

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

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

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації
(повна назва кафедри)

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

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації»
з спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: Автоматизація технологічного процесу синтезу метанолу

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЛА-01
(шифр групи)

Барановська Ангеліна Михайлівна
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник к.т.н. доц. Ковалюк Д.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Київ - 2024 року

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

Інженерно-хімічний факультет
(повна назва)

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо - професійна програма «Технічні та програмні засоби
автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ЦАПАР
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Барановська Ангеліна Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Автоматизація технологічного процесу синтезу метанолу

керівник проєкту _____ Ковалюк Дмитро Олександрович к.т.н. доц. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту Технологічна схема виробництва з описом – за літературними джерелами. Значення технологічних параметрів, які підлягають контролю (з опису технологічного процесу): тиск вихідного газу в масляному фільтрі становить 32 МПа; тиск вихідного газу у вугільному фільтрі становить 32 МПа; тиск змішаного газу у колоні синтезу становить 32 МПа; тиск змішаного газу в сепараторі становить 30 МПа; тиск вихідного газу на вході в масляний фільтр становить 35 МПа; тиск води на вході в холодильник-конденсатор становить 38 МПа; тиск циркуляційного газу на виході з компресора становить 38 МПа; тиск метанол-сирцю на виході з насоса метанол-сирцю становить 38 МПа; температура змішаного газу в колоні синтезу 330...340 °С; температура змішаного газу в холодильнику-конденсаторі 30...35 °С.

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз технологічного процесу синтезу метанолу, поєданого з насадкою колони; автоматизація процесу синтезу метанолу, поєданого з насадкою колони; математичне моделювання холодильника-

конденсатора; дослідження системи керування; автоматизація процесів детектування на основі методів комп'ютерного зору; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації технологічного процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони; Принципова електрична схема системи аварійного захисту і технологічного блокування електромоторів технологічного процесу; Принципова електрична схема системи технологічного блокування вхідного сигналу до регульовальних клапанів при аварійній ситуації у технологічному процесі; Монтажна комутаційна електрична схема електромоторів технологічного процесу.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз процесу синтезу метанолу	25.03.2024	
2	Розробка схеми автоматизації	02.04.2024	
3	Отримання математичної моделі холодильника-конденсатора	10.04.2024	
4	Дослідження статичного режиму об'єкта	25.04.2024	
5	Дослідження динамічного режиму	04.05.2024	
6	Розробка креслень	01.05.2024	
7	Охорона праці	04.05.2024	

Студент

(підпис)

Ангеліна БАРАНОВСЬКА

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)

Дмитро КОВАЛЮК

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт на тему «Автоматизація процесу синтезу метанолу» містить пояснювальну записку об'ємом 112 сторінок, 2 креслення формату А2, 2 креслень формату А3.

Пояснювальна записка містить 43 рисунки, 9 таблиць, 3 додатки, 23 літературних джерел. Додатки складаються із специфікацій технологічного обладнання, витратних матеріалів.

Пояснювальна записка охоплює: аналіз технологічного процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони, постановку завдань на автоматизацію, математичне моделювання холодильника-конденсатора та режимів його роботи, синтез системи керування на основі П, ІІ- та ІІД-регуляторів, розробка схеми автоматизації та креслень у вигляді: принципової електричної схеми системи аварійного захисту і технологічного блокування електромоторів технологічного процесу; принципової електричної схеми системи технологічного блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів при аварійній ситуації у технологічному процесі; монтажно-комутаційної електричної схеми електромотору технологічного процесу. Також у записці наявні: розрахунок похибок вимірювального каналу, досліджено програмний код для детектування людини на території виробничого процесу в режимі реального часу та розглянуті основні принципи з охорони праці на виробництві.

Ключові слова: метанол, холодильник-конденсатор, математичне моделювання, система керування, автоматизація.

ABSTRACT

The diploma project on the topic 'Automation of the methanol synthesis process' contains an explanatory note of 112 pages, 2 A2 drawing, 2 A3 drawings.

The explanatory note contains 43 figures, 9 tables, 3 appendices, 23 references. The appendices consist of specifications of technological equipment and consumables.

