

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)
першого (бакалаврського) рівня освіти**
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації процесу виробництва метанолу. Система автоматичного регулювання температури в холодильнику-конденсаторі

Виконав: студент курсу, групи
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

освітньої програми Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

Михайлов Д.О.

Керівник канд. т. н., доцент Барішенко О.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
 ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий (бакалаврський)

Спеціальність 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ____ ”

20 ____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ
Михайлов Даніїл Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект автоматизації процесу виробництва метанолу. Система автоматичного регулювання температури в холодильнику-конденсаторі
 керівник роботи Барішенко О.М., доцент, канд. т.н.

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

затверджені наказом ЗНУ від «27» грудня 2024 року № 2029-с

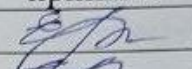
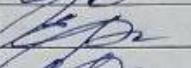
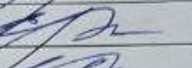
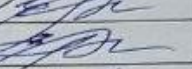
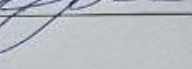
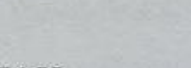
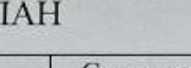
2 Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технічного завдання; структура програмно-технічного комплексу; проектування системи регулювання тепловим режимом; розробка технічної документації; розрахунок системи автоматизації та показників її надійності; техніко-економічних показники; охорона праці та техногенна безпека

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань креслень) презентація роботи

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. Барішенко О.М.		
2	доц. Барішенко О.М.		
3	доц. Барішенко О.М.		
4	доц. Барішенко О.М.		
5	доц. Барішенко О.М.		
6	доц. Барішенко О.М.		
7	доц. Барішенко О.М.		
8	доц. Барішенко О.М.		

7 Дата видачі завдання 14.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	14.04-20.04.25	
2	Розробка схеми інформаційних потоків	21.04-27.04.25	
3	Розробка технічного завдання	28.04-04.05.25	
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	05.05-11.05.25	
5	Проектування системи регулювання температури в холодильнику-конденсаторі	12.05-18.05.25	
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.25	
7	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	26.05-01.06.25	
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-08.06.25	
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	09.06-10.06.25	
10	Розробка презентації роботи, проходження нормоконтролю, підготовка доповіді	11.06-16.06.25	

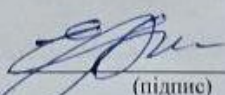
Студент


 (підпис)

Даніїл МИХАЙЛОВ

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

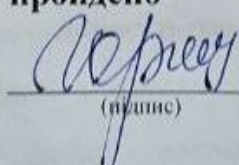

 (підпис)

Олена БАРИШЕНКО

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


 (підпис)

Ірина ОВЧИННИКОВА

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Михайлов Д. О. Проєкт автоматизації процесу виробництва метанолу. Система автоматичного регулювання температури в холодильнику-конденсаторі.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», науковий керівник О.М. Баріщенко, Запорізький національний університет, Інженерний науковонавчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесу виробництва метанолу, а саме системи автоматичного регулювання температури в холодильнику-конденсаторі.

В загальній частині описано особливості процесу виробництва метанолу, а також оцінено рівень автоматизації і визначено завдання для проектування системи управління. У спеціальній частині розроблено функціональну схему автоматизації, обрано технічні засоби, проведено розрахунки. Розрахована принципова електрична схема, принципова електрична схема живлення, монтажна комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано щит КВПіА. Виконаний розрахунок технічних засобів автоматизації. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території виробництва метанолу, розроблені заходи щодо їх запобігання. Також виконано аналіз безпеки праці та розрахунки економічної ефективності проекту, включаючи необхідну кількість персоналу.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, сіми розділів, висновків, переліку джерел посилання з 47 найменувань, викладена на 94 сторінках машинописного тексту, включаючи 16 рисунків, 8 таблиць та 8 аркушів графічного матеріалу.

Ключові слова: автоматизація, метанол, система, холодильник-конденсатор, керуючий вплив, контролер.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	6
1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТИВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	8
1.1 Технологічний процес виробництва метанолу, як об'єкт автоматизації	8
1.2 Характеристика холодильника-конденсатора.....	15
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві	18
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	22
2.1 Вимоги до системи в цілому	22
2.2 Вимоги до функцій.....	24
2.3 Вимоги до видів забезпечення	25
2.4 Загальна структура програмно-технічного комплексу засобів автоматизації.....	28
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ САР	31
4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	36
4.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня САР	36
4.2 Функціональна схема САР	46
4.3 Принципова електрична схема	48
4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА.....	49
4.5 Монтаж, налаштування та експлуатація	50
5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	58
5.1 Розрахунок метрологічних характеристик каналів САР.....	58
5.2 Розрахунок надійності реалізації функцій САР	61
5.2.1 Вимоги до надійності реалізації функцій САР	61
5.2.2 Структурні схеми надійності реалізації функцій АСР.....	62
5.2.3.Розрахунок надійності реалізації функцій САР	62
6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	66
6.1 Аналіз робочого місця апаратника.....	66

6.2 Аналіз робочого місця оператора АСУТП	71
7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	76
7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації	76
7.2 Розрахунок техніко – економічних показників.....	77
7.2.1 Визначення капітальних вкладень	77
7.2.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	78
7.2.3 Річні витрати на ЗП.....	79
7.2.4 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань.....	80
7.2.5 Річні витрати на ремонт.....	80
7.2.6 Витрати електроенергії на живлення	80
7.2.7 Інші витрати.....	81
7.2.8 Річна економія експлуатаційних витрат	81
ВИСНОВКИ.....	86
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	88

ВСТУП

Метанол, також відомий як метиловий спирт, є одним з ключових продуктів за масштабами виробництва та важливістю в хімічній промисловості. Метанол використовується як альтернативне паливо для транспорту, водневих паливних елементах, а також як джерело енергії в різних промислових процесах, генерації електроенергії та інших енергозберігаючих технологіях. Для виробництва різних хімічних продуктів, таких як формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метанол є важливою сировиною. Метанол використовується в якості антифризу для систем опалення та охолодження. Метиловий спирт є важливим розчинником в багатьох хімічних процесах, включаючи синтез, очищення і рекуперації багатьох речовин. Ці продукти широко використовуються в промисловості для виробництва пластмас, синтетичних волокон, фарби, лаків, лікарських препаратів та інших товарів [1]. Метанол, який був виявлений у продуктах сухої перегонки дерева, відомий ще з XVII століття і протягом тривалого часу цей процес був основним способом виробництва метанолу. У 1960-х роках в Англії був розроблений метод отримання метанолу за високого тиску 5 МПа на мідному каталізаторі при низькій температурі. Сучасний метод отримання метанолу включає в себе газофазний процес, в якому в основному використовуються природний газ (метан) та пара. Основний процес синтезу метанолу відомий як процес метанолового синтезу, і він відбувається за допомогою каталізаторів на основі цинку, таких як оксид цинку або цинковий каталізатор [2].

Дослідженням процесу одержання метанолу присвячені наукові роботи таких авторів, як М. Бойлер, Ж. Дюма, М. Гудман, О.Б. Брагінський, В.Л. Кріменко, М.М. Караваєв, В.Є. Леонов, І.Г. Попов, Е.А. Караханов, А.Л. Соболев, М.І. Тьомкін, А.Я. Розовський. На промисловому виробництві метилового спирту спеціалізуються такі виробники як «ICI» (Великобританія), «BASF» (Німеччина), «Chemical Systems inc.» (США), «Haldor Topsoe» (Данія), «Lurgi», «ToyoEngineering», «PetroWorld» (Південна Африка).

Компанії «Swedyard development», «Haldor Topsoe», «ICI», норвезької фірми «Solco», «Davy Process Technology» розробляють технології плавучих установок з виробництва метанолу в морських умовах [3].

Якість метанолу залежить від ефективності технологічного процесу його виготовлення. Тому підвищення технологічної та економічної ефективності технологічного процесу виробництва метанолу є актуальною темою для дослідження. Досягти цього можливо за рахунок застосування комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування технологічним процесом, застосування якої дозволить вести синтез метанолу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва метанолу.

Предмет дослідження – підвищення продуктивності технологічного процесу виробництва метанолу за рахунок застосування система керування процесом виробництва метанолу.

Метою роботи є розробка системи автоматичного регулювання температури в холодильнику-конденсаторі.

Відповідно до поставленої мети досліджень в роботі сформульовані наступні задачі:

- провести аналіз існуючої системи управління технологічними процесами виробництва метанолу;
- визначити недоліки існуючої системи управління технологічним процесом та сформулювати основні задачі для її модернізації;
- розробити математичні моделі процесу виробництва метанолу;
- розробити необхідні схеми САР температури;
- підібрати технічні засоби автоматизації і технологічне обладнання;
- здійснити розрахунок параметрів налаштування регуляторів САР;
- розробити програмне забезпечення САР;
- розглянути питання, пов'язані з охороною праці;
- виконаний розрахунок економічного обґрунтування проекту, визначити економічну ефективність спроектованої САР.

1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТИВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний процес виробництва метанолу, як об'єкт автоматизації

Карбінол (метиловий спирт) є одним з найважливіших за значенням та масштабами виробництва органічним продуктом, що випускається хімічною промисловістю. Карбінол, що випускається в нашій країні, застосовується повсюдно, витрачається не тільки на внутрішньому ринку, а й іде на експорт у країни ближнього та далекого зарубіжжя: Китай, Тайвань, Словаччину, Угорщину, Фінляндію, Естонію.

Бурхливе зростання виробництва карбінолу обумовлено постійно зростаючим різноманіттям сфер його застосування. Карбінол є сировиною для отримання таких продуктів, як формальдегід (близько 50% від всього карбінолу), синтетичний каучук (11%), метиламін (9%), а також диметилтерефталат, метилматакрилат, пентаеритрит, уротропін. Його використовують у виробництві фотоплівки, амінів, полівінілхлоридних, карбамідних та іонообмінних смол, барвників та напівфабрикатів, як розчинники в лакофарбовій промисловості. У великій кількості карбінол споживають для отримання різних хімікатів, наприклад хлорофосу, карбофосу, хлористого та бромистого метилу та різних ацеталей.

Метанол CH_3OH – найпростіший представник у гомологічному ряді граничних спиртів; його молекулярна вага 32,042. За нормальних умов чистий метанол є безбарвною, легкорухливою, легколетючою, горючою рідиною із запахом, подібним до запаху етилового спирту. У вільному стані в природі метанол зустрічається рідко і в незначних кількостях, але його похідні містяться в багатьох рослинних оліях (складні ефіри), природних барвниках, алкалоїдах (прості ефіри).

Метанол (за нормальних умов $^{\circ}\text{C}$, 0,1013 МПа) має характеристики наведені в табл. 1.1 [16, 18].

Таблиця 1.1 – Характеристики метанолу

Характеристики	Параметри
Густина, кг/м ³	810,1
В'язкість, мПа·с	0,793
Діелектрична проникність	37,92
Температура, °С	
кипіння	64,56
затвердівання	-97,70
спалаху	8
займання	13
самозаймання	464
Теплота згоряння, кДж/кг	22331

Потрійна точка метанолу характеризується температурою $-97,71^{\circ}\text{C}$ тиском парів 0,1887 Па. Параметри критичного стану метанолу такі: $T_{\text{кр}} = 512,65 \text{ K}$, $P_{\text{кр}} = 8,103 \text{ МПа}$, $d_{\text{кр}} = 274,73 \text{ кг/м}^3$.

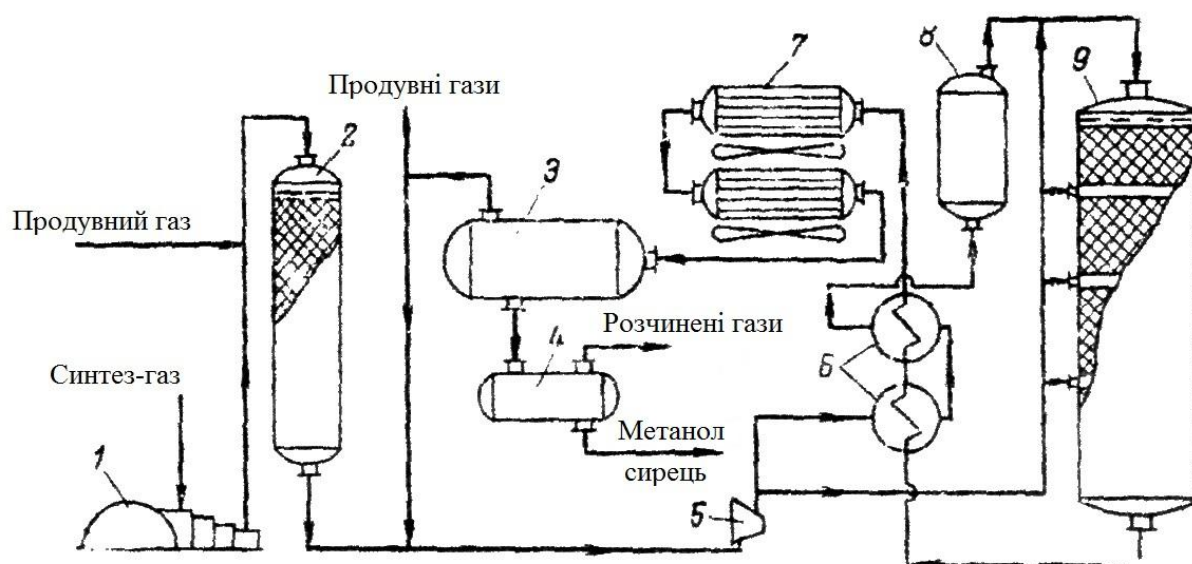
Для процесу синтезу метанолу необхідна газова суміш – свіжий газ із певним співвідношенням компонентів: водню, окису вуглецю та двоокису вуглецю. Вона готується шляхом змішування синтез – газу з двоокисом вуглецю та азотоводородною сумішшю.

Процес одержання метанолу з оксидів вуглецю та водню включає низку стадій, обов'язкових для будь-якої технологічної схеми синтезу метанолу, які відрізняються в основному апаратурним оформленням. Газ попередньо очищається від карбонілів заліза, сполук сірки, частинок олії (у разі використання поршневих компресорів), потім підігрівається до температури початку реакції та надходить на контактування.

В останні роки набувають широкого поширення технологічні схеми синтезу метанолу на низькотемпературних каталізаторах при зниженому тиску. Процес проводять в основному при 5 – 10 МПа на трикомпонентних мідьмістять каталізаторах (розміром 5×5 мм) з циркуляцією газу турбоциркуляційними машинами. Для приводу компресора від парової турбіни використовують пар, що отримується безпосередньо на установці.

Процес виробництва метанолу при низькому тиску включає практично ті ж стадії, що і виробництво його при високому тиску. Проте є й деякі особливості.

Вихідний газ для синтезу метанолу на низькотемпературних каталізаторах, що містять мідь, повинен бути ретельно очищений від каталітичних отрут (сірка, хлор). Вміст сірки при цьому у свіжому газі (вихідний + циркуляційний) має бути не більше $0,15 \text{ мг/м}^3$. Схема виробництва метанолу (рис. 1.1) із синтез-газу компактна та високоефективна. Потужність виробництва визначається ресурсом газу і становить 100 – 110 тис. т. на рік.



1, 5 – компресори, 2 – фільтр, 3 – сепаратор, 4 – збірник, 6 – теплообмінник,
7 – повітряний холодильник, 8 – електричний підігрівач, 9 – реактор

Рисунок 1.1 – Схема синтезу метанолу під тиском 5 МПа

Синтез-газ стискається турбокомпресором 1, проходить тонку очищення від парів розчинника ацетилену у вугільному фільтрі 2 і змішується з циркуляційним газом. Для регулювання співвідношення реагуючих компонентів синтез-газ додається газ з високим вмістом водню (12 – 16% від.), наприклад продувний газ із виробництва метанолу під високим тиском. Циркуляція газу забезпечується відцентровим компресором 5. Циркуляційний газ через теплообмінник 6 і електропідігрівач 8 надходить у шахтний реактор

синтезу 9. Відведення тепла реакції проводиться подачею в шар каталізатора холодного газу, який розподіляється за допомогою спеціально сконструйованих камер змішування.

Температура газу на вході в реактор $205 - 225^{\circ}\text{C}$, максимальна температура в шарі каталізатора 290°C . Виходить з реактора циркуляційний газ віддає тепло газу, що надходить в реактор в рекупераційних теплообмінниках 6 і направляється в повітряні холодильники-конденсатори 7. метанол, Що Сконденсувався, вода та інші побічні продукти відокремлюються в сепараторі 3. Метанол-сирець зі збірника спрямовується на ректифікацію. Циркуляційний газ із сепаратора повертається на всмоктувальну лінію циркуляційного компресора 5.

Дану схему можна використовувати для одержання метанолу і з природного газу, попередньо ретельно очистивши газ від сірки та піддавши його конверсії метану. Недоліком схеми є застосування турбокомпресорів з електроприводами, що призводить до витрати електроенергії до $800 - 900\text{ кВт}\cdot\text{год/т}$.

Розглянемо конструкцію колони синтезу метанолу за низького тиску. Внаслідок зниження температури синтезу до $220 - 280^{\circ}\text{C}$ колона не має насадки. Температурний режим підтримують подачею холодного газу. У технологічних схемах виробництва метанолу, що працюють при тиску 5 МПа , використовують колону синтезу шахтного тип.

Розміри апарату залежать від продуктивності одного агрегату (діаметр реактора змінюється від 36 до 44 м). Для регулювання температури у шарі каталізатора по висоті колони передбачено введення холодного газу. Змішування холодного газу з основним потоком здійснюється у спеціальних газорозподільниках.

Температурна залежність за висотою шару каталізатора має пікоподібний характер. Колона синтезу шахтного типу наведена на рисунку 1.2.

