6..40 кПа Вихідний сигнал 4..20 мА Сосуди роздільні в комплекті	Метран-44-Ех-ДД-4420-02-т10-015-40-10-42-М16-С-2-ТУ 4212-002-12580824-94 СР-6,3-2-Б	13	
10-3, 11-3, 12-3, 13-3, 14-3, 15-3, 16-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3, 21-3, 22-3	Розхід	Позиціонер електро-пневматичний двосторонньої дії Вхідний сигнал: 4..20 мА В комплекті з бар'єром іскрозахисту пасивним	5 ЭПП-Ех-«Ор»-2 БІП	13	
10-4, 11-4, 12-4, 13-4, 14-4, 15-4, 16-4, 17-4, 18-4, 19-4, 20-4, 21-4, 22-4	Розхід	Клапан регулюючий плунжерний з пневмоприводом. Виконання ВЗ D _y =100 мм, P _y =6,3 МПа	25 нж 50нж	13	
26-1, 27-1, 28-1, 29-1, 30-1	Рівень	Перетворювач вимірювальний рівня буйковий Межі вимірювань: 0..4000 мм (100%) Вихідний сигнал: 4..20 мА	Сапфир-22ДУ-Вн-2630-02-УХЛЗ.1-0,5-4,0-42	5	
	Позиція	Параметр, що вимірюється	Коротка технічна характеристика	Тип (марка) приладу	Кількість
26-2, 27-2, 28-2, 29-2, 30-2	Рівень	Позиціонер електро-пневматичний двосторонньої дії Вхідний сигнал: 4..20 мА	ЭПП-Ех-«Ор»-2	5	

		В комплекті з бар'єром іскрозахисту пасивним	БИП	
26-3, 27-3, 28-3, 29-3, 30-3	Рівень	Клапан регулюючий плунжерний з пневмоприводом. Виконання ВЗ D _y =100 мм, P _y =6,3 Мпа	25 нж 50нж	5

Таблиця В.5 – Специфікація на програмно-технічні засоби АСК ТП

Опис	Кіл-сть, шт.
SIMATIC S7-400H, CPU 414H, ЦЕНТРАЛЬНИЙ ПРОЦЕСОР ДЛЯ S7-400H І S7-400F/HH: РОБОЧА ПАМ'ЯТЬ ОБ'ЄМОМ 768 КБАЙТ (384 КБАЙТ ДЛЯ ПРОГРАМ, 384 КБАЙТ ДЛЯ ДАНИХ), 4 ВБУДОВАНІ ІНТЕРФЕЙСИ: 1 MPI/DP, 1 DP І 2 ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МОДУЛІВ СИНХРОНІЗАЦІЇ.	4
SIMATIC S7-400H, СУБМОДУЛЬ СИНХРОНІЗАЦІЇ	8
SIMATIC DP, КОМПЛЕКТ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ET 200M ДО РЕЗЕРВОВАНОЇ МЕРЕЖІ PROFIBUS-DP. КОМПЛЕКТ ПОСТАЧАННЯ: ДВА МОДУЛІ IM153-2 З ПІДТРИМКОЮ ФУНКЦІЙ РЕЗЕРВУВАННЯ ТА ОДИН ШИННИЙ З'ЄДНУВАЧ IM/IM	4
SIMATIC DP, ET 200M, АКТИВНИЙ ШИННИЙ МОДУЛЬ З ПІДТРИМКОЮ ФУНКЦІЙ "ГАРЯЧОЇ" ЗАМІНИ, ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ 2 ІНТЕРФЕЙСНИХ МОДУЛІВ IM153-2 З ПІДТРИМКОЮ ФУНКЦІЙ РОБОТИ В РЕЗЕРВОВАНИХ МЕРЕЖАХ PROFIBUS	2
SIMATIC S7-400, PS405 10A, БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ВХІД: =24/48/60В; ВИХІД: =5В/10А, ПІДТРИМКА ФУНКЦІЙ РЕЗЕРВОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ.	2
SIMATIC S7-300, SM 331, МОДУЛЬ ВВЕДЕННЯ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ, ГАЛЬВАНІЧНИЙ ПОДІЛ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ КІЛ, 8 ВХОДІВ ±5В/ ±10В/ 1...5В/ ±20МА/ 0(4)...20МА, 16 БІТ (55 МС), 1 ЗАГАЛЬНА ТОЧКА (50В).	10
SIMATIC S7-300, SM 332, МОДУЛЬ ВИВЕДЕННЯ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ, ГАЛЬВАНІЧНИЙ ПОДІЛ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ЛАНЦЮГІВ, 4 ВИХОДИ 0...10В/ 1...5В/ ±10В/ ±20МА/ 0(4)...20МА, 15 БІТ.	7
SIMATIC S7-300, SM 321, МОДУЛЬ ВВЕДЕННЯ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ, ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ ПОДІЛ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ЛАНЦЮГІВ, 32 ВХОДИ =24В (1 X 32 ВХОДИ).	2
SIMATIC S7-300, SM 322, МОДУЛЬ ВИВЕДЕННЯ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ, ГАЛЬВАНІЧНИЙ ПОДІЛ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ЛАНЦЮГІВ, 16 ВИХОДІВ =24В/0.5А.	1
WINCC. СИСТЕМНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, V15.1, RUNTIME, RT1024, 1024 ЗМІННИХ (POWER TAG), ЛІЦЕНЗІЯ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ НА 1 РОБОЧЕ МІСЦЕ	1