The explanatory note covers: analysis of the technological process of methanol synthesis combined with a column nozzle, setting automation tasks, mathematical modelling of the condenser refrigerator and its operating modes, synthesis of the control system and its parameters based on P, PI and PID controllers, development of the automation scheme and drawings in the form of: a schematic diagram of the emergency protection system and technological blocking of the process electric motors; a schematic diagram of the technological process control system; a schematic diagram of the technological process control system; a schematic diagram of the technological process control system; a schematic diagram of the technological process control system; a schematic diagram of the technological process control system. The note also includes the calculation of measurement channel errors, the software code for human detection in the production process in real time was studied, and the basic principles of occupational safety and health at work.

Keywords: methanol, refrigerator-condenser, mathematical modeling, control system, automation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕТАНОЛУ	9
1.1 Властивості речовин, що експлуатуються у процесі синтезу метанолу	9
1.2 Опис технологічного процесу синтезу метанолу.....	11
1.3 Постановка задач автоматизації процесу синтезу метанолу	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕТАНОЛУ	14
2.1 Опис фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва	14
2.2 Опис схеми автоматизації технологічного процесу синтезу метанолу.....	16
2.3 Розроблення принципової електричної схеми системи аварійного захисту й технологічного блокування електромоторів процесу синтезу метанолу	20
2.4 Опис принципової електричної схеми системи, яка забезпечує технологічне блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів у разі аварійної ситуації у процесі синтезу метанолу.....	24
2.5 Опис монтажно-комутаційної електричної схеми електродвигунів технологічного процесу синтезу метанолу.....	26
2.6 Розрахунок точності вимірювального каналу	28
РОЗДІЛ 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИК-КОНДЕНСАТОРА	33
3.1 Дослідження та аналіз об'єкта автоматичного керування	33
3.2 Моделювання статичного режиму роботи	35
3.3 Моделювання динамічного режиму роботи.....	40

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>	<i>Дата</i>			
Розроби	Барановська А				Автоматизація процесу синтезу метанолу	Літ.	Арк.
Перевір	Ковалюк						6
Рецензент						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Н.	Кваско Е.						
Затверд	Цапар						Арк. 132

РОЗДІЛ 4 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКОМ-КОНДЕНСАТОРОМ	44
4.1 Аналіз системи керування холодильником-конденсатором.....	44
4.2 Розробка системи керування із синтезом П-регулятора	45
4.3 Розробка системи керування із синтезом ПІ-регулятора	47
4.4 Розробка системи керування із синтезом ПІД-регулятора	48
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ НА ВИРОБНИЦТВІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ	52
5.1 Аналіз предметної області та постановка задачі	53
5.2 Аналіз методів виявлення об'єктів.....	54
5.3. Дослідження системи детектування на основі машинного зору.....	64
5.4. Тестування отриманих результатів за допомогою програмного засобу	67
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	71
6.1 Мікроклімат	71
6.2 Виробниче освітлення.....	72
6.3 Шум та вібрація	76
6.4 Електробезпека	77
6.5 Пожежна безпека.....	78
ВИСНОВКИ	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	81
ДОДАТОК А.....	84
ДОДАТОК Б	94
ДОДАТОК В	111

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпи</i>	<i>Дата</i>			
Розроби	Барановська А				Автоматизація процесу синтезу метанолу	Літ.	Арк.
Перевір	Ковалюк						6
Рецензент						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Н.	Кваско Е.						
Затверд	Цапар						Арк. 132

ВСТУП

Науковий та технічний прогрес, який визначає рівень життя людей, пов'язаний насамперед зі створенням нових модернізацій існуючих технологічних процесів, машин, агрегатів, різноманітних технічних засобів і систем.

Виробництво метанолу в даний час є одним з найважливіших органічних продуктів, вироблених хімічною промисловістю з точки зору вартості та кількості. Швидке зростання промислового синтезу метанолу пояснюється постійним розширенням сфер застосування. Він є сировиною для виробництва формальдегіду, диметилтерефталату, метилметакрилату, лентитриту та синтетичного ізопренового каучуку. Використовується у виробництві фотоплівок, різних амінів, полівінілхлориду, сечовини, іонообмінних смол, виробництві барвників і напівфабрикатів, лакофарбовій промисловості та ін. Метанол використовується у великих кількостях у виробництві різних хімічних речовин, таких як хлоролін, фталолін, фосфорний вуглець, метилхлорид, бром і різні ацеталі. В останні роки метанол використовувався для виробництва оцтової кислоти, натрієвої солі нітрил три оцтової кислоти, ведуться дослідження щодо використання метанолу як недорогого палива для метанолових паливних елементів. Тому комп'ютерне моделювання планування процесу виробництва метанолу є актуальним завданням.

Висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, чутливість до порушення нормативів, а також підвищені вибухонебезпечність і пожежонебезпечність та шкідливі умови праці зумовили особливу увагу до питання автоматизації хімічних процесів. Автоматичне керування технологічними процесами надає високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, збільшення інтервалів технічного обслуговування обладнання та скорочення числа технічного персоналу.

Темою дипломного проєкту є «Автоматизація процесу синтезу метанолу». Сюди входять такі сфери автоматизації, як автоматичне керування та контроль, дистанційне керування електродвигунами і їх аварійний захист та технологічне блокування трубопроводів із сировиною.

					ЛПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕТАНОЛУ

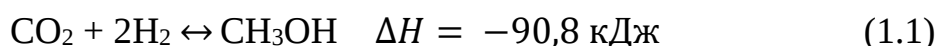
1.1 Властивості речовин, що експлуатуються у процесі синтезу метанолу

За вартістю і масштабами виробництва метанол є одним з найважливіших багатотонних продуктів сучасної хімічної промисловості. Широко використовується у виробництві для отримання пластичних мас, синтетичних волокон, синтетичного каучуку, як розчинник тощо.

Застосування метанолу розширюється, і, зокрема, очікується, що він буде використовуватися в транспортуванні енергії на великі відстані, як сировина для автомобільного бензину та як сировина для мікробіологічного синтезу тощо.

Метанол можна отримати різними способами, залежно від сировини, методів переробки в технологічний газ і умов синтезу. Нині найважливішою сировиною є природний газ. При цьому тверде паливо також зберігає певну цінність як сировина. Розроблення процесу газифікації вугілля для отримання синтез-газу, з вмістом H_2 , CO_2 , CO , може змінити структуру сировинної бази виробництва метанолу, тим самим перетворивши несприятливе для транспортування вугілля на зручний для зберігання, транспортування та використання метанол.

Фізико-хімічні основи процесу. Синтез метанолу заснований на оборотних реакціях, що описуються рівняннями:

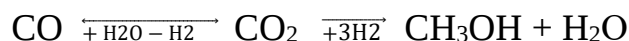


Реакції (1.1) і (1.2) екзотермічні та протікають зі зменшенням об'єму. Із цього випливає, що для досягнення максимальних значень виходу метанолу і значень виходу метанолу і ступеня перетворення синтез-газу необхідне ходимо проведення процесу за низьких температур і високих тисків.

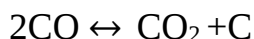
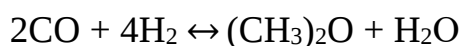
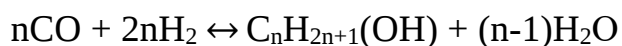
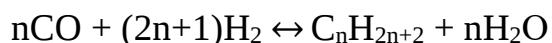
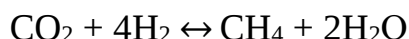
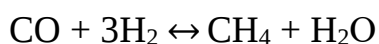
Групою дослідників інституту нафто-хімічного синтезу РАН експериментально доведено механізм синтезу метанолу з оксидів вуглецю, згідно з яким на оксидних каталізаторах (мідь-цинкоалюмінієвому і цинкохромовому) метанол утворюється з діоксиду вуглецю, який є у вихідному газі або утворюється

					ЛПЛА01 02 00 00003	Арк.
						9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

під час конверсії оксиду вуглецю водяною парою. Синтез метанолу з CO і H₂, відображається схемою



Для збільшення швидкості реакції необхідне підвищення температури. Вибравши оптимальний температурний режим, слід враховувати утворення побічних сполук: метану, вищих спиртів, кислот, альдегідів, кетанів та ефірів:



Ці реакції зумовлюють даремну витрату синтез-газу і роблять очищення метанолу дорожчим.

Застосовуваний для синтезу метанолу каталізатор має мати високу селективність, тобто максимально пришвидшувати утворення метанолу за одночасного пригнічення побічних реакцій. Для синтезу метанолу запропоновано багато каталізаторів. Найкращими є каталізатори, основним компонентом яких є оксидцинку або мідь.