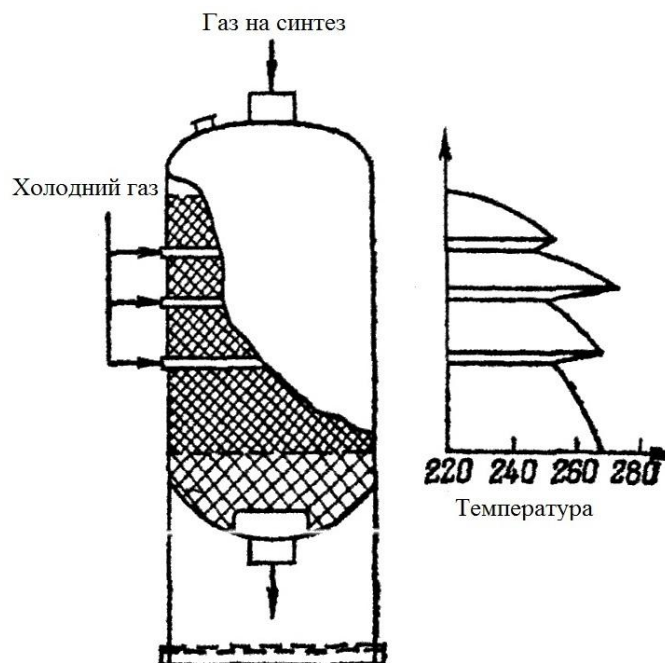
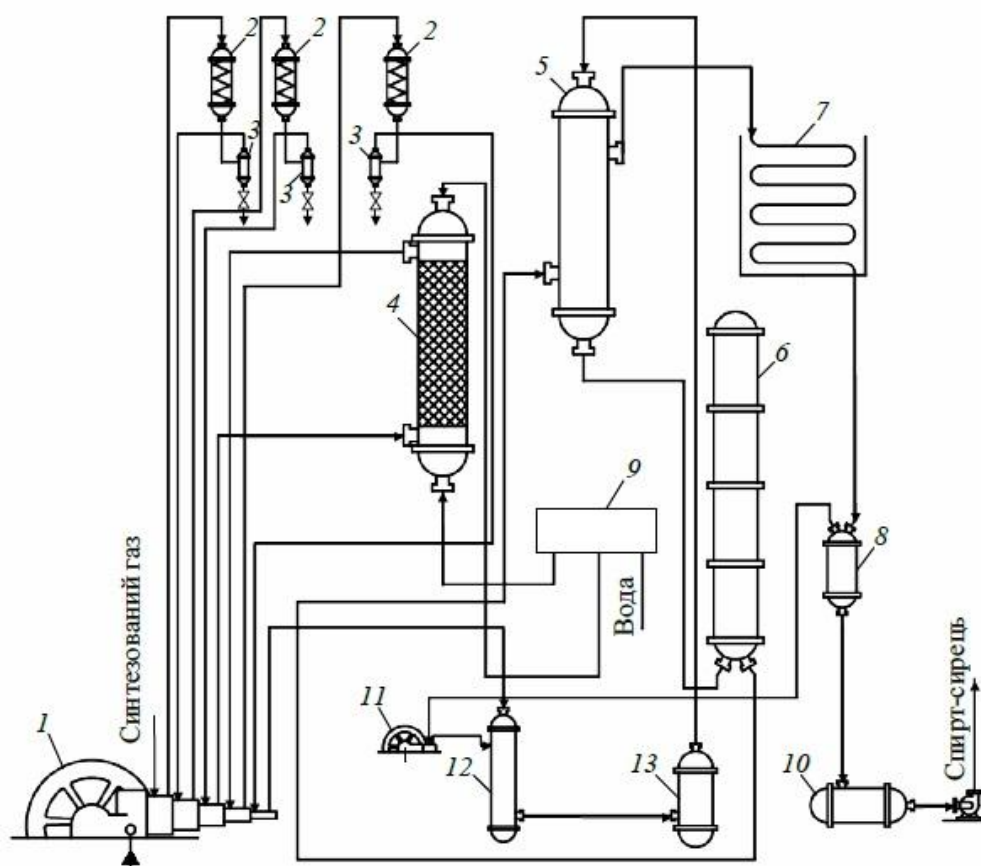


Рисунок 1.2 – Колона синтезу шахтного типу

Стабільна експлуатація виробництва метанолу при заданій потужності може бути забезпечена при безперервній роботі всього обладнання, але особливо важлива стабільна робота компресорів. В даний час для компрімування та циркуляції газових сумішей використовують високопродуктивні відцентрові компресори з приводом від електродвигунів або від парових турбін (пар отримують безпосередньо в технологічній схемі виробництва метанолу).

На рисунку 1.3 наведена схема синтезу метилового спирту з окису вуглецю і водню.

Періодично через кожні 30 – 60 хв. водороздільники продувають тим же газом протягом декількох секунд для видалення вологи, так як при переповненні окремою рідиною порушується нормальна робота компресора. З третього ступеня компресора газ під тиском 27 ат направляється до насадного скрубера 4, зрошуваного водою. У скрубєрі газ відмивається від двоокису вуглецю, яка під тиском добре розчиняється у воді.



1 – компресор; 2 – холодильники газу; 3 – водороздільники; 4 – скруббер; 5 – теплообмінник високого тиску; 6 – колона синтезу; 7 – холодильник-конденсатор; 8 – сепаратор; 9 – агрегат мотор-насос-турбіна; 10 – збірник спирту-сирцю; 11 – циркуляційний компресор; 12 – змішувач свіжого і циркуляційного газу; 13 – вугільний фільтр

Рисунок 1.3 – Схема синтезу метилового спирту з окису вуглецю і водню

Вода на зрошення скрубера подається з водопровідної мережі відцентровим насосом, сполученим еластичними муфтами з одної сторони з електродвигуном, з іншого – з гідравлічною турбіною. Такий агрегат зветься: мотор-насос-турбіна. Напір води, створюваний насосом, перевищує тиск газу в скрубері на 2 – 4 ат; вода, що витікає з нижньої частини скрубера, насичена двоокисом вуглецю, надходить на лопатки турбіни і приводить їх в обертання; тиск води в турбіні знижується майже до атмосферного [11].

Таким чином, енергія дроселювання води використовується для обертання валу відцентрового насоса; недостатня потужність заповнюється за

рахунок роботи електродвигуна. Використання енергії води, яка витікає з скрубера, дозволяє значною мірою (на 30% і більше) зекономити витрата електроенергії на подачу води в скрубер 4.

Очищений від двоокису вуглецю газ стискається в четвертій і п'ятій ступенях компресора і під тиском 243 ат надходить в змішувач 12, де змішується з поворотним (циркуляційним) газом, що нагнітається компресором 11. Далі газова суміш очищується в фільтрі 13, заповненому активним вугіллям, від пентакарбоніла заліза $Fe(CO)_5$.

Пентакарбоніл заліза – летюча речовина, що утворюється при взаємодії окису вуглецю з матеріалом апаратури в умовах підвищених температури і тиску. Пентакарбоніл заліза є найбільш шкідливою домішкою газу, так як в результаті його розкладання на каталізаторі відкладається дисперсове залізо, прискорюючи побічні реакції утворення метану. Крім того, пентакарбоніл заліза сприяє корозії апаратури.

Газ, очищений від $Fe(CO)_5$, надходить в труби теплообмінника 5, де нагрівається контактними газами, що відходять, до 320 °С. При цій температурі газова суміш надходить в колону синтезу 6.

Реакція утворення метанолу протікає з виділенням тепла (26,5 ккал/моль), тому для підтримки температури в контактній зоні в межах 400 – 420 °С в цю зону вводять холодний газ.

Контактні газы з колони синтезу охолоджуються до 80 – 100 °С в теплообміннику 5, а потім – до 30 °С в холодильнику-конденсаторі 7. Тут пари спирту конденсуються; рідина (Спирт-сирець) відділяється від газів в сепараторі 8, а газы циркуляційним компресором 11 нагнітаються в змішувач 12. Спирт сирець зливається в збірник 10. На трубопроводі між сепаратором і збіркою встановлений дросельний вентиль, понижуючи тиск. рідини до атмосферного. При зниженні тиску спирт, що надходить до збірки, відділяється від газів, які були розчинені в ньому під тиском. Далі спирт – сирець направляється на очистку і ректифікацію [12].

1.2 Характеристика холодильника-конденсатора

Об'єктом дослідження було обрано холодильник-конденсатор.

Холодильник-конденсатор є пристроєм, який використовується для охолодження газової суміші до зазначеної температури.

Розповсюджена структура холодильника-конденсатора представляє собою циліндр із великою кількістю труб, виготовлених із міді чи нержавіючої сталі. По цих трубах протікає пара речовин для подальшого конденсації, що відбувається за рахунок різниці температур між внутрішнім простором і зовнішнім середовищем.

У вхідні трубопроводи подається пара продуктів синтезу, яка заповнює простір всередині труб, а також холодна вода для охолодження і конденсації, що наповнює простір між трубами. До вихідних потоків відносяться конденсат і використана холодна вода.

Холодильник-конденсатор конструкційно виготовлений з використанням протиточного теплообмінника типу «труба в трубі» (рис. 1.4), де труби служать для постачання реакційної суміші з парою метилового спирту для конденсації, а в просторі між трубами розташована рідина для охолодження (зазвичай, вода).

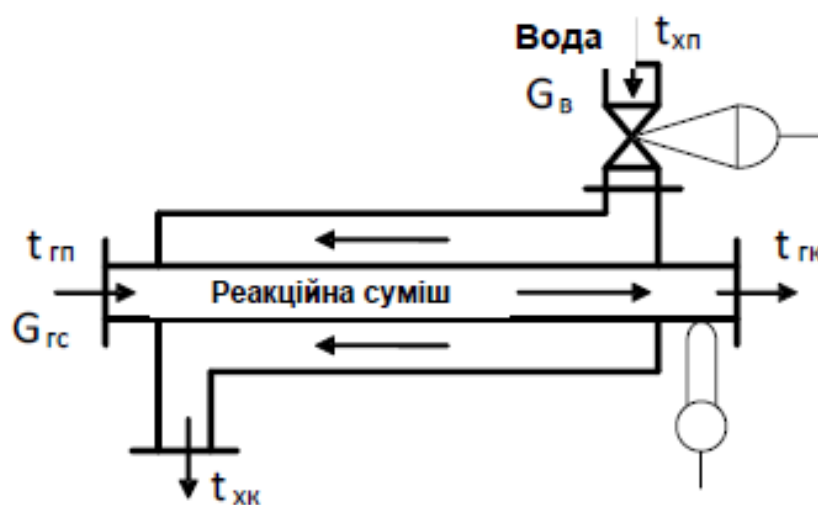


Рисунок 1.4 – Технологічна схема протиточного теплообмінника типу «труба в трубі»

Для досягнення необхідної повноти конденсації парів метилового спирту важливо утримувати температуру реакційної суміші на виході з теплообмінника на рівні $t_{гк} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це досягається за допомогою регулювання витрати води, використовуваної для охолодження.

Вихідними параметрами, які описують стан об'єкта управління, є температура газової суміші на виході з теплообмінника ($t_{гк}$) та температура води для охолодження на виході з теплообмінника ($t_{хк}$). Вхідним параметром у системі управління є витрата холодної води для охолодження ($t_{хп}$). Зовнішніми факторами, які впливають на процес теплообміну, є температура реакційної суміші на вході в теплообмінник ($G_{гп}$) та витрата реакційної суміші ($G_{гс}$). Також враховуються коливання температури холодної води ($t_{хп}$).

Ключовим показником його ефективності є температура газу всередині холодильника. Задачею керування ним є підтримування температури конденсату на виході з об'єкта керування на заданому рівні. Ця задача розв'язується шляхом зміни витрати холодоагенту (води), який надходить у міжтрубний простір апарату.

Найбільший вплив на ефективність холодильника виникає через канал подачі газової суміші. Для досягнення поставленої мети управління і забезпечення нормального ходу технологічного процесу, регулюється подача холодної води.

Розглянемо вхідні потоки в досліджуваному холодильнику-конденсаторі, які представлені на рис. 1.5.

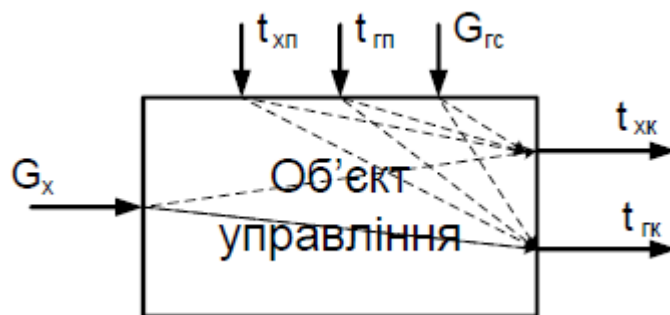
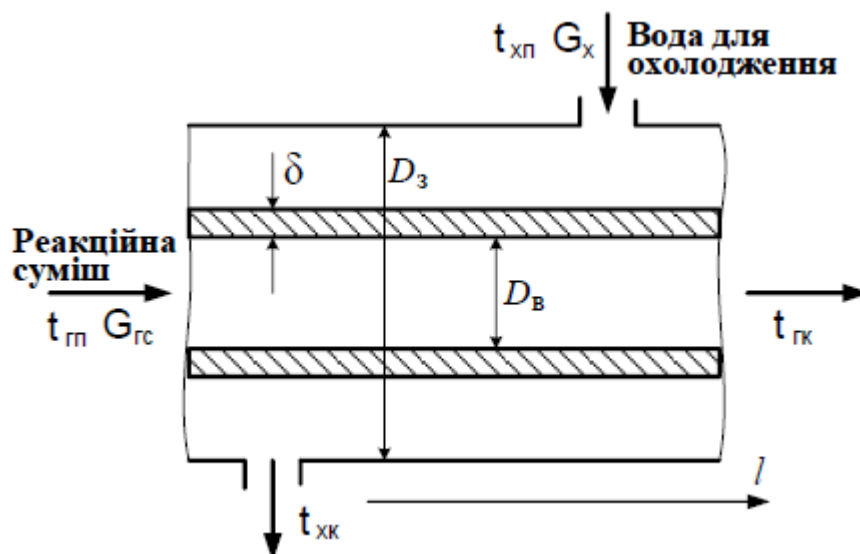


Рисунок 1.5 – Структурна схема каналів впливу об'єкта управління

Для викладення математичної моделі спростимо конструкцію теплообмінника, яка зображена у спрощеному вигляді на рис. 1.6.



l – просторова координата (довжина труби); $D_{\text{в}}$ – внутрішній діаметр внутрішньої труби; δ – товщина стінки внутрішньої труби; $D_{\text{з}}$ – внутрішній діаметр зовнішньої труби

Рисунок 1.6 – Спрощена структурна схема теплообмінника «труба в трубі»

Згідно з рисунком 1.6, гаряча реакційна суміш з паром метилового спирту, яка піддається охолодженню, подається у внутрішню трубу, тоді як вода для охолодження подається у зовнішню трубу. Об'єкт управління може бути представлений як система з трьох тепловмісних ємностей, які накопичують тепло: ємність реакційної суміші, що охолоджується у внутрішній трубі, ємність матеріалу стінки внутрішньої труби та ємність води для охолодження у зовнішній трубі. Ураховуючи незначний перепад температури зовнішнього середовища та води для охолодження, а також наявність теплоізоляції, можна ігнорувати втрати тепла через зовнішню стінку теплообмінника.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Основними параметрами, що контролюються і сигналізуються (при виході за межі) є: тиск, температура, рівень, густина, витрати.

Для вимірювання тиску на виробництві встановлений вимірювальний перетворювач надлишкового тиску Sitrans P серії ZD, оскільки він має високий клас точності (0,25) і кілька діапазонів вимірювання тиску (значення у роботі: 102 – 130 кПа; тому тут підходить діапазон вимірювання: 0...2 бар). Цей перетворювач належить до так званих тензометричних перетворювачів, принцип дії яких ґрунтується так званому, тензоефекті – зміні їхнього активного опору провідника за пружних деформацій. Самий поширений варіант використання тензоефекту – це розтягування дроту або стрічки з тензочутливого матеріалу. Такі перетворювачі використовують для вимірювання невеликих переміщень, деформацій, або інших механічних величин, що пов'язані з деформаціями.

Для вимірювання рівня було обрано ультразвуковий рівнемір Sitrans Probe LU, принцип дії якого – ультразвуковий. (Використовується ефект відбиття ультразвукових коливань від границі розділу рідина – газ. Значення рівня визначається за часом проходження ультразвукових коливань від джерела до приймача після відбиття їх від поверхні розділу.) При реалізації методу ультразвуковий випромінювач посилає акустичні імпульси з малим кутом розходження випромінювання. Випромінюється пакет повздовжніх ультразвукових хвиль (ультразвуковий зонduючий імпульс) по нормалі до поверхні, відстань до якої вимірюється. Одночасно вимірювальний перетворювач вимірює час між початком випромінювання імпульсу і початком приймання відбитого імпульсу, який пропорційний відстані між поверхнею контрольованої за рівнем речовини та електроакустичним перетворювачем, або рівню речовини. Виміряне значення часу перетворювач переводить у значення рівня. Даний рівнемір має достатньо високий клас точності (0,25), надійність, схему фільтрації сигналу, його діапазон включає

значення параметру в даній роботі. Діапазон вимірювання: до 6 м або до 12 м (значення у роботі: 3 м) [4].

Для виміру густини використовується прилад – радіоізотопний густиномір ПР – 1027М з класом точності: 0,1...1. Діапазон вимірювання: 500...3500 м³/год (у роботі значення: 810 м³/год).

Для вимірювання температури використовується контактний метод вимірювання, а прилад: вимірювальний перетворювач температури Sitrans TF2 з термометром опору Pt100, принцип роботи якого ґрунтується на властивості провідників (металів) (в даному випадку – платини) та напівпровідників змінювати свій електричний опір в залежності від зміни їхньої температури. Цей прилад забезпечує достатню точність вимірювань (абсолютна похибка при температурі навколишнього середовища в межах (23 ±5)°C складає: < ±(0,45°C + 0,2% від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань)), є одним із найсучасніших і найпоширеніших у промисловості засобів вимірювання. Діапазон вимірювання: -50...+200°C (значення у роботі: 60 – 105°C).

В даній роботі особливу увагу треба звернути на середню швидкість потоку речовини, що вимірюється, та фізичний стан: газоподібний чи рідкий. Це важливо при підборі приладів і ПВП, оскільки вони розраховані саме на певну швидкість і стан речовини.