Таблиця В.6 – Перелік параметрів, що контролюються

Назва параметру	Позиція на схемі
Температура перевалу (П-1)	TI-1
Температура перевалу (П-2)	TI-2
Температура перевалу (П-3)	TI-3
Температура сировини в колоні К-2	TI-4
Температура газової суміші	TI-5
Розхід суміші на вході	FI-10
Розхід ВСГ з блоку амінового очищення	FIA-11
Тиск суміші на вході	PI-23
Тиск в колоні К-1	PIA-24

Таблиця В.7 – Перелік регульованих параметрів

Назва параметру	Позиція на схемі
Температура верху колони К-2	TICA-6
Температура після печі П-1	TICA-7

Температура після печі П-2	TICA-8
Температура після печі П-3	TICA-9
Розхід суміші після Нс-1	FICA-12
Розхід нестабільного гідрогенізату	FIC-13
Розхід стабільного гідрогенізату	FIC-14
Розхід зрошення в колоні К-2	FIC-15
Розхід паливного газу в печі П-1	FICA-16
Розхід суміші в печі П-1	FICA-17
Розхід паливного газу в печі П-2	FICA-18
Розхід суміші в печі П-2	FICA-19
Розхід паливного газу в печі П-3	FICA-20
Розхід продукту в печі П-3	FICA-21
Розхід свіжого ВСГ з блоку риформінгу	FICA-22
Рівень тиску в ємності Єм-1	PIRC-25
Рівень в буферній ємності Єм-3	LICA-26
Рівень сірководневої води в відстійнику ємності Єм-3	LICA-27
Рівень в сепараторі Сеп-1	LICA-28
Рівень в колоні К-1	LICA-29
Рівень в ємності Єм-2	LICA-30

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Тимчик Р.С.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТм-22-1

ЗАЯВА

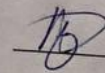
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.2023

дата



підпис

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Тимчик Роман Сергійович

Тема: Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень _____ Кількість сторінок записки _____ 81 _____

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено автоматизовану систему керування температурою ректифікаційної колони К-2 технологічного процесу каталітичного риформінгу

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналітичний огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень та аналіз основних факторів технологічного процесу підготовки суміші для каталітичного риформінгу. На основі якого було виконано постановку завдань для автоматизації процесу каталітичного риформінгу бензинової суміші. У другому розділі визначено динамічні характеристики об'єкта керування технологічного процесу каталітичного риформінгу, після чого підбрано тип регулятора та закон регулювання, виконано налаштування параметрів регулятора та проведено оцінку якості регулювання ПІД-регулятора. Визначено стійкість замкнутої АСК рівня температури за допомогою програмного пакету MathCad. У третьому розділі виконано розробку алгоритму технологічного процесу каталітичного риформінгу, для цього описано функціональні схеми автоматизації, виконано підбір виконавчих механізмів та PLC на основі яких і створено блок-схеми необхідних алгоритмів керування. У четвертому розділі виконано аналітичні дослідження системи керування технологічним процесом каталітичного риформінгу, для цього було виконано розроблення нижнього рівня системи керування, системи ПАЗ, верхнього рівня системи керування технологічним процесом. Представлено обґрунтування вибору системи керування технологічним процесом нижнього рівня.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється програмній реалізації та техніці безпеки при роботі із автоматизованою системою

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Володимир Антонович Гончар, кандидат технічних наук, доцент, кафедра Трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет

"08" 12 2023 р.

(підпис)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу

Автор: Тимчик Роман Сергійович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Сельський Андрій Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
- 2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

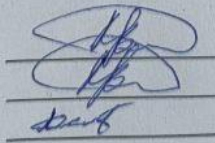
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5,15% і адресується до 145 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 21.12.2023

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 6.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 12%

ID: 122181 Назва: Метод керування автоматизованим процесом каталітичного риформінгу Додано в БД: 2023-12-08 Автора: Роман ПІМЧУК Керівники: Андрій СЕЛІСЬКІЙ Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	85456	1235	6167 (7%)	77 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1015983888

Дата перевірки:
08.12.2023 12:54:42 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
08.12.2023 13:23:14 EET

ID користувача:
100005862

Назва документа: Тимчик_антиплаг (1)

Кількість сторінок: 83 Кількість слів: 15052 Кількість символів: 109793 Розмір файлу: 1.32 MB ID файлу: 1015664557

2456 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

5.15% Схожість

Найбільша схожість: 1.61% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015664564)

4.02% Джерела з Інтернету

145

Сторінка 85

1.91% Джерела з Бібліотеки

27

Сторінка 86

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Не знайдено жодних посилань

0.01% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.01% Вилучення з Інтернету

23

Сторінка 87

Немає вилучених бібліотечних джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

38