На перших великих установках процес виконували за тиску приблизно 30 МПа на цинк-хромовому каталізаторі. З часом набули широкого поширення схеми синтезу за зниженого тиску на низьких температурних мідьвмісних каталізаторах.

Каталізатори дуже сприятливі до каталітичних речовин, тому 1-ою стадією процесу є очищення газу від сірчистих сполук. Сірчасті сполуки оборотно отруюють цинкхромові каталізатори, а мідьвмісні каталізатори навпаки необоротно. Необхідне також детальне очищення газу від карбонілу заліза, що створюється в результаті взаємодії оксиду вуглецю із залізом апаратур. На каталізаторі карбаніл заліза розщеплюється з виділенням елементного заліза, що призводить до утворенню метану.

					ЛПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

1.2 Опис технологічного процесу синтезу метанолу

На рисунку 1.1 наведена дещо спрощена технологічна схема синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони.

Синтез газ стиснутий до 32 МПа проходить очищення в масляному 1 і вугільному 2 фільтрах, після того перемішується з циркуляційним газом. Перемішаний газ, який пройшов кільцевий зазор між каталізаторною коробкою і корпусом колони синтезу 3, надходить в міжтрубний простір теплообмінника, який розташовано в нижній складовій колони. В теплообміннику 1 газ нагрівається до 330...340 °С і по центральній трубі, де розміщено електричний обігрівач 3, подається у верхню частину колони і проходить поступово п'ять шарів каталізатора. Після кожного шару каталізатора, окрім п'ятого, в колону вводять деяку кількість холодного циркуляційного газу для підтримання потрібної температури. Після п'ятого шару каталізатора газ надходить в теплообмінник, де охолоджується з 300...385 °С до 130 °С, а далі в холодильник-конденсатор типу «труба в трубі» 4. Де газ охолоджується до 30...35 °С і продукти синтезу конденсуються. Метанол-сирець відокремлюють в сепараторі 5 подають в збірник 7 і виводять на ректифікацію. Газ проходить 2-гий сепаратор для виділення крапель метанолу, компримірується до тиску синтезу турбо-циркуляційним компресором 6 і повертається на синтез.

Продувальні гази відбираються перед компресором і використовується як паливо разом із танковим газом.

Завдяки розміщенню теплообмінника в корпусі колони значно зменшуються втрати тепла в навколишнє середовище, покращуються автотермічні умови роботи установки та виключається наявність гарячих трубопроводів. Експлуатація стає безпечнішою, а загальні капітальні витрати зменшуються. Крім того, зменшення довжини трубопроводу зменшує опір системи та дозволяє використовувати турбоциркуляційні компресори замість поршневих компресорів..

					ЛПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

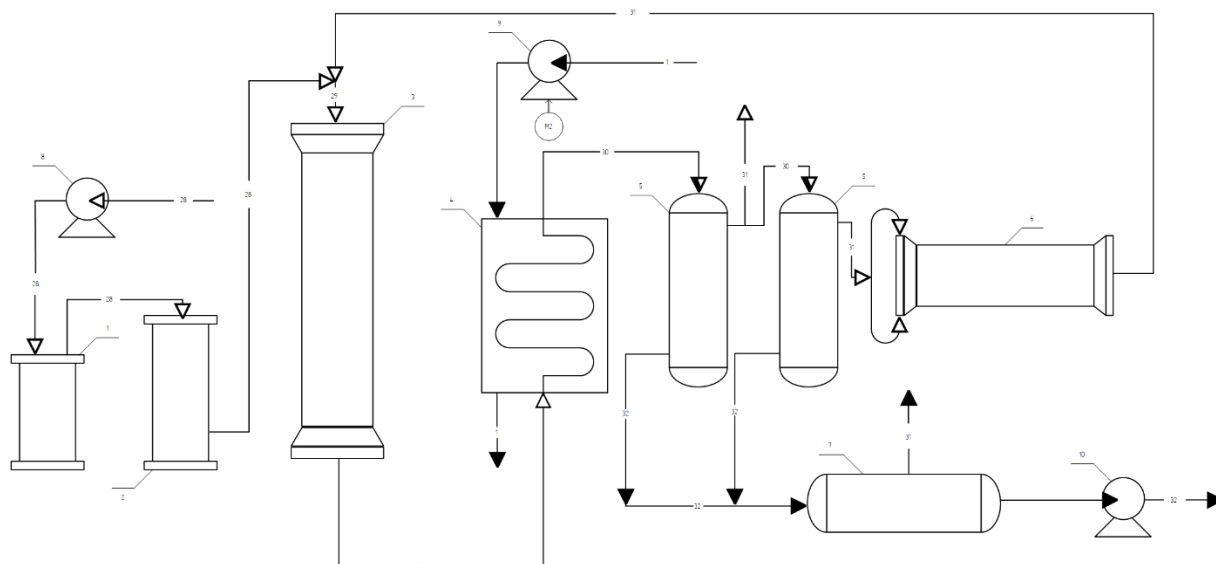


Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони.

Нумерація технологічного устаткування:

1– масляний фільтр; 2 – вугільний фільтр; 3 – колона синтезу; 4 – холодильник-конденсатор; 5 – сепаратор; 6 – компресор; 7 – збірник; 8 – насос вихідного газу; 9 – насос води; 10 – насос метанол- сирцю;

Нумерація трубопроводів:

28 – вихідний газ; 29 – змішаний газ ; 30 – продукти синтезу ; 31 – циркуляційний газ; 32 – метанол-сирець;

1.3 Постановка задач автоматизації процесу синтезу метанолу

Після ретельного аналізу технологічної схеми процесу синтезу метанолу з поєднаною насадкою колони були визначені наступні задачі, що забезпечують більш ефективну і безпечну роботу всіх елементів процесу:

- дослідження технологічного процесу і розробка схеми з системою аварійного захисту та технологічним блокуванням;
- розроблення принципової схеми віддаленого керування електромоторами і електроустаткуванням;
- розроблення принципової схеми контуру корегування технологічного показнику;
- створення монтажно-комутаційної схеми для підключення приладів у принципових електричних схемах;
- складання специфікації на елементи, пристрої та прилади до створених принципових схем.

Також важливо додати, що у схемі процесу виробництва метанолу, достатньо велика кількість важливих апаратів, та холодильник-конденсатор відіграє роль найважливішого апарату. Це викликано необхідністю переходу реактивів із газоподібного стану в рідкий, що є ключовою фазою синтезу метанолу-сирця. Крім того, холодильник-конденсатор відповідає за оптимізацію процесу для збільшення продуктивності, керування якістю продукту та забезпечення безпеки у виробництві. Завдяки своїй головній ролі, холодильник-конденсатор є базовим елементом, що забезпечує успішність цього процесу та визначає його результат.

					ЛПЛА01.02.00.000013	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат		13

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕТАНОЛУ

Схема автоматизації процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони наведена на кресленні ДПЛА01.02.01.000С2.

2.1 Опис фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва

Враховуючи аналіз технологічного процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони, його апаратного забезпечення та нормативів режиму потрібно забезпечити наступний рівень автоматизації виробництва:

- контроль та керування витрати вихідного газу на вході в насос вихідного газу 8;
- контроль і сигналізація тиску вихідного газу в масляному фільтрі 1;
- контроль і сигналізація тиску вихідного газу у вугільному фільтрі 2;
- контроль і сигналізація тиску змішаного газу в колоні синтезу 3;
- контроль і сигналізація температури змішаного газу в колоні синтезу 3;
- контроль та керування витрати води на вході в насос води 9;
- контроль і сигналізація температури змішаного газу в холодильнику-конденсаторі 4;
- контроль і сигналізація тиску продуктів синтезу в сепараторі 5;
- контроль і сигналізація тиску продуктів синтезу в сепараторі 5;
- контроль та керування рівню метанол-сирцю в збірнику 7;
- контроль та керування витрати метанол-сирцю на вході в насос метанол-сирцю 10;
- контроль і сигналізація тиску вихідного газу на вході в масляний фільтр 1;
- контроль і сигналізація тиску води на вході в холодильник-конденсатор 4;
- контроль і сигналізація тиску циркуляційного газу на виході з компресора 6;

					ЛПЛА01.02.01.000ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

- контроль і сигналізація тиску метанол-сирцю на виході з насосу метанол-сирцю 10;