Так, для вимірювання витрати пари вибрано вихровий витратомір ЭМИС – ВИХРЬ 200 – 208 – П, принцип дії якого заснований на вимірюванні частоти виникнення вихрів у газовому потоці при обтіканні нерухомого тіла. Даний прилад має високий клас точності: 1, необхідний діапазон вимірювання: $Q_{\max} = 1300 \text{ м}^3/\text{год}$ (значення у роботі: 1094 м³/год) і призначений для вимірювання витрат пари.

Для вимірювання витрати спирту (готового продукту) – використовується масовий витратомір Коріоліса Sitrans MassFlo, принцип дії заснований на ефекті Коріоліса – вигину U – подібної трубки внаслідок дії сили з боку рідини, що в одному випадку сприяє, а в іншому – протидіє її закручуванню.

Витратомір має достатню точність вимірювання (клас точності: 0.1...0.2; допустиме значення відносної похибки по витратах: 0.15%), простоту конструкції, що спрощує догляд за ним, діапазон вимірювання: 0...1.6 м³/год (для значення у роботі 1.31 м³/год).

Витратомір рідини РС – 2М – прилад для вимірювання витрати води, що подається на дефлегматор. Принцип його дії аналогічний принципу дії магніто – індукційного витратоміра Sitrans FM MAG 6000: вимірювання пропорційної значенню витрати ЕРС, яка індукується електропровідною рідиною в електроди, що контактують з нею, при проходженні нею рівномірного магнітного поля електромагніта. Клас точності приладу: 0.5...1. Діапазон вимірювання витрати: 0.1...40856 м³/год (для значення у роботі: 9, 11 м³/год).

В усіх випадках орієнтація на точність вимірювання приладу та його технічні характеристики, а не на метод вимірювання параметру, оскільки це не має принципового значення.

В якості вторинного приладу для одинадцяти контурів використовуються аналогові показуючі, реєструючи прилади А100 – Н з елементами сигналізації. Ці прилади приймають уніфікований струмовий сигнал 4 – 20 мА і мають до 3-х вимірювальних каналів, тобто, мають можливість періодично реєструвати до 3-х (трьох) параметрів. Він досить широко використовується сьогодні на виробництві і для даного випадку є практично ідеальним поєднанням показуючого, реєструючого, сигналізуючого приладу (за умови необхідності неперервного контролю його необхідно використовувати лише за одним вимірювальним каналом).

Проведений аналіз існуючого рівня автоматизації ректифікаційної установки показав:

– на даному підприємстві використовуються, як первинний перетворювач термопара ТПР – 0573 в парі з нормуючим перетворювачем Ш9322, це дуже не раціонально, бо сигнал може надходити з похибкою;

– використовуються регулятори, а в якості вторинних приладів використовуються ДИСК – 250, які схильні до частих механічних зносів і необхідна їх постійна перевірка. Прилади мають такі недоліки, як: висока похибка при вимірюваннях, відсутність ліній зв'язку для передачі виміряної величини на відстань і реєстрації на ЕОМ, велику вагу і габарити, велику енергоємність, вплив вапнякового пилу на рухомі частини та деталі пристроїв; якості палива використовується кокс, який має дефіцит і велику вартість;

– прилади, які використовуються на діючому виробництві морально застаріли і це негативно впливає на процес ректифікації, як наслідок, на продуктивність установки, крім цього, в системі управління відсутня сигналізація про вихід за задані межі будь – якого з контрольованих параметрів [4].

Проаналізувавши існуючий рівень автоматизації можна зробити висновок, що функції, які виконуються системою, та її технічне забезпечення є застарілими, що призводить до виникнення аварійних ситуацій та економічних збитків. Тому для покращення якості продукції, що виготовляється на підприємстві, мінімізації економічних збитків та збільшення річного економічного прибутку, в ВКР бакалавра пропонується провести модернізацію існуючої САР холодильника-конденсатора.

Висновки. В даному розділі були розглянуті особливості функціонування технологічних агрегатів виробництва метанолу, а саме технологічний процес роботи холодильника-конденсатора, проаналізовано принцип роботи апарату з точки зору об'єкта автоматизації. Було проведено аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві, сформовані основні тенденції розвитку модернізації спиртового виробництва для формулювання і розробки технічного завдання на проектування САР температури в холодильнику-конденсаторі.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

В автоматичному режимі, задаючи необхідні параметри та установки на панелі оператора, можна реалізувати циклічну роботу всієї системи.

Метою проектування САР температури в холодильнику-конденсаторі, як об'єкта автоматизації, є оптимізація економічних показників виробництва та підвищення якісних показників продукції за рахунок:

- створення схеми автоматизації хіміко-технологічної системи виробництва метанолу;
- створення системи автоматичного керування холодильником-конденсатором;
- створення системи управління елементами виробництва [15].

Розроблена система автоматизації має забезпечити:

- підтримування параметрів речовин на заданому рівні;
- сигналізацію відхилення параметрів від заданого діапазону;
- аварійний захист виробництва;
- мінімізація впливу людини на перебіг процесів виробництва;
- отримання високої якості продукції.

Система автоматичного керування холодильником-конденсатором має забезпечити:

- оптимальне керування ТОК;
- зменшення енергетичних затрат на виконання функцій апарату.

Встановлено, що основною проблемою існуючих систем є отримання метанолу стабільно високої якості при мінімальних витратах енергетичних ресурсів. Задачу отримання метанолу стабільно високої якості необхідно вирішувати шляхом впровадження принципово нових підходів та алгоритмів управління температурою холодильника-конденсатора, для яких критерієм

управління є забезпечення необхідної якості продуктів за умови мінімальних витрат енергетичних носіїв та зменшення втрат матеріальних і фінансових ресурсів.

Виходячи з простоти реалізації, вимог універсальності сучасного стану технічного та програмного забезпечення систем автоматизації у виробництві метанолу пропонується дослідити матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки і розробити нову систему управління.

Для розробки алгоритмів функціонування такої системи необхідно розробити математичну модель процесу за допомогою якої, на основі інформації про якісні показники матеріальних потоків, дані можна розрахувати рекомендованими значеннями технологічних параметрів і скорегувати роботу регуляторів для забезпечення скорегованого технологічного режиму.

Так як метою проекту є створення САР температури холодильника-конденсатора, то структура мережі, буде наступною:

- кількість параметрів в цьому процесі AI – 7шт., DI – 6шт., DO – 6 шт. Будемо вважати, що всі ці сигнали йдуть від технологічного обладнання. Сигнали надходять в модулі вводу / виводу контролера S7 фірми SIEMENS. Контролер знаходиться в шафі управління. Шафа управління розташована в операторському пункті. Контролер виконує функції управління параметрами комплексу, обробки інформації;

- контролер підключений до комутатора, розташованого в шафі керування по мережі Ethernet. Також встановлено резервний комутатор для резервування каналів зв'язку;

- у операторській розміщуються АРМ архіву, АРМ оператора, АРМ інженера. Всі вони підключені по топології зірка до комутатора. Таким чином, з АРМ можливо управляти технологічним процесом в апаратній;

- для регулювання рівня в ректифікаційної колоні, необхідно використувати регулюючий клапан на злив конденсату.

– у процесі беруть участь, також різні давачі, що застосовуються для вимірювання: тиску, витрати, рівня, сили струму.

Проведений аналіз існуючого рівня автоматизації потребує заміни наступного обладнання:

– первинний перетворювач термopара ТПР – 0573 в парі з нормуючим перетворювачем Ш9322;

– вторинні прилади ДИСК – 250;

– прилади, які морально застаріли і негативно впливають на процес ректифікації;

– функції, які виконуються існуючою системою, та її технічне забезпечення є застарілими, що призводить до виникнення аварійних ситуацій та економічних збитків, тому для покращення якості продукції, що виготовляється на підприємстві, мінімізації економічних збитків та збільшення річного економічного прибутку, в ВКР бакалавра пропонується провести проектування нової САР температури холодильника-конденсатора.

Пропонується використати автоматизовані комплекси на базі промислових контролерів та підключених до них, за допомогою спеціальних інтерфейсів електронно-обчислювальних машин. На основі цього, створити автоматизовані робочі місця (АРМ) оператора. Такі системи дозволять, окрім організації активного діалогу машини та людини, здійснювати запис значень контрольованих параметрів в спеціальні бази даних для можливості їх перегляду та аналізу в подальшому.

2.2 Вимоги до функцій

Вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинні відповідати ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення [4]. Система повинна складатися з трьох рівнів:

– локальний рівень;

- рівень виробництва;
- верхній рівень.

На локальному рівні необхідне виконання наступних завдань:

- перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;
- управління виконавчими пристроями;
- реалізація блокувань і аварійного захисту;
- погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях має спрацьовувати світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні підсистемного виробництва:

- збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;
- періодичне опитування датчиків стану
- прийом та передача інформації від інших систем;
- виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;
- реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

2.3 Вимоги до видів забезпечення

Вимоги до інформаційного забезпечення

Для обміну інформацією в рамках розподіленої системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі. Для зручності роботи технологів-операторів з великими об'ємами різноманітної інформації і для вироблення відповідних стереотипів взаємодії з системою автоматизації інформаційне забезпечення системи повинно бути структуроване і мати ієрархічну організацію.

Повинні бути передбачені такі стандартні операційні панелі: загального огляду, мнемосхеми, групи приладів, панелі налаштування, панелі сигналів

тривоги, панелі реєстрації ходу процесу (тренди). Всі категорії даних інформаційного забезпечення СПЗ (системи протиаварійного захисту) не повинні губитися при аваріях електроживлення та відмові блоків і модулів системи ПАЗ.

Всі константи, які налаштовуються, інформація прив'язки, алгоритми вирішення завдань і тексти програм повинні зберігатися на дублюючих носіях і оновлюватися при внесенні змін в систему. Для кодування інформації повинні бути використані класифікатори (коди) прийняті замовником і які відповідають вимогам однозначності, простоти і можливості розширення.

Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Зважаючи на відсутність вітчизняних нормативних документів, в якості їх прототипу необхідно використовувати розроблений Міжнародної 31 Електротехнічній Комісією (МЕК) стандарт ІЕС 61131-3, що регламентує повноту і синтаксис мов технологічного програмування. Все прикладне програмне забезпечення системи для організації взаємодії з користувачем повинно використовувати російську мову. Вся інформація в АСУТП повинна бути представлена у вигляді понять і визначень властивих металургійної галузі.

Вимоги до програмного забезпечення

При проектуванні та розробці системи необхідно максимально ефективним чином використовувати раніше закуплене програмне забезпечення, як серверне, так і для робочих станцій. Використовуване при розробці програмне забезпечення та бібліотеки програмних кодів повинні мати широке поширення, бути загальнодоступними і використовуватися в промислових масштабах. Базовою програмною платформою повинна бути операційна система Windows XP або Windows 10. У якості показуючи приладів використовуються РМТ 29. Його робота відбувається під управління ОС Linux.

Програмування контролерів може здійснюватися за допомогою інструментальної системи програмування

Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення роботи системи необхідні різноманітні технічні засоби від первинних перетворювачів до ЕОМ. У даній системі використовуються різні первинні перетворювачі для виміру температури, тиску, витрати з уніфікованим вихідним сигналом по струму 0-20мА. Всі технічні засоби працюють з уніфікованими сигналами по струму і напрузі. Вимоги до метрологічного забезпечення Клас точності приладів повинен бути не більше 3%. Усі технічні засоби повинні проходити державну повірку і регулярно обслуговуватися метрологічною службою.

Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинне відповідати ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. Значення контрольованих параметрів (технологічного процесу, технологічного обладнання) повинні бути виражені відповідно до ДСТУ OIML D 2:2007 Узаконені одиниці вимірювань. Усі методики вимірювання, використовувані у сфері державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані. Для технічних засобів, що беруть участь в процесі вимірювання контрольованих параметрів повинні бути забезпечені відповідні умови експлуатації (температура, вологість). Повинен бути забезпечений контроль умов їх експлуатації в приміщеннях управління [5].

Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСУТП повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків з експлуатації системи.

Організаційне забезпечення повинно включати вимоги щодо чисельності та кваліфікації персоналу АСУТП і КВПіА, інструкції по кожному виду діяльності, і точне визначення виконуваних функцій.

Замовником повинні бути визначені посадові особи, відповідальні за: -

- обробку інформації;
- адміністрування;
- забезпечення безпеки інформації;

– управління роботою персоналу з обслуговування автоматизованої системи.

До роботи з системою повинні допускатися співробітники, що мають навички роботи на персональному комп'ютері, ознайомлені з правилами експлуатації і пройшли навчання роботі з системою [6].

Вимоги до патентної чистоти.

Система, її складові частини і прийняті при розробці проектні рішення повинні володіти патентною чистотою відносно держави Україна.

2.4 Загальна структура програмно-технічного комплексу засобів автоматизації

Метою розробки програмно-технічного комплексу є створення сучасної, високоефективної, автоматизованої системи управління технологічним процесом термічної обробки металу, що забезпечується за рахунок реалізації новітніх технологічних і технічних рішень за допомогою використання сучасних, надійних технічних засобів автоматизації, виконаних на базі мікропроцесорної техніки.

Структура системи управління.

Середній рівень системи управління рухом:

- шафи технологічних захистів;
- шафи управління;
- серверна шафа середнього рівня в складі сервера середнього рівня і комунікаційного управління;

Нижній рівень системи управління:

- засоби вимірювання нижнього рівня (КВПіА);

Технічні засоби для розміщення КВПіА:

- щит КВПіА;
- пульт оператора;

– пульт ручного управління.

Внутрісистемні лінії зв'язку (відповідно до специфікації).

Структура середнього рівню системи управління рухом на лінії ламінування.

Контролер управління.

Контролер управління забезпечує:

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з пульта управління (команди дистанційного управління й команди управління режимами роботи регулюючих арматур, команди управління режимами роботи ПД-регуляторів, паспорти технологічних параметрів, уставки регуляторів);

б) обробку прийнятих сигналів – виконання алгоритмів:

1) автоматичних регуляторів;

2) стандартних алгоритмів;

3) алгоритмів діагностики.

в) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми регулюючих арматур.

д) додатково контролер забезпечує прийом інформації із тепловісильників, її обробку і передачу даної інформації на інші вузли системи.

Пристрій технологічних захистів.

Пристрій технологічних захистів забезпечує:

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з контролерів управління (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури, сигнали від приладів тепловісильників;

3) з пульта управління (команди дистанційного управління арматурами, команди управління режимами роботи технологічних регуляторів, режимами роботи системи управління котла, команди управління алгоритмами технологічного контролю й програмно-логічного управління, паспорта технологічних параметрів, уставки алгоритмів технологічних захистів і блокувань);

4) із сервера системи управління (інформацію системи єдиного часу).

б) обробку прийнятих сигналів - виконання алгоритмів:

1) технологічних захистів;

2) технологічних блокувань;

3) технологічного контролю;

4) програмно-логічного управління;

5) стандартних алгоритмів;

6) алгоритмів діагностики;

в) формування попереджувальної та аварійної звукової і світлової сигналізації;

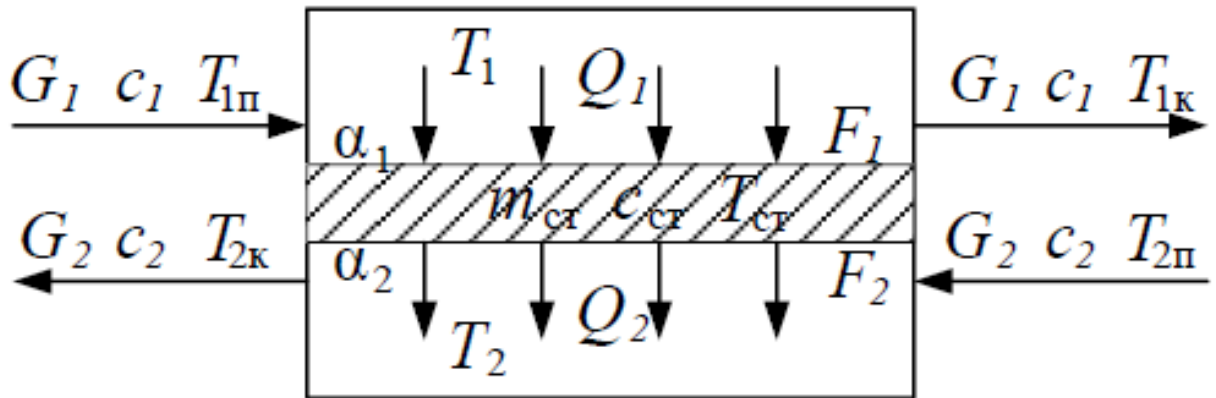
г) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми запірної та запірно-відсічної арматур;

д) передачу значень технологічних параметрів, інформацію про стан арматур, стан технологічних захистів і блокувань, ретрансляцію команд управління режимами роботи технологічних регуляторів (у контролери управління), інформацію про хід виконання алгоритмів технологічного контролю та програмно-логічного управління, інформацію про останню аварію, результатів діагностики на: сервери системи управління; пульт оператора; контролер управління.

Висновки. В даному розділі наведені усі необхідні вимоги до структури та функціонування САР повинна, які відповідають ДСТУ 2226-93.

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ САР

Структурно-параметрична схема холодильника-конденсатора наведена на рис. 3.1.



Q_1 і Q_2 – кількості теплоти, що передаються через поверхню теплообміну F_1 і F_2 ; α_1 і α_2 – коефіцієнти тепловіддачі зі сторони гарячого та холодного теплоносіїв, відповідно; G_1 і G_2 – масова витрата відповідних потоків; $T_{1п}$, $T_{1к}$ – початкова і кінцева температура гарячого теплоносія; $T_{2п}$, $T_{2к}$ – початкова і кінцева температура холодного теплоносія; c_1 , c_2 – питома теплоємність теплоносіїв; $m_{ст}$, $c_{ст}$, $T_{ст}$ – маса, теплоємність і температура стінки

Рисунок 3.1 – Структурно-параметрична схема холодильника-конденсатора

Як видно зі структурно-параметричної схеми на виході змінюються лише температури речовин, так як масообмін відсутній. На температури охолодженої газової суміші та відпрацьованої води впливають їх витрати, вхідні температури та тепловіддача в оточуюче середовище.

Складемо тепловий баланс для конденсатора виходячи із структурно-параметричної схеми об'єкта:

$$G_c \cdot c_c \cdot T_{c\text{ вх}} + G_v \cdot c_v \cdot T_{v\text{ вх}} = G_c \cdot c_{c\text{ вих}} \cdot T_{c\text{ вих}} + G_k \cdot r_k + G_v \cdot c_v \cdot T_{v\text{ вих}}. \quad (3.1)$$

Всі складові перелічені вище.

Виведемо рівняння статики для каналу «витрата води – температура охолодженої газової суміші».

$$T_{c \text{ вих}} = \frac{G_c \cdot c_c \cdot T_{c \text{ вх}} + G_b \cdot c_b \cdot T_{b \text{ вх}} - G_k \cdot r_k - G_b \cdot c_b \cdot T_{b \text{ вх}}}{G_c \cdot c_{c \text{ вих}}}, \quad (3.2)$$

Згідно даних виробництва:

$$G_c = 0,93 \text{ кг/с};$$

$$c_c = 2,97 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)};$$

$$T_{c \text{ вх}} = 353 \text{ K};$$

$$c_b = 4,183 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)};$$

$$T_{b \text{ вх}} = 283 \text{ K};$$

$$G_k = 0,19 \text{ кг/с};$$

$$T_{b \text{ вих}} = 303 \text{ K};$$

$$c_{c \text{ вих}} = 2,34 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)};$$

$$r_k = 1100 \text{ кДж/кг}.$$

Таким чином виведемо залежність вихідної температури підігрітої сировини, від витрати гарячої води на вході до теплообмінника [7].

$$\begin{aligned} T_{c \text{ вих}} &= \frac{0,93 \cdot 2,97 \cdot 353 + G_b \cdot 4,183 \cdot 283 - 0,19 \cdot 1100 - G_b \cdot 4,183 \cdot 303}{0,93 \cdot 2,34} = \\ &= 352 - 76,89 G_b. \end{aligned}$$

Модель статичного режиму об'єкта.

Побудуємо відповідну статичну характеристику (рис.3.2):

$$T_{c \text{ вих}} = f(G_b) \quad (3.3)$$

Слід зазначити, що значення температури на виході приводиться в

кельвінах та зменшення витрати води, при зафіксованій витраті газової суміші, збільшує температуру на виході, так як апарату не достатньо води на охолодження [17].



Рисунок 3.2 – Статична характеристика конденсатора за каналом
«витрата води – температура охолодженої суміші»

Модель динамічного режиму об'єкта.

Рівняння динаміки для конденсатора має вигляд:

$$G_c \cdot c_c \cdot T_{c \text{ вх}} + G_b \cdot c_b \cdot T_{b \text{ вх}} - G_c \cdot c_{c \text{ вих}} \cdot T_{c \text{ вих}} - G_k \cdot r_k - G_b =$$

$$c_b \cdot T_{c \text{ вих}} = c_{c \text{ вих}} \cdot V \cdot \rho T_{c \text{ вих}}/dt, \quad (3.4)$$

де V – об'єм газової суміші, що проходить через конденсатор за визначений проміжок часу;

ρ – густина газової суміші.

$$V = 0,63 \text{ м}^3;$$

$$\rho = 0,54 \text{ кг/м}^3.$$

Лінеаризація рівняння динаміки [4]:

$$B_{\text{хід}} - G_B \quad (3.5)$$

$$B_{\text{вихід}} - T_{\text{н вих}} \quad (3.6)$$

Запишемо рівняння динаміки (3.3) в приростах:

$$G_c \cdot c_c \cdot T_{c \text{ вх}} + \Delta G_B \cdot c_B \cdot T_{B \text{ вх}} - G_c \cdot c_{c \text{ вих}} \cdot \Delta T_{c \text{ вих}} - G_k \cdot r_k - \\ - \Delta G_B \cdot c_B \cdot T_{c \text{ вих}} = c_{c \text{ вих}} \cdot V \cdot \rho \Delta T_{c \text{ вих}} / dt, \quad (3.7)$$

Перетворимо за Лапласом лінеаризоване рівняння (3.4):

$$G_c \cdot c_c \cdot T_{c \text{ вх}} + G_B(p) \cdot c_B \cdot T_{B \text{ вх}} - G_c \cdot c_{c \text{ вих}} \cdot T_{c \text{ вих}}(p) - G_k \cdot r_k - \\ - G_B(p) \cdot c_B \cdot T_{c \text{ вих}} = c_{c \text{ вих}} \cdot V \cdot \rho \cdot \Theta_{c \text{ вих}}(p) / dt, \quad (3.8)$$

Передавальна функція за каналом «завдання – вихід» (витрата води – температура газової суміші) має вигляд :

$$W_{G_B - \Theta_{c \text{ вих}}} (p) = \frac{(c_B \cdot T_{B \text{ вх}} - c_B \cdot T_{B \text{ вих}})p}{G_c \cdot c_{c \text{ вих}} \cdot p + c_{c \text{ вих}} \cdot V \cdot \rho}, \quad (3.9)$$

або

$$W_{G_B - \Theta_{c \text{ вих}}} (p) = \frac{-38,38p}{p + 0,37}$$

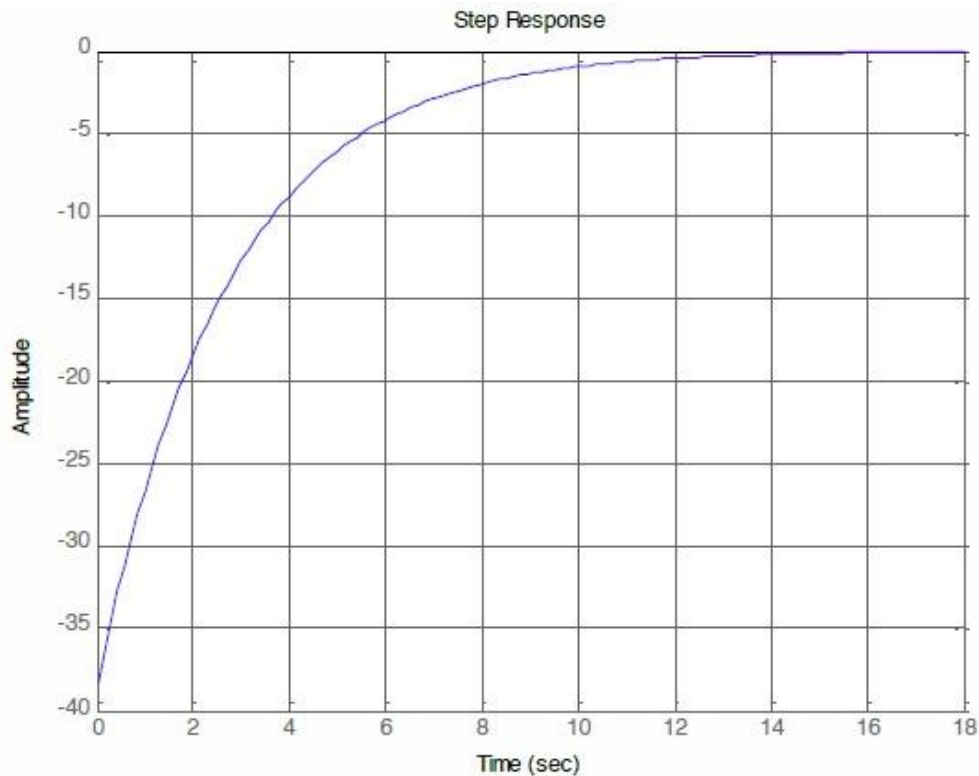


Рисунок 3.3 – Динамічна характеристика холодильника-конденсатора за каналом «витрата води – температура охолодженої газової суміші»

Спростувати (апроксимувати) отриману передатну функцію аперіодичною ланкою другого порядку немає сенсу, так як отримана ланка, як і прогнозувалось, являє собою аперіодичну першого порядку [18].

Висновки. У цьому розділі було розглянуто математичну модель технологічного об'єкта управління холодильника-конденсатора. Проведено дослідження його статичних та динамічних режимів роботи, і виведено передавальні функції для каналу управління та збурення. На основі цих передавальних функцій побудовано перехідні характеристики. У подальшому, ці отримані передатні функції будуть використані для синтезу системи управління холодильником-конденсатором.

4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня САР

Засоби вимірювання температури.

Для вимірювання температури застосовуються первинні перетворювачі - термометри опору платинові – ДДА-100 [35], принцип дії яких заснований на зміні електричного опору платинового дроту при зміні температури.

Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в головку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму.

Вимірювання температури термометром опору засновано на зміні електричного опору провідників або напівпровідників зі зміною температури. Знаючи цю залежність, можна визначити температуру середовища, в яку поміщений термометр опору. При збільшенні температури опір ряду чистих металів зростає, а напівпровідників знижується.

Залежність опору металів від температури в невеликому інтервалі температур можна наближено виразити рівнянням:

$$R_t = R_{t'} [1 + \alpha(t - t')], \quad (4.1)$$

де R_t – опір металевого провідника при температурі t °C;

$R_{t'}$ – опір того ж самого провідника при температурі t' °C;

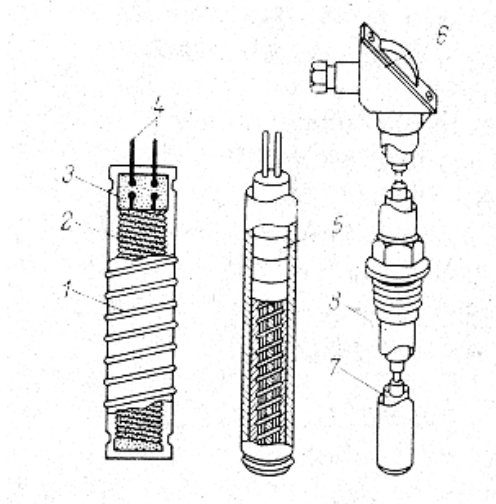
$(t - t')$ – інтервал зміни температури;

α – коефіцієнт температурного опору.

Чутливі елементи термометрів опору є тонкою мідною або платиновою дрот, намотаний біфілярно на спеціальний слюдяною, фарфоровий або пластмасовий каркас. Для запобігання від зовнішніх впливів чутливі елементи

укладають в металеву трубку з литою головою, в якій змонтовані висновки решт обмотки для їх підключення до сполучних проводів.

Конструкція термометром опору приведена на рисунку 4.1.



1 – срібна стрічка; 2 – платинова дрiт; 3 – слюдяна пластинка; 4 – підводять срібні дроти; 5 – порцелянові намиста; 6 – пластмасова головка; 7 – тонкостінна захисна трубка; 8 – захисний чохол

Рисунок 4.1 – Термометр опору платиновий [12]

Зовнішній вигляд датчика температури ДДА-100 наведено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Датчик температури ДДА-100 [35]

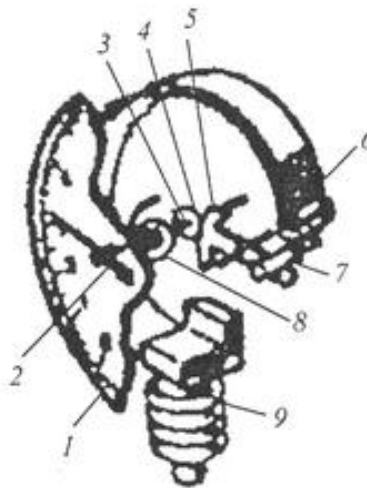
Вибір даних датчиків для вимірювання температури в даному процесі пояснюється наступним:

- клас точності приладу 0,5 – це дозволяє точно контролювати і регулювати температуру;
- широкий діапазон виміру температури – від 0 до 100 °С, від 0 до 180 °С;
- уніфікований струмовий вихідний сигнал 4 – 20 мА, що дозволяє відправляти сигнал на мікроконтролер без попереднього перетворення.

Засоби вимірювання тиску.

Тиск в лінії подачі браги контролюється за допомогою манометрів МТ 100. Пружинний манометр призначений для візуального контролю тиску в трубопроводі за місцем установки. Основною його перевагою є, простота конструкції дешевизна, надійність в експлуатації.

На рисунку 4.3 наведена схема пристрою пружинного манометра.



1 – шкала; 2 – стрілка; 3 – вісь; 4 – зубчасте колесо; 5 – сектор; 6 – трубка;
7 – тяга; 8 – пружинний волосок; 9 – штуцер

Рисунок 4.3 – Схема пристрою пружинного манометра [12]

Принцип дії пружинного манометра полягає в наступному: один кінець трубки 6 упаяний в штуцер 9, через який подається тиск всередину трубки. Інший кінець запаяний і забезпечений вушком для приєднання до передавального механізму 7. Під дією внутрішнього тиску попередньо вигнута трубчаста пружина розкручується завдяки зміні її перетину, яке прагне

прийняти форму кола. При цьому мала вісь перетину збільшується, а велика зменшується, в результаті чого пружина манометра зменшує свою кривизну, розвиваючись в певному напрямку.

Зміна кута закручування пружини 6 викликає переміщення її вільного кінця. Глухий кінець за допомогою передавального механізму 7 пов'язаний зі стрілкою приладу, що показує величину надлишкового тиску.

Технічні параметри манометра:

- діаметр корпусу D (мм): 40, 50 и 63;
- клас точності: 2,5;
- діапазон вимірювання (МПа) от 0 до 0,25...25;

Виконання:

- корпус – сталь, пофарбована у відповідний колір;
- скло – органічне;
- циферблат – алюмінієвий сплав, пофарбований у білий колір, чи полістирол;
- трубчаста пружина – мідний сплав;
- штуцер – мідний сплав;
- механізм привода стрілки – мідний чи алюмінієвий сплав, синтетичні маси.

Зовнішній вид манометра наведено на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Зовнішній вид манометра ДМ-100 [22]

Для управління цим процесом використаний контролер SIMATIC S7-300. Зовнішній вигляд контролера показаний на рисунку 4.5.

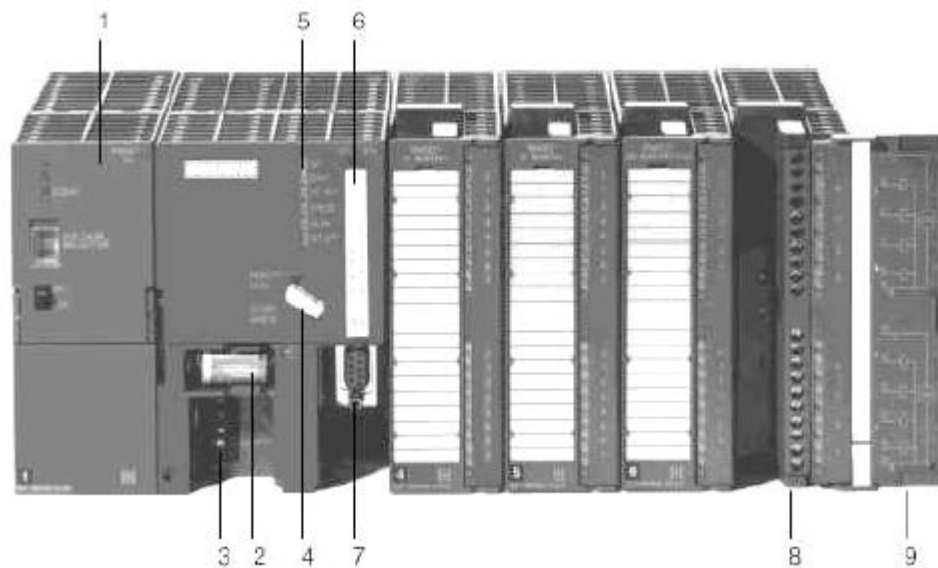


Рисунок 4.5 – Зовнішній вид контролера SIMATIC S7-300 [36]

SIMATIC S7-300 – це модульний програмований контролер, який працює з природним охолодженням.

Модульна конструкція, можливість побудови розподілених структур управління, наявність дружнього користувачеві інтерфейсу дозволяє використовувати контролер для економічного вирішення широкого кола завдань автоматичного управління в різних областях промислового виробництва. Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гами модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

Контролер SIMATIC S7-300 має модульну конструкцію і може включати до свого складу:

- модулі центральних процесорів (CPU). Залежно від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролері можуть бути використані різні типи централь-

них процесорів, що відрізняються продуктивністю, об'ємом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, наявністю або відсутністю комунікаційних інтерфейсів;

- сигнальні модулі (SM), призначені для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів з різними електричними і часовими параметрами;

- комунікаційні процесори (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS інтерфейсу або організації зв'язку по PPI (point to point) інтерфейсу;

- функціональні модулі (FM), здатні самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціонування, обробки сигналів. Функціональні модулі забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у разі відмови центрального процесора ПЛК.

При необхідності в складі контролера можуть бути використані:

- модулі блоків живлення (PS), що забезпечують можливість харчування контролера від мережі змінного струму напругою 120 або 230 В;

- інтерфейсні модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до центрального контролера стійок розширення введення-виведення. Контролери SIMATIC S7-300 дозволяють використовувати в своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажним стійок.

Всі модулі працюють з природним охолодженням.

Діапазон робочих температур стандартне виконання від 0 до 60 ° С, з розширеним температурним діапазоном (від -25 до 60 ° С) і підвищеною стійкістю до дії вологості, конденсату і морозу.

В даному контролері можуть використовуватися наступні модулі центрального процесора CPU312IFM, CPU313, CPU314IFM, CPU314, CPU315, CPU315-2DP, CPU316-2DP, CPU318-2DP.

В управлінні процесом використаний модуль процесора CPU315-2DP

Технічні параметри CPU315-2DP:

- обсяг пам'яті програм 48Кбайт, 16 Кбайт інструкцій, вбудована RAM 80Кбайт, карта пам'яті Flash-EEPROM до 4 Мбайт;
- захист даних при аварійному відключенні харчування: без буферної батареї 4Кбайт (прапори, таймери, лічильники, дані); з буферної батареєю додатково все блоки даних дата і час;
- вбудований годинник реального часу.

Програмування здійснюється за допомогою пакета програмування STEP 7.

Набір інструкцій дозволяє працювати з логічними операціями, операціями з дужками, збереження, рахунок, завантаження, передача, порівняння, зрушення, а також, операції над числами з фіксованою і плаваючою комою, функції переходів.

Системні функції (SFC):

- обробка переривань, помилок і відмов;
- копіювання даних; тимчасові функції (годинник);
- діагностичні функції;
- визначення параметрів модулів;
- перевизначення режимів роботи.

Час виконання операцій: логічних операцій 0,3...0,6 мкс, операцій зі словами 1,0 мкс, операцій з таймерами і лічильниками 12 мкс, складання цілих чисел 2,0 мкс, складання дійсних чисел 50,0 мкс.

Проектне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид входних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану конфігурацію вводів-виводів та мережну структуру.

Кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера дорівнює 14. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА.

На такий вхідний сигнал орієнтований 8-канальний аналоговий модуль вводу SM331.

Компоновка контролера проводиться виходячи з кількості і типу сигналів на вході і виході. В даній роботі маємо 14 приладів з аналоговим вихідним сигналом. На вихід з контролеру подаються сигнали на пускачі типу ПБР.

Кількість модулів розраховується за формулою:

Кількість модулів = кількість сигналів з об'єкту/розрядність плати

$14 \text{ вхідних сигналів} / 8 \text{ каналів вводу} = 1,75 = 2 \text{ шт.}$

Серед існуючих аналогових модулів Simatic S7-300 підходить модуль SM332 (серія 6ES7332-5HD01-0AB0). Споживчий струм: 100 мА (на 2 модулі – 200 мА), 5 В постійного струму.

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керуючий вплив на води, пари, бражки і спирту. Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати води і пари, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – «більше» і «менше». Як показано у табл. 4, зміну витрат технологічних параметрів здійснюють три виконавчі механізми, а це означає, що для керування їх роботою потрібно шість вихідних каналів дискретного модуля виводу.

$10 \text{ вхідних сигналів} / 16 \text{ каналів виводу} = 0,63 = 1 \text{ шт.}$

Серед існуючих дискретних модулів Simatic S7-300 для керування роботою виконавчих механізмів найбільш підходить модуль SM322 (серія 6ES7322-1BF01-0AA0), 24 В/0,5А постійного струму.

Для опитування 14 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів вихідних каналів, реалізації одної гілки розподіленого вводу-виводу та здійснення

інших процедур у системі управління, можна використати центральний процесор CPU315-2DP (серія 6ES7315-2АН14-0АВ0). Він має можливість підключення до 32 модулів S7-300 (4-рядна конфігурація), вбудований блок живлення $U=24$ В, 256 кбайт робочої пам'яті, 2 інтерфейси DP-MASTER/SLAVE. Споживчий струм шини з 850 мА.

Оскільки, відповідно до завдання, необхідно сконфігурувати розподілений ввід-вивід, для віддаленої панелі потрібен адаптер вузлу, 6GK1571-0BA00-0AA0 – PC USB-адаптер A2 (USB V2.0) для підключення PG / PC чи ноутбука SIMATIC S7 к PROFIBUS чи MPI В комплекті (USB-кабель 5М).

Для функціонування контролера потрібен модуль живлення, який необхідно розрахувати, користуючись підсумковим струмом, що споживаються усі модулі контролера. Аналогові модулі споживають струм 200 мА, дискретний модуль виводу – 0,5 А, центральний процесор – 850 мА. Тобто сумарний струм, що споживають модулі центрального шасі дорівнює 1550 мА. Щоб забезпечити такий струм споживання необхідно використати модуль живлення

В якості джерела живлення для контролеру використовується універсальний модуль живлення PS307 (серія 6ES7307-1EA01-0AA0): має вхідну напругу $\sim 120/230$ В, а вихідний струм шини дорівнює 5 А.

Для конфігурування розподіленого вводу-виводу потрібно два шасі. На центральному необхідно встановити модуль живлення, центральний процесор, аналоговий модуль вводу, а на виносному – адаптер вузлу підключення PG / PC і аналоговий модуль вводу. Обираємо профільну шину довжиною 480 мм S7-300, серії 6ES7390-1AE80-0AA0.

Структурна схема розподіленої системи автоматичного управління приведена на рисунку 4.6.

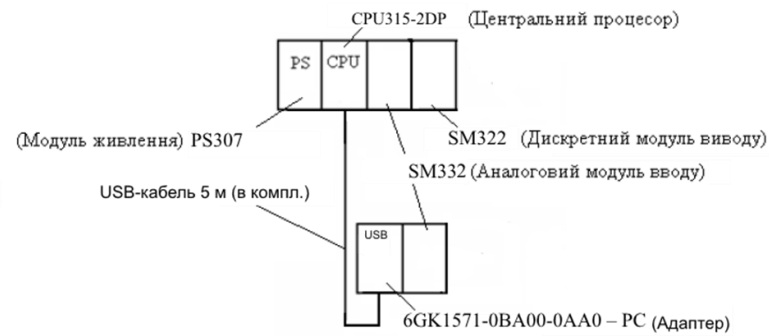


Рисунок 4.6 – Структурна схема розподіленої системи автоматичного управління [28]

Виконавчі механізми та регулюючі органи.

Прохідний клапан SAMSON – 3241 призначений для регулювання технологічних і промислових установок. Забезпечує хороший діапазон вимірювань, відтворюваність і швидкість реагування. Клапан поставляється з пневмоприводом типу 3277. При нульовому сигналі на вході він герметично закривається завдяки еластомерного ущільнення сидла.

Зовнішній вид клапана наведений на рисунку 4.7.



Рисунок 4.7 – Регулюючий клапан Samson-3241 [18]

4.2 Функціональна схема САР

Головна задача проекту – це створення системи автоматичного керування теплообмінника, функціональної схеми автоматизації процесу синтезу метилового спирту та розробка фізичної моделі теплообмінника.

Система автоматичного керування та функціональна схема автоматизації повинні забезпечити:

- підтримку необхідних для синтезу умов;
- оптимальне налаштування керування апаратом;
- зменшення недоцільних витрат ресурсів виробництва;
- збільшення ефективності виробництва в цілому 10.Зменшення впливу людського фактору в виробництві.
- одержання продукції, що буде задовольняти необхідні стандарти якості.

До САР виробництва метанолу за зниженого тиску входять контури вимірювання, контролю, регулювання та сигналізації.

Контур 1 – контроль і регулювання температури в холодильнику-конденсаторі 1. Включає: термоперетворювачі встановимо за місцем (поз. 1-2), на щиті встановимо 4-канальний показуючий і сигналізуючий і мікропроцесорний пристрій (поз. 1-3), який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. SA1) на кнопочний пульт «Пуск-Стоп» (поз. SB1) і світлосигнальну арматуру HL1 «червоний» і кнопочний пульт «Пуск-Стоп» (поз. SB2) і світлосигнальну арматуру HL2 «зелений».

Такий самий принцип регулювання на контур 2 і контру 3.

Контур 4 – вимірювання витрати води методом змінного перепаду тиску здійснимо на основі датчика тиску (поз. 4-2), і регулятора на основі

мікропроцесорного пристрою (поз. 4-3) який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. 4-4), який передає сигнал ручного керування на діафрагму (поз. 4-5).

Контур 5 – вимірювання, індикація та регулювання витрати синтез-газу на вході колону 6. Включає: діафрагма камерна (поз. 5-2); мікропроцесорний регулятор (поз. 5-3); блок ручного управління (SA1); електропневматичний перетворювач (МП1); регулюючий пневматичний клапан.

Контур 6 – вимірювання витрати газу в колоні 6 методом змінного перепаду тиску здійснимо на основі дифманометра (поз. 6-2), і регулятора на основі мікропроцесорного пристрою (поз. 6-3) який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. 6-4), який передає сигнал ручного керування на діафрагму (поз. 6-5).

Контур 7 – контроль і регулювання температури в колоні 6. Включає: термоперетворювачі встановимо за місцем (поз. 7-2), на щиті встановимо 4-канальний показуючий і сигналізуючий і мікропроцесорний пристрій (поз. 7-3), який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на блок ручного управління (SA1); електропневматичний перетворювач (МП1); регулюючий пневматичний клапан.

Контур 8, 9, 10, 11 – контроль і регулювання температури в холодильниках газу 2. Включає: термоперетворювачі встановимо за місцем (поз. 8-2, 9-2, 10-2, 11-2), на щиті встановимо 4-канальний показуючий і

сигналізує і мікропроцесорний пристрій (поз. 8-3, 9-3, 10-3, 11-3), який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. SA2) на кнопочний пульт «Пуск-Стоп» (поз. SB3) і світлосигнальну арматуру HL1 «червоний» і кнопочний пульт «Пуск-Стоп» (поз. SB5) і світлосигнальну арматуру HL2 «зелений».

Контур 12 – вимірювання витрати в скрубєрі методом змінного перепаду тиску здійснимо на основі дифманометра (поз. 12-2), і регулятора на основі мікропроцесорного пристрою (поз. 12-3) який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. 12-4), який передає сигнал ручного керування на діафрагму (поз. 12-5).

Контур 13 – вимірювання тиску метанолу в збірнику спирту-сирцю методом змінного перепаду тиску здійснимо на основі дифманометра (поз. 13-2), і регулятора на основі мікропроцесорного пристрою (поз. 13-3) який отримує уніфікований сигнал 4...20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в холодильнику-конденсаторі подає через МПК на ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» (поз. 13-4), який передає сигнал ручного керування на діафрагму (поз. 13-5).

4.3 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема, представлена на кресленні графічного матеріалу, визначає повний склад приладів, апаратури та пристроїв (а також зв'язки між ними), дія яких забезпечує вирішення задач управління і

регулювання. Принципова електрична схема системи автоматизованого управління складена на основі функціональної схеми автоматизації і технічних описів приладів і апаратури.

Принципова електрична схема виконана у відповідності з вимогами державних стандартів за правилами виконання схем, умовним графічним позначенням, маркування ланцюгів і буквено-цифровим позначенням елементів схем. Перелік встановленого обладнання зазначений в специфікації [16].

Так як до складу схеми входять пристрої, які мають самостійні принципові електричні схеми, то вони зображені умовно у вигляді прямокутників із зазначенням їх комутаційних елементів – клемних колодок і роз'ємів. Цим елементам присвоєні позначення згідно з технічними посібниками. Для зручності читання принципової електричної схеми, ланцюги позначені відповідно до їх функціональної належності, їм присвоєно маркування, відповідно рекомендаціям: ланцюгів контролю і управління – 101-138; ланцюгів живлення – 801-816.

Дана принципова схема спроектована так, щоб її експлуатація у виробничих умовах була гранично простою, вимагала мінімум витрат і уваги експлуатаційного персоналу, забезпечувала можливість проведення ремонтних та налагоджувальних робіт з дотриманням необхідних заходів безпеки.

4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

Щити систем автоматизації призначені для розміщення на них засобів контролю та управління технологічним процесом, контрольно-вимірювальних приладів, сигнальних пристроїв, апаратури управління, автоматичного регулювання, захисту, блокування, лінії зв'язку між ними [17].

У випускна кваліфікаційна робота бакалавра обрані щити панельні з каркасом ЩПК-1-1100-УЛХ4-ІР30, розмірами 2200x800x900. Щит системи

автоматизованого управління тепловим режимом печі розташований на пічній ділянці калібрувального цеху.

Для комфортних умов експлуатації та безпечного обслуговування компоновка приладів на щитах виконана у відповідності з ГОСТ 36.13-76, ГОСТ 36.ЕД1.13-79. Показуючі прилади розміщуються на висоті 1000 – 2000 мм, апаратура перемикання та дистанційного керування на висоті 700 – 1500 мм, групові збирання затискачів розташовані в нижній частині щита на висоті 400 мм від підлоги.

4.5 Монтаж, налаштування та експлуатація

Монтажно-комутаційна схема виконана адресним методом побудови. Відповідно до рекомендацій в полі креслення спрощеним способом нанесена апаратура з клемними збірками та маркуванням, а також провідники у вигляді відрізків проводів із зазначенням їх маркування згідно з раніше розробленою принциповою схемою автоматизації, а також номер того приладу, куди направляється даний з'єднувальний провід. Кінці проводів, призначені для з'єднання з апаратами, розміщеними поза щита, виводяться на збірку затискачів, розташовану внизу щита. Над кожним приладом, встановленим на панелі щита, представляється порядковий номер і позиційне позначення цього елемента схеми.

Монтажно-комутаційна схема системи автоматизованого управління нагрівним колодязем представлена на кресленні графічного матеріалу.

Схема зовнішніх з'єднань – це комбінована схема, на якій показані електричні зв'язки між приладами з технічними засобами автоматизації. Схема зовнішніх з'єднань системи автоматизованого управління нагрівного колодязя виконана без дотримання масштабу відповідно до ГОСТ 2.301-68 і представлена на кресленні графічного матеріалу [18].

Схема зовнішніх з'єднань містить: щит управління, засоби автоматизації,

електричні і трубні проводки, приєднання електричних і трубних проводок до щита приладів, технічні вказівки, таблицю умовних графічних позначень.

Маркування жил кабелів та проводів на схемі поставлена відповідно до принципової електричної схеми.

Марки проводів і кабелів обрані у відповідності до вказівок керівного матеріалу РМ4-6-84 з урахуванням умов, в яких знаходиться електрична проводка і способу її прокладки. Перерізу проводів вибрано таким чином, щоб їх нагрівання не викликало пошкодження ізоляції. Компенсаційні дроти в приміщенні цеху прокладаються в захисних трубах. Вибір труб проведений відповідно РМ4-6-79.

Електричні проводки до приладів і засобів автоматизації прокладені по найкоротшій відстані між приладами, що сполучаються, з мінімальним числом поворотів паралельно стінам та перекриттям і щоб уникнути електричних перешкод по можливості далі від технологічного обладнання, електрообладнання, силових та освітлювальних ліній.

На рисунку 4.8 приведені з'єднувальні роз'єми блоку автоматики.

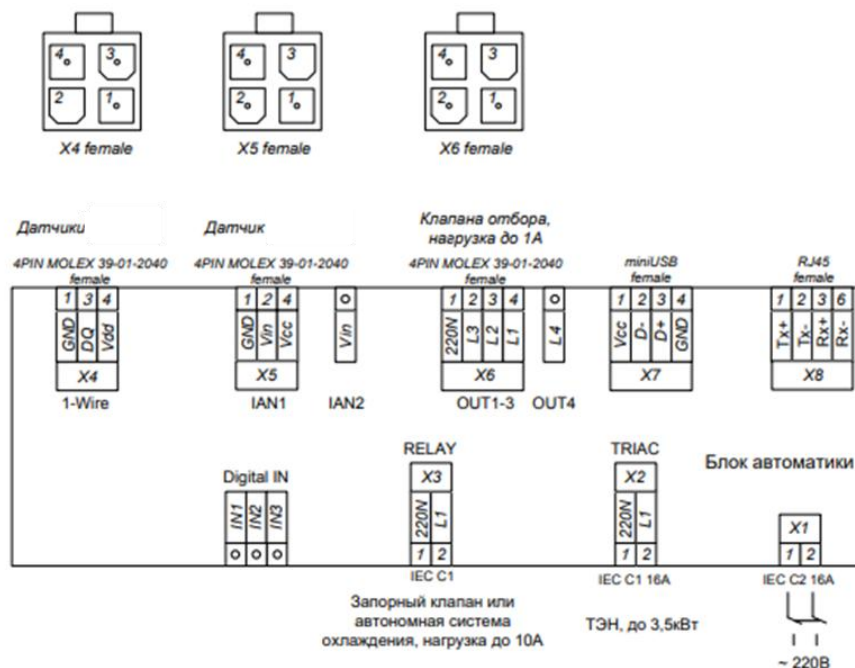


Рисунок 4.8 – З'єднувальні роз'єми блоку автоматики

Роз'єми IEC C1 16A і IEC C2 16A призначені для підключення навантаження 220В з струмом до 16 ампер, для використання навантаження, потужність якої перевищує 3,5 кВт необхідно замінити роз'єми. IEC C1 16A і IEC C2 16A на аналогічні з відповідною потужністю.

Перетин кабелів силової проводки роз'ємів: IEC C1 16A і IEC C2 16A блоку автоматики розраховане на потужність до 5 кВт. На правій бічній панелі блоку автоматики АСУТП знаходяться такі сполучні роз'єми:

X1 – роз'єм «IEC C2 16A» призначений для підключення блоку автоматики АСУТП до мережі живлення.

X2 – роз'єм «IEC C1 16A» призначений для підключення нагрівального елемента.

X3 – роз'єм «IEC C1» призначений для підключення запірного клапана лінії водяного охолодження (V0), харчування насоса системи автономного охолодження або насоса зрошення дробини.

X6 - роз'єм «MOLEX 39-01-2040 female» призначений для підключення клапанів відбору рідини (V1, V2, V3). На лівій бічній панелі блоку автоматики АСУТП знаходяться такі сполучні роз'єми:

X4 – роз'єм «MOLEX 39-01-2040 female» призначений для підключення датчиків температури DS18B20 (T1-T6) по шині 1-Wire.

X5 – роз'єм «MOLEX 39-01-2040 female» призначений для підключення перетворювача тиску Cerebar M MPC41. (P1).

X7 – роз'єм «miniUSB Type B female» призначений для процедур технічного обслуговування (оновлення прошивки «GFX2» BASIC).

X8 – роз'єм «RJ45 female» призначений для підключення блоку автоматики до мережі TCP / IP за допомогою мережевого кабелю Ethernet.

На рис. 2 приведена схема з'єднань при експлуатації в робочих режимах.

При управлінні технологічними процесами «Дистиляція», «Ректифікація» і «Пивоваріння» ПО АСУТП «входи IN3 і IAN2, а також вихід OUT4 не використовує.

Входи IN3 і IAN2, а також вихід OUT4 і на зовнішні роз'єми не розведені. При управлінні технологічними процесами ПО АСУТП входи IN1 і IN2 задіє для забезпечення безпеки ТП і контролю події наповнення приймальні тари. Примітка. Входи IN1 і IN2 на зовнішні роз'єми не розведені. За запитом АСУТП ректифікації додатково може бути 18 укомплектована датчиками розливу рідини (потопу) і наповнення приймальні тари, які підключаються до входів IN1 і IN2 відповідно [19].

Схема з'єднань при експлуатації в робочих режимах приведена на рисунку 4.8.

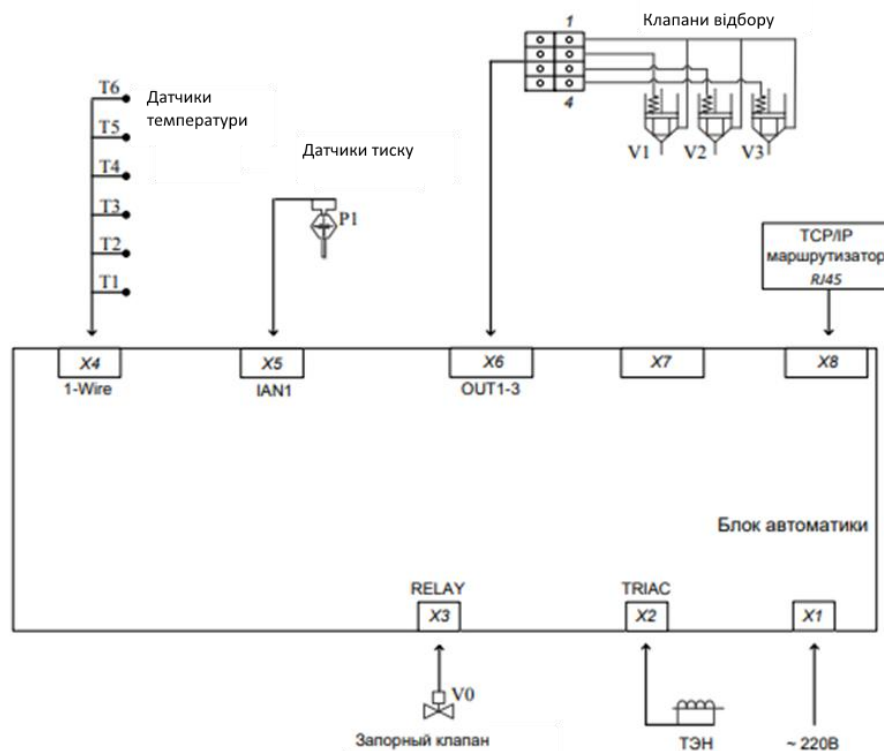


Рисунок 4.8 – Схема з'єднань при експлуатації в робочих режимах

Налаштування АСУТП.

Спроектована АСУТП має вбудовані системи самоконтролю стану апаратного забезпечення і підключених датчиків температури (builtin test, BIT) і забезпечує звукову та візуальну сигналізацію про несправності апаратних компонентів.

Температурний датчик Т8 є складовою частиною блоку автоматики і використовується для контролю температури сімісторного радіатора. Вихід параметра BIT.AUT за допустимі межі призводить до автоматичної зупинки технологічного процесу шляхом припинення подачі напруги на нагрівальний елемент (роз'єм X2). Виявлення подій BIT.AUTSC і BIT.TPTSC призводить до автоматичної зупинці відповідного технологічного процесу шляхом припинення подачі напруги на нагрівальний елемент (роз'єм X2) також подія BIT.TPTSC призводить до звукової і візуальної сигналізації, при цьому звукова сигналізація буде активна до тих пір, поки оператор її не відключить, візуальна сигналізація буде продовжена доти, поки проблема залишається усунена, або оператор не зупинить проведення технологічного процесу.

При проведенні технологічних процесів ПО АСУТП дозволяє виявляти такі аварійні ситуації:

- перегрів нагрівального елемента (EMERG.OH), що може свідчити про спустошення кубового обсягу;
- перевищення критичної позначки тиску в кубі (EMERG.OP);
- вихід значень технологічних параметрів температури за зазначені межі (EMERG.TEMP);
- розлив рідини / протікання системи охолодження (EMERG.FLOOD);
- виявлення вищевказаних аварійних ситуацій призводить до звукової і візуальної попереджувальної сигналізації, а також автоматичної зупинки технологічного процесу шляхом припинення подачі напруги на нагрівальний елемент (роз'єм X2) [20].

Експлуатація АСУ ТП включає в себе регулярне доведення до споживачів інформації, що виробляється в системі, а також забезпечення функціонування АСУ ТП і подальшого розвитку цієї системи.

При функціонуванні АСУ ТП об'єм інформації, що виробляється, а отже, і коло її споживачів істотно розширюються. Споживачами оперативної інформації є технологи-оператори, що здійснюють з місцевих і центральних

щитів управління, окремими ділянками об'єкта й оптимізацію технологічного процесу в цілому.

Споживачами неоперативної інформації є керівництво технологічного цеху, куди входить об'єкт управління, і керівництво підприємства, а також АСУ (або інші органи управління) вищого рівня ієрархії. Керівництво технологічного цеху зазвичай отримує: інформацію про аналіз діяльності персоналу, що дозволяє порівнювати результати роботи різних вахт і покращувати організацію соціалістичних змагань; результати реєстрації перед аварійних і аварійних ситуацій, що дозволяє проводити аналіз дій персоналу і комплексу технічних засобів у таких режимах і здійснювати необхідні організаційно-технічні заходи, підвищувати надійність технологічного обладнання; дані про стан цього обладнання, що дозволяє обґрунтувати терміни і об'єми проведення ремонтних робіт.

Керівництво підприємства отримує інформацію про техніко-економічні показники роботи об'єкта. Впровадження АСУ ТП дає можливість отримувати ці показники більш точніше й швидше, практично «в темпі з процесом», в той час як без такої системи техніко - економічні показники на ряді виробництв визначалися не частіше 1 разу на місяць. Це поліпшує якість управління, дає можливість раціонально виробляти завдання, що надходять до АСУ ТП, наприклад розподіляти навантаження між технологічними агрегатами. Аналогічно використовується інформація, яка надходить в АСУ більш високих рівнів ієрархії.

Для забезпечення функціонування АСУ ТП на стадії промислової експлуатації (а також для участі в розробці системи на стадіях, що передують впровадженню, і для впровадження системи) необхідно створення на підприємстві, що експлуатує АСУ ТП, спеціалізованого підрозділу. Цей підрозділ може бути реалізовано у вигляді спеціальної служби (цеху, лабораторії) і зазвичай формується поетапно залежно від числа і складності систем, що вводяться. Розглянемо основні завдання і орієнтовну структуру підрозділи АСУ ТП.

На стадіях, що передують стадії «Впровадження», підрозділ АСУ ТП бере участь у розробці планів і програм створення систем на підприємстві, підготуванні техніко – економічних обґрунтувань, розробці технічних вимог до створюваних систем і узгодженні цих вимог з виконавцем (розробником), розробці планів-графіків робіт зі створення кожної з систем та контроль за їх реалізацією. Як представник підприємства-замовника цей підрозділ розглядає і готує на узгодження подану розробником технічну документацію на систему (у тому числі проекти організаційної структури системи, постановок завдань, замовлених специфікацій, інструкцій з експлуатації). Співробітники підрозділу беруть участь в обстеженні об'єкта управління, проведеному виконавцем. Вони забезпечують контроль за реалізацією вимог по модернізації технологічного об'єкта управління, по сумісності розроблюваної системи із суміжними і т. д.

Оновлення прошивки BASIC проводиться шляхом запису (копіювання) бінарного файлу прошивки в пам'ять блоку автоматики.

Перед оновленням прошивки BASIC, блок автоматики необхідно перевести в режим технічного обслуговування.

Для перекладу блоку автоматики в режим технічного обслуговування необхідно:

- переконатися, що на блок автоматики не подається еклєктичне харчування;
- з'єднати включений комп'ютер і блок автоматики USB кабелем;
- блок автоматики повинен визначитися комп'ютером як знімний диск.

На рисунку 4.9 приведена схема підключення комп'ютера до блоку автоматики для проведення процедур технічного обслуговування.

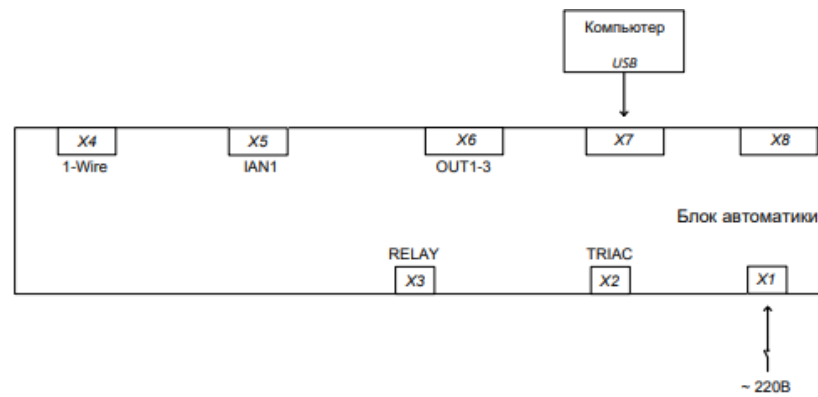


Рисунок 4.9 – Підключення комп'ютера до блоку автоматики для проведення процедур технічного обслуговування [22]

Висновки. В даному розділі проведений підбір технологічного обладнання, розроблена функціональна та принципіальна схема САР температури холодильника-кондесатора, та розроблена інша технологічна документація.

5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Розрахунок метрологічних характеристик каналів САР

В замкнених САР точність регулювання визначається тільки похибкою задатчика, так як стабілізація параметра на заданому значенні впродовж тривалого часу еквівалентна багатократному вимірюванню. Точність вимірювання впливає тільки на точність перехідних процесів. Тому до вимірювальних каналів регулятора не пред'являються дуже високі вимоги по точності. Похибка інформаційних вимірювальних каналів навпаки повинна бути зведена до мінімуму.

На вимірювальний канал з виходом на вимірювальний блок регулятора встановимо наступні похибки вимірювання: $\Delta_{\max} = 100$ кПа [26].

Розглянемо вимірювальний канал тиску в холодильнику-конденсаторі, структурна схема якого зображена на рисунку 5.1.

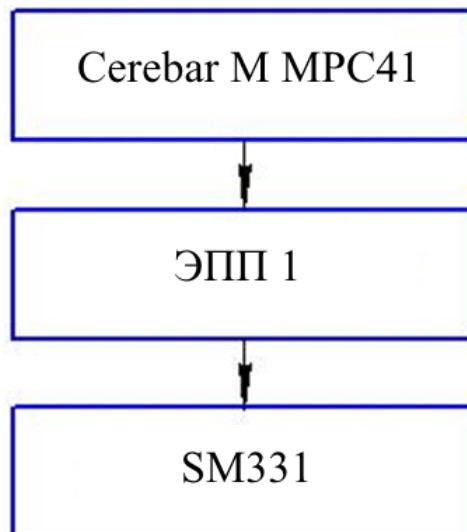


Рисунок 5.1 – Структурна схема вимірювального каналу

Для кожного з елементів вимірювального каналу знаходимо їхні класи точності і заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Класи точності елементів вимірювального каналу

Елемент вимірювального каналу	Клас точності	Діапазон вимірювання
1) Cerebar M MPC41	1,0	20..100 кПа
2) ЭПП 1	0,25	20..100 кПа
3) Модуль аналогового вводу SM331	0,1	20..100 кПа

Розраховуємо абсолютну похибку кожного з елементів, які входять до вимірювальний каналів, за формулою:

$$\Delta = \varepsilon_{кл} \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{100\%}, \quad (5.1)$$

де $\varepsilon_{кл}$ – клас точності елементу;

$X_{\max}$ – максимальна вимірювана величина;

$X_{\min}$ – мінімальна вимірювана величина.

Розраховані за формулою (6.1) значення наведені нижче.

Розрахуємо абсолютні похибки елементів ВК:

$$\Delta_1 = 1,0 \cdot (100 - (-20)) / 100 = 1,2 \text{ кПа};$$

$$\Delta_2 = 0,1 \cdot (100 - (-20)) / 100 = 0,12 \text{ кПа};$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot (100 - (-20)) / 100 = 0,3 \text{ кПа}.$$

Розраховуємо абсолютну та відносну похибку кожного вимірювального каналу, за формулами [27]:

$$\Delta_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}, \quad (5.2)$$

де Δ_k – абсолютна похибка ВК;

Δ_i – абсолютна похибка i -го елементу ВК;

n – кількість елементів ВК.

$$\eta_k = \frac{\Delta_k}{X}, \quad (5.3)$$

де η_k – відносна похибка ВК;

Δ_k – абсолютна похибка ВК;

X – вимірюване значення параметру.

Розрахуємо абсолютну похибку ВК:

$$\Delta_{BK1} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 +} \quad (5.4)$$

$$\Delta_{BK1} = \sqrt{1,2^2 + 0,12^2 + 0,3^2} = \pm 1,24$$

Розрахуємо відносну похибку ВК:

$$\eta_1 = \frac{1,24}{85} * 100\% = 1,46\%.$$

Враховуючи те, що максимальні абсолютна похибка для вимірювального каналу лежать у межах:

$$\Delta_{BK} = 85 \text{ кПа} < \Delta_{\max} = 100 \text{ кПа}$$

То можна стверджувати, що отримана точність вимірювання по вимірювальному каналу задовольняє вимогам щодо точності.

5.2 Розрахунок надійності реалізації функцій САР

5.2.1 Вимоги до надійності реалізації функцій САР

Для розрахунку надійності САР виділяємо такі функції:

- інформаційну;
- регулюючу;
- захисну.

Вимоги до надійності реалізації функцій САР.

Структурна схема надійності складається для кожної функції САР. У розрахунку варто виділити первинну інформаційну, первинну керуючу і первинну захисну функцію. Рівень надійності виконання функцій АСУ ТП повинен задовольняти наступним вимогам:

- середній наробіток на відмовлення по кожній з функцій ≥ 20000 год.;
- середній час відновлення по кожній з функцій < 2 год.;
- коефіцієнт готовності по кожній з функцій $\geq 0,988$.

Задачею розрахунку є порівняння розрахованого показника надійності із заданим. Якщо розрахований показник надійності менший від заданого показника, треба зарезервувати найменш надійні елементи САР.

Показником надійності інформаційної функції являється середнє напрацювання на відмову $T_{\text{сер}}$, або ймовірність безвідмовної роботи P_6 . Така умова являється достатньо жорсткою, так як при відмові інформаційної функції інформація безповоротно втрачається та при відновленні працездатності функції не може бути відновлена.

До керуючої функції висуваються менш жорсткі умови, тому її надійність характеризується $T_{\text{сер}}$, середнім часом відновлення T_v та ймовірністю без відмовної роботи за час τ з урахуванням відновлення відмовляючої функції $P_c(\tau)$.

5.2.2 Структурні схеми надійності реалізації функцій АСР

Складемо структурні схеми надійності САР температури холодильника-конденсатора. Як правило в структурних схемах надійності (СШН) елементи сполучаються послідовно. Це означає, що при відмові хоч би одного з них має місце відмова всієї функції.

Структурна схема надійності приведена на рисунок 5.2.



Рисунок 5.2 – Реалізація інформаційної і регулюючої функції

5.2.3. Розрахунок надійності реалізації функцій САР

Кожний елемент структурної схеми надійності характеризується інтенсивністю потоку відмов λ (1/год), який являє собою середню кількість відмов елементів на годину

Значення λ_i знаходимо в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Інтенсивність відмов

Елемент	$\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год
ДДА-100	27
Деталі кріплення монтажу	0,015
iG5A	1,39
ПМ12010	9,5
Модуль аналогового вводу SM331	13,5
Робоча станція	38

Розрахуємо загальну інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи для кожної функції САР за формулами (5.1) та (5.2):

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n}, \quad (5.4)$$

де n – кількість елементів у структурній схемі надійності;

λ_i – інтенсивність відмов для i -го елементу схеми;

λ – загальна інтенсивність відмов.

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda}, \quad (5.5)$$

де $T_{\text{сер}}$ – середнє напрацювання на відмову для схеми.

Розрахунок для інформаційної функції.

Для інформаційної функції розрахуємо середнє напрацювання на відмову:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{29,5 \cdot 10^{-6}} = 34476,8 \text{ год.}$$

Ймовірності безвідмовної роботи:

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-\tau/T_{\text{сер}}}. \quad (5.6)$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи за час τ .

Приймаємо: $\tau = 720$ годин (1 місяць);

$$P(\tau) = e^{\frac{-720}{34476,8}} = 0,9793.$$

Для інформаційної функції розрахуємо середнє напрацювання на відмову:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{21,67 \cdot 10^{-6}} = 46143,19 \text{ год.}$$

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи по формулі:

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-\tau/T_{\text{сер}}}.$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи за час τ .

Приймаємо: $\tau = 720$ годин (1 місяць).

$$P(\tau) = e^{\frac{-720}{46143,19}} = 0,9845.$$

Розрахунок для керуючої функції.

Для керуючої функції розрахуємо середнє напрацювання на відмову:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{45,6 \cdot 10^{-6}} = 64425,21 \text{ год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(\tau) = e^{\frac{-720}{64425,21}} = 0,98853.$$

Розраховуємо ймовірність відновлення працездатності, задавши середній час встановлення працездатності $T_{\text{в}} = 2$ год та допустимий час функціонування об'єкту при невиконанні керуючої функції $T_{\text{доп}} = 6$ год:

$$P_{\text{в}} = 1 - e^{-\frac{T_{\text{доп}}}{T_{\text{в}}}} = 1 - e^{-\frac{6}{2}} = 0,9502.$$

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи з урахуванням відновлення відмовляючої функції:

$$P_c(\tau) = P(\tau) + (1 - P(\tau)) \cdot P_v = 0,988 + (1 - 0,988) \cdot 0,9502 = 0,9942.$$

Розрахунок для захисної функції.

Для захисної функції розрахуємо середнє напрацювання на відмову:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{29,5 \cdot 10^{-6}} = 34476,8 \text{ год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи:

$$P(\tau) = e^{\frac{-720}{34476,8}} = 0,9841.$$

Розрахуємо коефіцієнт готовності для захисної функції:

$$K = \frac{T_{\text{сер}}}{T_{\text{сер}} + T_{\text{с}}} = \frac{34476,8}{34476,8 + 2} = 0,9999$$

Ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі:

$$P_{\text{оч}}(\tau) = K \cdot P(\tau) = 0,9999 \cdot 0,9841 = 0,9840.$$

Висновок. В даному розділі була проведена оцінка надійності роботи елементів системи автоматизації. За результатами розрахунків ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі становить 0,9840, що характеризує САР як надійну і стійку систему.

6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

6.1 Аналіз робочого місця апаратника

Технологічний об'єкт, що розглядається – виробництво метанолу, містить в обігу шкідливі, пожежонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва. В даному розділі на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проєктованому об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

Законодавча база охорони праці України налічує ряд законів, основними з яких є Закон України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку» та Кодекс законів про працю. Їх доповнюють державні міжгалузеві й галузеві нормативні акти, в тому числі, організація робіт по монтажу та експлуатації брагоректифікаційної та адсорбційної установок повинна відповідати вимогам, які викладено в ДНАОП 0.00-1.07-94. «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском», затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України 18.10.94 №104 ; ДНАОП 0.00-5.12-74. «Типова інструкція з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних об'єктах», ДНАОП 1.8.10.-1.11-97 «Правила безпеки для спиртового та лікеро-горілчаного виробництва», затверджених Держнаглядохоронпраці України 22.04.1997 р. , наказ № 100. Аналіз потенційних небезпек та шкідливих факторів під час роботи обладнання Санітарні умови праці при виробництві високооктанової кисневмісної добавки (ВКД) Мікроклімат, або метрологічні умови виробничих приміщень, визначаються такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, відносною вологістю повітря, рухливістю повітря тощо.

Мікрокліматичні умови подані у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Норми мікрокліматичних параметрів в повітрі робочої зони [34]

Найменування професії	Категорія робіт	Холодний період року						Теплий період року					
		Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
Апаратник	Па	18-20	17-23	40-60	7-5	0,2	0,3	21-23	27-30	40-60	7-5	0,3	04

Освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам СніП II-4-79 «Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение». Для запобігання негативних фізіологічних впливів на оператора джерел природного і штучного освітлення при проектуванні необхідно врахувати: раціональне розташування робочого місця відносно вікон проникнення крізь їх природного світла та джерел штучного освітлення, наявність рівномірного розподілу яскравості в колі зору, відсутність прямого світла та інші дискомфортні умови. У вечірні та нічні години доби використовується штучне освітлення загальне, місцеве та аварійне. Аварійне освітлення здійснюється від незалежного джерела живлення постійного струму. Нормована освітленість на робочих місцях у брагоректифікаційному відділенні наведена в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Нормована освітленість на робочих місцях у відділенні виробництва метанолу[34]

Найменування професії	Характеристики зорової роботи	Розряд зорової роботи	Освітленість (штучна), лк	
			Загальна освітленість	
			При лампах розжарювання	При газорозрядних лампах
Апаратник	Груба (духе малої точності)	VI	75	150

Нова освітлювальна установка приймається в експлуатацію комісією склад якої підтверджує головний інженер. На території заводу мережа загального освітлення увімкнута під напругою 220 В. Вибираємо загальне освітлення газорозрядними лампами. Потрібно забезпечити освітлення робочого місця у відділенні в 150 люксів. Тривала дія несприятливих метеорологічних умов на організм людини порушує терморегуляцію, різко погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці, призводить до захворювань. У виробничих приміщеннях передача теплоти здійснюється конвекцією та випромінюваннями.

Основні заходи захисту: теплоізоляція, застосування ізоляції, засоби індивідуального захисту, екранування (від випромінювання).

Температура поверхні обладнання не повинна перевищувати 45 °С, а в приміщеннях з пожежо- і вибухонебезпечним середовищем - 35 °С. Джерелом теплових випромінювань в відділенні є: колони, кип'ятильники, колектор пари, дефлегматори, холодильники-конденсатори, збірники барди та лютерної води.

Вентиляція цеху припливно-витяжна з механічним та природним збуренням. Для локалізації вологи та тепла передбачені місцева вентиляція. Видалення та розподілення повітря передбачена через отвори повітроводів затягнутих металевими сітками. Вентиляція виробничих приміщень і герметизація обладнання забезпечує в зоні перебування працюючих стан повітряного середовища, який відповідає вимогам санітарних норм. У

виробничих приміщеннях вентиляція припливно-витяжна механічна і природна, та розрахована на виділення надлишків тепла і вологи, а також видалення шкідливих виділень обладнання, механізмів та інше. Системи витяжної та загально обмінної вентиляції зі штучним збурюванням для приміщень категорії А, а також системи місцевих відсмоктувачів вибухонебезпечних сумішей передбачені з одним резервним вентилятором, якщо у разі зупинки вентилятора не може бути зупинене технологічне устаткування та припинене виділення шкідливих або горючих газів, парів. Аварійну вентиляцію в приміщеннях категорії А та Б виконана зі штучним збуджуванням. Видалення і роздача повітря передбачається через отвори в повітроводах, які затягнуті металевими сітками. Для регулювання кількості повітря в повітроводах встановлені заслінки. Пуск, налагодження, експлуатація та ремонт вентиляційних установок повинні виконуватись відповідно до вимог діючих нормативних актів.

Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання:

- установки повинні розміщуватись в окремих будівлях;
- робота установок, якщо є пропуск пари чи рідини у зварних або фланцевих з'єднаннях, люках чи штуцерах, не допускається;
- на паропроводі, який підводить пару у відділення, мусить встановлюватися автоматичні регульовані пристрої, що виключають можливість подання пари в апарати з тиском вище встановленої величини;
- усі установки, які працюють при атмосферному тиску, знизу й згори мусять обладнуватися вакуум-переривниками. Установлення запірних пристроїв між установками і вакуум-переривниками не допускається. У ректифікаційних установках, колони які працюють під тиском нижче атмосферного, встановлюються загальний вакуум-переривник на комунікації між барометричним конденсатором і вакуум-насосом;
- для уловлювання спиртової пари, яка виходить з повіт ровиків установок, повинні встановлюватися спиртові уловлювачі, а пара, яка не

конденсується – виводиться за межі приміщення згідно з вимогами чинних правил;

– повітровики мусять бути спорядженні вогнеперешкоджувачами. Не допускається скидати рідини, які містять спирт у бродильні установки;

Електроустаткування і електроосвітлення у відділенні ректифікації має бути виконано у відповідності до вимог ПУЕ.

Корпуси електродвигунів та іншого електроустаткування, спиртоприймачі, мірників, спиртові резервуари та спиртові комунікації мають бути заземлені згідно з вимогами: при напрузі 380 В і вище змінного струму та 440 В і вище постійного струму – в усіх електроустановках. У разі неможливості виконання заземлення, занулення або, якщо це становить значні труднощі з технологічних причин, допускається обслуговування електроустаткування з ізолюючих площадок. При номінальній напрузі понад 42 В, але нижче 380 В змінного струму та понад 110 В, але нижче 440 В постійного струму – лише у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також на зовнішніх устаткуваннях;

У приміщенні відділення ректифікації мусять застосовуватися інструмент, який виключає іскроутворення.

У приміщенні відділення ректифікації треба передбачити:

– напірний бак з півгодинним запасом води на випадок припинення подавання її з водопровідної мережі;

– аварійне освітлення;

– телефонний зв'язок;

– пожежогасіння, паро гасіння та первинні протипожежні засоби;

Збірники і мірники спирту і спиртопродуктів повинні мати герметичні люки, що зачиняються та сполучаються з атмосферою за допомогою повітровиків, спорядженими дихальними клапанами і вогнеперешкоджувачами.

Рекомендується встановлювати перед вогнеперешкоджувачами спиртоуловлювач насадкового типу. Повітровики повинні виводитись за межі

приміщення згідно з вимогами: місце викидів до атмосфери з систем вентиляції виробничих приміщень слід розміщувати за розрахунком або на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря не менше 10 м по горизонталі або на 6 м по вертикалі при горизонтальній відстані менше 10 м. Крім того викиди з систем місцевих всмоктувачів шкідливих речовин слід розміщувати на висоті не менше 2 м над дахом більш високої частини будівлі, якщо відстань до його виступу менше 10 м. Місце викидів з системи аварійної вентиляції слід розміщувати на висоті не менше 3 м від землі до нижнього краю отвору.

У відділенні ректифікації мають бути індивідуальні засоби захисту: шланговий протигаз з виносним шлангом, переносний електросвітильник напругою не вище 12 В у вибухозахищеному виконанні або акумуляторний ліхтар УАС – 3В, запобіжний пояс з рятувальною вірьовкою, протигаз фільтруючий з коробкою А-2 комплекту, аптечка з необхідними медикаментами.

Чищення та ремонт ректифікаційних установок можуть дозволятися лише після їхньої зупинки, охолодження, промивання водою, відключення трубопроводів за допомогою заглушок, провітрювання приміщення.

Приміщення відділення ректифікації повинно бути обладнано системою автоматичного попередження накопичення вибухонебезпечних концентрацій парів ЛЗР з ввімкненням звукової сигналізації та аварійної вентиляції.

6.2 Аналіз робочого місця оператора АСУТП

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і посадових обов'язків оператора АСУТП у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ сформовані Заходи по забезпеченню безпеки праці.

Приміщення, у якому здійснюються заходи пов'язані з виконанням посадових обов'язків та проведенням досліджень та розрахунків (розробкою,

модернізацією, удосконаленням, тощо), є спеціалізованим, яке обладнане ПК з ВДТ.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», «Правил улаштування електроустановок» (далі – «ПУЕ»), ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом», НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та буде використовуватися згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі – «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі – «ПБЕЕС») та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Згідно «ПУЕ», за ступенем небезпеки ураження електрострумом, робоче місце оператора АСУТП приміщення належить до 1-го класу, тобто є приміщенням без підвищеної небезпеки, у якому відсутні умови, що створюють підвищену та особливу небезпекку.

Згідно глави 1.7 – «Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом» – «ПУЕ», обладнання має основну ізоляцію струмовідних частин, яка забезпечує захист від прямого дотику та подвійну, яка складається з основної та додаткової ізоляції, для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження основної ізоляції.

Відповідно до вимог п. 6.7.4. НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» усі доступні для доторкання металеві деталі електрообладнання у приміщенні з ПК, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, з'єднані з заземлюючим пристроєм.

Оскільки робоче місце оператора АСУТП за ступенем небезпеки ураження електрострумом належить до 1-го класу, тому відповідно до вимог п. 6.7.6 НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС» та додатку №1 до НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ» користувачі ПК пройшли інструктаж з електробезпеки з оформленням в журналі інструктажу та мають I групу з електробезпеки.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними, яка відповідає нормованим значенням (площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м², а об'єм не менше ніж 20,0 м³). Поверхня підлоги є рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями.

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» для робітників із застосування ЕОМ, передбачені регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години, а також обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження передбачені пристрої для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою

Для запобігання кістково-м'язових порушень робочі місця користувачів ПК оператора АСУТП відповідають ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Висота робочої поверхні столу з ПК регулюється в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм). Робочий стіл має простір для ніг висотою 600 мм, шириною – 500 мм, глибиною (на рівні колін) – 450 мм, на відстані витягнутої ноги – 650 мм.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для робочого місця оператора, обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Основними причинами недостатньої або надмірної освітленості робочих місць є несправність або хибний вибір освітлювальних приладів, неправильне розташування робочих місць по відношенню до джерел освітлення.

Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє або надмірне освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі [34].

Висновки. Робоче місце оператора АСУТП обладнаному ПК з екранним пристроєм (далі – «ЕП»), згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі. Метеорологічні умови для приміщенні з комп'ютеризованими робочими місцями – температура, відносна вологість та швидкість переміщення повітря цілком відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Роботи у приміщенні з ПК, належать до категорії Іб – легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у теплий період року: температура 22 – 24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у холодний період року: температура 21 – 23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с.

7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації

Автоматизовані системи управління належать до класу людино-машинних систем. В автоматизованих системах управління, призначених для управління не лише технікою, а й людьми, чисто автоматичне управління принципово неможливе. Людина тут відіграє керівну роль при визначенні цілей управління і критеріїв його якості, остаточному виборі багатьох управлінських рішень у процесі розв'язання не повністю формалізованих задач управління, особливо таких, які вимагають творчого підходу.

Організаційне забезпечення – сукупність методів і засобів, що регламентують взаємодію працівників з технічними засобами і між собою в процесі розробки і експлуатації інформаційної системи.

Організаційне забезпечення реалізує наступні функції:

- аналіз існуючої системи управління організацією, де буде використовуватися ІС, та виявлення задач, що підлягають автоматизації;
- підготовку завдань до вирішення на комп'ютері, включаючи технічне завдання на проектування ІС та техніко-економічне обґрунтування її ефективності;
- розробку управлінських рішень по складу та структурі організації, методології рішення задач, спрямованих на підвищення ефективності системи управління [30].

Організаційне забезпечення створюється за результатами перед проектного обстеження на першому етапі побудови баз даних.

Організаційне забезпечення автоматизованих систем управління – це комплекс документів, які регламентують діяльність персоналу автоматизованих систем управління в умовах функціонування. У процесі розв'язування задач управління даний вид забезпечення визначає взаємодії

працівників автоматизованих систем управління з технічними засобами та між собою. Це реалізується в різноманітних методичних і керівних документах за стадіями розробки, упровадження, функціонування і супроводження автоматизованих систем управління.

Нагромаджений досвід упровадження і використання автоматизованих систем довів порівняно високу ефективність багатьох із них, а саме прямий економічний ефект впровадження галузевих автоматизованих систем управління дав великий вплив на зміну характеру діяльності управлінського персоналу міністерств і відомств, підприємств та організацій. У результаті автоматизації процесів інформаційного обслуговування підвищилась інформованість управлінського персоналу [31, 32, 33].

7.2 Розрахунок техніко – економічних показників

7.2.1 Визначення капітальних вкладень

У зв'язку з проектуванням системи автоматизованого регулювання (САР) брагоректифікаційної установки, проводиться заміна застарілого устаткування на сучасний програмно-технічний комплекс, який має значно більш високі технічні і експлуатаційні можливості, та впровадження нової інформаційно-модулюючої системи управління технологічними режимами.

До складу АСУТП входять 16 шаф управління (ШУ) на базі технічних засобів ТСА М2002 ТУ У 33.3-14315500-028-2003 вартістю 75000 гривень за одиницю.

Сума капіталовкладень ($K_{об}$) на устаткування без урахування ПДВ включає вартість придбаного устаткування ($B_{уст}$) та витрати на транспортні ($B_{тр} = 6\%$) і заготівельно-складські ($B_{зс} = 5\%$) операції у визначених відсотках від $B_{уст}$.

$$K_{об} = B_{уст} + B_{тр} + B_{зс}, \quad (7.1)$$

де $B_{уст} = B_{ШУ}$

$$B_{IIIY} = 750000 \cdot 16 = 1200000, \text{ грн.};$$

$$K_{OB} = 1200000 \cdot (1 + 0,06 + 0,05) = 1332000, \text{ грн.};$$

Додаткові капіталовкладення K_{CAP} на модернізацію САР складаються з таких витрат:

$$K_{CAP} = K_{DM} + K_{OB} + K_M, \quad (7.2)$$

де K_{DM} – витрати на демонтаж існуючої апаратури ($K_{DM} = 0,05 \cdot K_{OB}$, грн);

K_M – витрати на монтаж нового устаткування ($K_M = 0,4 \cdot K_{OB}$, грн).

$$K_{DM} = 0,05 \cdot 1332000 = 66600, \text{ грн.}$$

$$K_M = 0,4 \cdot 1332000 = 532800, \text{ грн.}$$

$$K_{CAP} = 66600 + 1332000 + 532800 = 1931400, \text{ грн.}$$

Данні по розрахунку зведені в таблиці 7.1 .

Таблиця 7.1 – Визначення капітальних вкладень

Визначення капітальних вкладень	
Витрати на монтаж нового устаткування K_M	532800 грн.
Сума капіталовкладень K_{OB}	1332000 грн.
Витрати на демонтаж існуючої апаратури K_{DM}	66600 грн.
Вартість придбаного устаткування $B_{уст}$	1200000 грн.
Додаткові капіталовкладення модернізацію САР K_{CAP}	1931400 грн.

7.2.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати (B_{CAP}), пов'язані з обслуговуванням нової САР складаються з річних витрат на:

– зарплату персоналу ($B_{ЗП}$);

- амортизацію нового обладнання (B_a);
- поточний ремонт нового обладнання (B_p);
- електричну енергію для живлення нового обладнання ($B_{ел}$);
- інші експлуатаційні витрати (B_i).

$$B_{CAP} = B_{зп} + B_a + B_p + B_{ел} + B_{ін}. \quad (7.3)$$

7.2.3 Річні витрати на ЗП

Річні витрати на ЗП обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$B_{зп} = n \cdot \text{ФОП}, \quad (7.4)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу ($n = 50$ роб.);

ФОП – середньорічний фонд оплати праці одного робітника з обов'язковими нарахуваннями на соціальні збори.

Розрахуємо середньорічний фонд оплати праці одного робітника з обов'язковими нарахуваннями на соціальні збори:

$$\text{ФОП} = \Phi_{зп} \cdot K_{ін}, \quad (7.5)$$

де $K_{ін} = 1,1$

$\Phi_{зп}$ – щорічна витрата на зарплату робітника з урахуванням нарахувань на ФОП, грн.

$$\Phi_{зп} = 12 \cdot ЗП \cdot H_{зп}, \quad (7.6)$$

де ЗП – середня місячна зарплата робітника ($ЗП = 6500$ грн.);

$H_{зп}$ – нарахування на ФОП складають 20%.

Тоді:

$$\Phi_{\text{зп}} = 12 \cdot 6500 \cdot (1+0,2) = 64800, \text{ грн.}$$

$$\text{ФОП} = 64800 \cdot 1,1 = 71280, \text{ грн.}$$

$$B_{\text{зп}} = 50 \cdot 71280 = 3564000, \text{ грн.}$$

7.2.4 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування (B_a) на реновацію придбаного устаткування на соціальні збори підприємства визначаються за виразом:

$$B_a = K_{\text{CAP}} \cdot H_A / 100, \quad (7.7)$$

де H_A – річна норма амортизації на реновацію ($H_A = 24\%$);

$$B_a = 1332000 \cdot 24/100 = 319680, \text{ грн.}$$

7.2.5 Річні витрати на ремонт

Ці витрати обчислюють через коефіцієнт $K_p = 3\%$ від загальної суми капіталовкладень.

$$B_p = K_p \cdot K_{\text{CAP}}, \text{ грн.} \quad (7.8)$$

$$B_p = 0,03 \cdot 1332000 = 39960, \text{ грн.}$$

7.2.6 Витрати електроенергії на живлення

Річні витрати на живлення САР визначаються так:

$$B_{\text{ел}} = P_{\text{ел}} \cdot T_{\text{ф}} \cdot K_3 \cdot \text{CB}_{\text{ел}}^{\text{од}}, \text{ грн.} \quad (7.9)$$

де $P_{\text{ел}}$ – встановлена електрична потужність САР ($P_{\text{ел}} = 3,5 \text{ кВт}$);

$T_{\text{ф}}$ – фактичний термін роботи САР за рік ($T_{\text{ф}} = 7000 \text{ год.}$);

K_3 – коефіцієнт для врахування реального споживання ($K_3 = 0,8$);

$\text{CB}_{\text{ел}}^{\text{од}}$ – собівартість виробленого $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ ($\text{CB}_{\text{ел}}^{\text{од}} = 90 \text{ коп.}$)

$$B_{\text{ел}} = 3,5 \cdot 7800 \cdot 0,8 \cdot 0,90 = 19656 \text{ грн.}$$

7.2.7 Інші витрати

Інші витрати визначаються так:

$$B_{\text{ін}} = 0,25 \cdot (B_{\text{а}} + B_{\text{зп}} + B_{\text{р}}) \quad (7.10)$$

$$B_{\text{ін}} = 0,25 \cdot (319680 + 3564000 + 39960) = 980,91 \text{ грн.}$$

Підставляючи отримані значення маємо загальну суму річних експлуатаційних витрат ($B_{\text{САР}}$, грн.):

$$B_{\text{САР}} = 319680 + 3564000 + 39960 + 19656 + 980,91 = 3944276,91 \text{ грн.}$$

Данні по розрахунку зведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Розрахунок річних експлуатаційних витрат	
Зарплата персоналу $B_{\text{зп}}$	3564000 грн.
Амортизація нового обладнання $B_{\text{а}}$	319680 грн.
Поточний ремонт нового обладнання $B_{\text{р}}$	39960 грн.
Електричну енергію для живлення нового обладнання $B_{\text{ел}}$	19656 грн.
Інші експлуатаційні витрати $B_{\text{ін}}$	981 грн.
Експлуатаційні витрати $B_{\text{САР}}$	3944277 грн.

7.2.8 Річна економія експлуатаційних витрат

Економія (Е) від модернізації САР визначається за виразом:

$$E = E_{\text{п}} + E_{\text{н}} + E_{\text{вп}} - B_{\text{САР}} \quad (7.11)$$

де $E_{\text{п}}$ – економія від зменшення кількості пусків через зниження відмов САР, грн.;

E_n – економія у зв'язку з підвищенням надійності роботи, грн.;

$E_{вп}$ – економія у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потреби через модернізацію САР, грн.;

$B_{САР}$ – вартість річних експлуатаційних витрат.

Економія (E_n) від зменшення кількості пусків через зниження відмов САР визначається за виразом:

$$E_n = (1 - K_{від}) \cdot P_v \cdot t_{від} \cdot c_n \cdot CB_{ел}^{од} / 100, \quad (7.12)$$

де P_v – встановлена електрична потужність ($P_v = 10^6$), кВт;

$t_{від}$ – відрізок часу виведення системи з мережі при його відключенні ($t_{від} = 9$ год);

c_n – число скорочених пусків ($c_n = 1$);

$CB_{ел}^{од}$ – собівартість 1 кВт*год виробленої електроенергії ($CB_{ел}^{од} = 5$ коп);

$K_{від}$ – коефіцієнт корисного навантаження за час $t_{від}$ ($K_{від} = 0,7$).

Тоді

$$E_n = (1 - 0,7) \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 5 / 100 = 135000 \text{ грн.}$$

Економія (E_n) у зв'язку з підвищенням надійності роботи ЕС і додатковим виробленням електроенергії (dE_v) визначається за виразом:

$$E_n = (CB_{ел}^{од} - CBM_{ел}^{од}) \cdot W_v, \quad (7.13)$$

де $CBM_{ел}^{од}$ – собівартість 1 кВт*год з урахуванням додаткової роботи брагоректифікаційної установки, після модернізації САР визначається за виразом:

$$CBM_{ел}^{од} = CB_{ел}^{од} (1 - A_n \cdot (1 - W_v / (W_v + dW_v))) \quad (7.14)$$

де A_{Π} – доля умовно-постійних витрат в собівартості 1 кВт*год:

$$A_{\Pi} = 1 - B_{\Pi} / CB\Pi, \quad (7.15)$$

$$B_{\Pi} = 183,45 \cdot 10^6 \text{ грн.},$$

$$CB\Pi = 210,3 \cdot 10^6 \text{ грн.},$$

$$A_{\Pi} = 1 - 183,45 \cdot 10^6 / 210,3 \cdot 10^6 = 0,27$$

$$W_B = 7 \cdot 10^9 \text{ кВт*год.}$$

$$CBM_{\text{ел}}^{\text{од}} = 5 \cdot (1 - 0,128 \cdot (1 - 7 \cdot 10^9 / (7 \cdot 10^9 + 24 \cdot 10^6))) = 0,45 \text{ коп.}$$

Тоді:

$$E_{\Pi} = (5 - 0,45) \cdot (7 \cdot 10^9 + 24 \cdot 10^6) / 100 = 31959200 \text{ грн.}$$

Економія ($E_{\text{вп}}$) у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потреби через модернізацію САР визначається за виразом:

$$E_{\text{вп}} = (CP_{\text{ел}}^{\text{од}} - CPM_{\text{ел}}^{\text{од}}) / 100 \cdot WM_p, \text{ грн.} \quad (7.16)$$

де WM_p – річний обсяг реалізованої ел.енергії зі скороченими витратами на власні потреби на 20%.

$$WM_p = W_B \cdot (1 - qM^{\text{вп}} / 100), \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (7.17)$$

$$qM^{\text{вп}} = 0,8 \cdot q^{\text{вп}}, \quad (7.18)$$

$$q^{\text{вп}}_{\text{C}} = 4,22\%.$$

$$WM_p = 7,8 \cdot 10^9 \cdot (1 - 3,38 / 100) = 7,54 \cdot 10^9, \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Собівартість продукції, з урахуванням зменшення витрат на власні потреби $CPM_{\text{ел}}^{\text{од}}$ визначається за виразом:

$$CPM_{\text{ел}}^{\text{од}} = CP_{\text{ел}}^{\text{од}} (1 - A_{\Pi} \cdot (1 - W_p / WM_p)) \quad (7.19)$$

$$CPM_{\text{ел}}^{\text{од}} = 5 \cdot (1 - 0,27 \cdot (1 - 6,76 \cdot 10^9 / 7,54 \cdot 10^9)) = 4,92 \text{ коп.}$$

$$E_{\text{вп}} = (5 - 4,92) / 100 \cdot 7,54 \cdot 10^9 = 603200, \text{ грн.}$$

Підставляючи числові значення, розрахуємо економію (Е) від модернізації САР:

$$E = 31959200 + 603200 + 135000 - 3944277 = 2875312, \text{ грн.}$$

Приріст чистого прибутку визначається так:

$$d\Pi = K_e \cdot E, \text{ грн.} \quad (7.20)$$

де K_e – коефіцієнт економічної ефективності ($K_e = 0,7$):

$$d\Pi = 0,7 \cdot 2,9 \cdot 10^6 = 7889000, \text{ грн.}$$

Термін окупності (T_o) додаткових капіталовкладень ($dK = K_{\text{САР}}$) визначається:

$$T_o = K_{\text{САР}} \cdot (1 + \alpha_a + \alpha_p + \alpha_{\text{зсв}}) / d\Pi, \text{ років} \quad (7.21)$$

де α_a – додаткові нарахування на амортизацію ($\alpha_a = 0,14$);

α_p – додаткові нарахування на поточний ремонт ($\alpha_p = 0,01$);

$\alpha_{\text{зсв}}$ – доля загальностанційних витрат, визначена додатковими капіталовкладеннями ($\alpha_{\text{зсв}} = 0,20$).

$$T_o = 1931400 \cdot (1 + 0,14 + 0,01 + 0,20) / 7889000 = 4,1 \text{ років.}$$

Дані по розрахунку зведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Річна економія експлуатаційних витрат

Розрахунок економічного ефекту від проектування САР	
Економія від модернізації САР Е	2875312 грн.
Економія від зменшення кількості пусків через зниження відмов САР Еп	135000 грн.
Економія у зв'язку з підвищенням надійності ЕС Е _н	31959200 грн.
Економія у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потр. Е _{вп}	603200 грн.
Вартість річних експлуатаційних витрат В _{САР}	4299472 грн.
Приріст чистого прибутку d _п	7889000 грн.
Термін окупності додаткових капіталовкладень Т _о	4,1 роки

Висновки. В результаті проведеного розрахунку економічних показників були визначені капітальні витрати на будівництво, щорічні витрати, пов'язані з виробництвом електроенергії, чистий приведений прибуток, внутрішня норма прибутку, індекс доходності, термін окупності проекту, рентабельність і так далі.

Термін окупності проекту 4,1 року, що свідчить про його ліквідність, тобто можливості повернути витрачені спочатку засоби на реалізацію проекту за можливо менший термін.

ВИСНОВКИ

У цій випускній кваліфікаційній роботі бакалавра розроблена система автоматизованого регулювання температурою холодильника-конденсатора як частини технологічного процесу виробництва метанолу із застосуванням сучасних приладів та засобів автоматизації.

Завдяки автоматизації планується вирішити такі важливі завдання виробництва метилового спирту як: збільшення продуктивності праці, підвищення якості продукції, поліпшення стану охорони праці та екології.

В ході досліджень було розглянуто різні методи отримання метанолу, і була розроблена схема автоматизації процесу виробництва метанолу при зниженому тиску. Особливу увагу приділено теплообміннику перед реактором, який визначається як критично важливий апарат. Для цього теплообмінника була створена математична модель, і розроблені статичні та динамічні характеристики. В роботі виконане вирішення питань, пов'язаних із розробкою системи управління технологічним процесом синтезу метилового спирту:

- виконано конструктивно-технологічний аналіз процесу;
- визначені основні параметри контролю, регулювання та сигналізації;
- методом логарифмічних частотних характеристик виконано синтез системи стабілізації температури реакційної суміші на виході теплообмінника-конденсатора за каналом «температура реакційної суміші – витрата води на охолодження» на базі розробленої аналітичним способом математичної моделі.

- розроблено нечітку модель об'єкта, систему прогнозування аварійних ситуацій та моделі прогнозування температурного режиму;

- реалізовано декілька способів налаштування регуляторів, обрано той, що підходить за технологічними вимогами та статична оптимізація;

- вибрані сучасні прилади для АСУТП;

- розроблено верхній рівень керування;
- розроблено багатоцільова мережа;
- проведені заходи з техніки безпеки та пожежної безпеки;
- зроблено розрахунок економічної ефективності проекту.

У роботі детально розроблено схеми автоматизації, що візуалізують взаємодію компонентів системи та логіку її функціонування. Особливу увагу приділено розділу надійності системи, де були проведені розрахунки та аналіз показників безвідмовної роботи, що підтверджує здатність запропонованої АСУ ТП працювати стабільно та ефективно протягом тривалого часу.

Під час виконання та оформленні проектної документації для неї було використано програмні засоби MS Office, MathCAD, MATLAB, AutoCAD.

Ймовірність безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі становить 0,9840, що характеризує САР, як надійну і стійку систему. Проведений розрахунок економічних показників.

Термін окупності проекту 4,1 року, що свідчить про його ліквідність, тобто можливості повернути витрачені спочатку засоби на реалізацію проекту за можливо менший термін. Подані рекомендації що до охорони праці установки, що відповідають законодавству України.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с.
2. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.
3. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Вид. офіц. Київ. 1998. 45 с. (Інформація та документація).
4. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с.
5. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. К. : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Інформація та документація).
7. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Чинний від 2002-01-01]. Київ : Мінпраці України, 2001. 45 с. (Інформація та документація).
8. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2014-12-30]. Київ : МВС України, 2014. 91 с. (Інформація та документація).
9. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [Чинний з 1997-10-06]. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с. (Інформація та документація).
10. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [Чинний з 1998-01-09]. Київ : Мінпраці України, 1998. 89 с. (Інформація та документація).

11.НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [Чинний від 2018-05-18]. Київ : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. (Інформація та документація).

12.ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний з 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Інформація та документація).

13.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 106 с. (Інформація та документація).

14.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. (Інформація та документація).

15.ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [Чинний з 01.01.2016]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с. (Інформація та документація).

16.ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Інформація та документація).

17.ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Інформація та документація).

18.ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 191 с. (Інформація та документація).

19. Караваєв М. М., Майстров А. П., Леонов В. Є. Промисловий синтез метанолу. – М.: Хімія, 1974. 144 с.

20. Караваєв М.М., Леонов В.Є., Попов І.Г. та ін. Технологія синтетичного метанолу. За ред. Проф. Караваєва М.М. – М.: Хімія, 1984. 240 с.

21. Юрченко Д. М. Система управління технологічним процесом виробництва метанолу при тиску 5 МПа : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 6.151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / наук. кер. Г. М. Худолей. Шостка : ШІ СумДУ, 2022. 59 с.

22. Хобін В.А., Світий І.М. Теорія автоматичного керування: Посібник до виконання комплексної курсової роботи. Одеська національна академія харчових технологій, 2020. 277 с.

23. Гулевский, В., Кузнецов, І. (2019). Сучасні тенденції в автоматизації технологічних процесів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 9 (1). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/234> (дата звернення 15.06.25).

24. Святний В.А., Бровкіна Д.Ю. (2016) Сучасні тенденції в автоматизації промислових комплексів. Системні дослідження та інформаційні технології. – № 1. – С. 32-39. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131698> (дата звернення 15.06.25).

25. Когутяк І.М. Сучасні комп'ютерні технології в автоматизації. Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2019. 279 с.

26. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перероб. і дог. – Київ : Либідь, 2007. 656 с.

27. 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.

28. Автоматизація та комп'ютерні технології систем управління : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд.О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. 171 с.

29. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.

30. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. 344 с.

31. Пушкар, М.С. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

32. Автоматизація технологічних процесів: навчальний посібник / В.М. Синеглазов, І.Ю. Сергеев. – К.: НАУ, 2015. 444 с.

33. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. 444 с.

34. Belichovska K., Belichovska D., Pejkovski Z. Smoke and smoked fish production. Meat Technology. 2019. 60(1). P. 37–43. doi:10.18485/meattech.2019.60.1.6

35. Doe P., Sikorski Z., Haard N., Olley J., Pan B. S. Basic Principles. Fish Drying & Smoking. Production and quality. Lancaster: Tachnomic Publishing Co. 2017. 13–45. doi:10.1201/9780203756003-2.

36. Moneim E. Sulieman A., A. Mustafa W., Shommo S. A. M. Assessment of the quality of smoked fish obtained from white Nile River. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2018. 7. P. 20–25.

37. Wang, L., Yan, F., Wang, F., & Li, Z. (2021). FMEA-CM based quantitative risk assessment for process industries. A case study of coal-to-methanol plant in China. Process Safety and Environmental Protection, 149, 299-311. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.052>.

38. Mockenhaupt, B., Schwiderowski, P., Jelic, J., Studt, F., Muhler, M., & Behrens, M. (2023). High-Pressure Pulsing of Ammonia Results in Carbamate as Strongly Inhibiting Adsorbate of Methanol Synthesis over Cu/ZnO/Al₂O₃. *The Journal of Physical Chemistry C*, 127(7), 3497-3505. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.2c08823>.

39. Liu, G., Hagelin-Weaver, H., & Welt, B. (2023, January). A Concise Review of Catalytic Synthesis of Methanol from Synthesis Gas. In *Waste* (Vol. 1, No. 1, pp. 228-248). MDPI. <https://doi.org/10.3390/waste1010015>.

40. Tang, Y., Cui, Y., Ren, G., Ma, K., Ma, X., Dai, C., & Song, C. (2023). One-step synthesis of methanol and hydrogen from methane and water using non-thermal plasma and Cu-Mordenite catalyst. *Fuel Processing Technology*, 244, 107722. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2023.107722>.

41. Saw, S. K., Datta, S., Chavan, P. D., Gupta, P. K., Kumari, S., Sahu, G., & Chauhan, V. (2023). Significance and influence of various promoters on Cu-based catalyst for synthesizing methanol from syngas: a critical review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. <https://doi.org/10.1002/jctb.7331>.

42. Chen, F., Liang, J., Wang, F., Gao, W., Kugue, Y., He, Y., ... & Tsubaki, N. (2023). Alcohol Solvent Assisted Synthesis of Metallic and Metal Oxide Catalysts: As-Prepared Cu/ZnO/Al₂O₃ Catalysts for Low-Temperature Methanol Synthesis with an Ultrahigh Yield. *ACS Catalysis*, 13, 6169-6184. <https://doi.org/10.1021/acscatal.3c00199>.

43. Ярошук, Л. Д., Тюріна, Є. О. (2022). Експертні методи в автоматизованих системах керування : Домашня контрольна робота. КПІ ім. Ігоря Сікорського. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52551>.

44. Бізнес, цифрові інновації та підприємництво: аналіз тенденцій та науково-економічний розвиток: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 25 січня 2020 року) / ГО «Львівська економічна фундація». – Львів: ЛЕФ, 2020. – 148 с.

45. Ryvak, N. (2022). *Industriya 5.0: perekhid do stiykoyi ta oriyentovanoyi na lyudynu promyslovosti* [Industry 5.0: transition to a sustainable and human-

oriented industry]. In Sotsial'no-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrainy [Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine]: Vol. 155 (3) (pp. 41-46). DOI: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7>.

46. Industry 5.0: Purpose-Driven Technology Adoption for People and the Planet (2022). Momenta: Website. Retrieved from <https://www.momenta.one/hubfs/Resources/Reports-and-Surveys/Momenta-Industry%205.0-Report-2022.pdf/>

47. Industry 5.0 roundtable. Meeting report (2022). Publications Office of the European Union: Website. Retrieved from <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/053bf2aa-f1d7-11ec-a534-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-260080162>.