Параметри контролю, керування та сигналізації надано у табл.2.1

Табл. 2.1 – Параметри сигналізації, контролю та керування виробництвом

№ пор	Назва фази процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Допустимі відхилення та норми технологічного режиму	Умови до рівня автоматизації (контроль, керування сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Вихідний газ, трубопровід	Витрата	–	контроль, керування
2	Вихідний газ, масляний фільтр 1	Тиск	32 МПа	контроль, сигналізація
3	Вихідний газ, вугільний фільтр 2	Тиск	32 МПа	контроль, сигналізація
4	Змішаний газ, колона синтезу 3	Тиск	32 МПа	контроль, сигналізація
5	Змішаний газ, колона синтезу 3	Температура	330...340 °С	контроль, сигналізація
6	Вода, трубопровід	Витрата	–	контроль, керування
7	Змішаний газ, холодильник-конденсатор 4	Температура	30...35 °С	контроль, сигналізація
8	Продукти синтезу, сепаратор 5	Тиск	30 МПа	контроль, сигналізація
9	Продукти синтезу, сепаратор 5	Тиск	30 МПа	контроль, сигналізація
10	Метанол-сирець, збірник 7	Рівень	–	контроль, керування
11	Метанол-сирець, трубопровід	Витрата	–	контроль, керування
12	Вихідний газ, трубопровід	Тиск	35 МПа	контроль, сигналізація
13	Вода, трубопровід	Тиск	38 МПа	контроль, сигналізація
14	Циркуляційний газ, трубопровід	Тиск	38 МПа	контроль, сигналізація
15	Метанол-сирець, трубопровід	Тиск	38 МПа	контроль, сигналізація

2.2 Опис схеми автоматизації технологічного процесу синтезу метанолу

У схемі автоматизації процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони маємо перелік контурів.

Контури контролю представляють та відповідають за керування, контроль та сигналізацію параметрів: витрата, рівень, тиск та температура .

Контур 1 представляє - керування витрати вихідного газу в трубопроводі на вході в насос вихідного газу 8 та має в собі ряд приладів: діафрагма камерна ДКС 0,6–150 (1-1); та дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення 13ДД11, мод. 720 (1-2); також прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний ФК0071 (1-3), і блок ручного управління, БРУ-7 (поз. 1-4), перетворювач сигналів Е/Р, Samson 3274 (поз. 1-5), регулювальний клапан, Samson 3274 (поз. 1-6).

Контур 2 представляє - контроль тиску вихідного газу в масляному фільтрі 1 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (2-1); та автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (2-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL1, HL2).

Контур 3 представляє - контроль тиску вихідного газу в вугільному фільтрі 2 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (3-1); також автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (3-2); та лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL3, HL4).

Контур 4 представляє - контроль тиску вихідного газу в колоні синтезу 3 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (4-1); також автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм

					ЛПЛА01.02.00.000013	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи	Дат		16

сигналізації ДИСК-250В4 (4-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL5, HL6).

Контур 5 представляє - контроль температури змішаного газу в колоні синтезу 3 та має в собі ряд приладів: термоперетворювач опору платиновий ТСП-1287 (5-1); та автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (5-2); лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL7, HL8).

Контур 6 представляє - керування витрати води в трубопроводі на вході в насос води 9 та має в собі ряд приладів: діафрагма камерна ДКС 0,6–150 (6-1); та дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення 13ДД11, мод. 720 (6-2); також прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний ФК0071 (6-3), і блок ручного управління, БРУ-7 (поз. 6-4), перетворювач сигналів Е/Р, Samson 3274 (поз. 6-5), регулювальний клапан, Samson 3274 (поз. 6-6)

Контур 7 представляє - контроль температури змішаного газу в холодильнику-конденсаторі 4 та має в собі ряд приладів: термоперетворювач опору платиновий ТСП-1288 (7-1); та перетворювач нормувальний П282 (7-2); аналого-цифровий перетворювач АЦП16 (7-3); також прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний ПКР.1П, з пристроєм пневматичної сигналізації (7-4); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL9, HL10).

Контур 8 представляє - контроль тиску продуктів синтезу в сепараторі 5 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (8-1); та автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (8-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL11, HL12).

Контур 9 представляє - контроль тиску продуктів синтезу в сепараторі 5 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску

					ЛПЛА01 02 00 00003	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		17

«Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (9-1); також автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (9-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL13, HL14).

Контур 10 представляє - керування рівню метанол-сирцю в збірнику 7 та має в собі ряд приладів: радарний рівнемір УЛМ-11 (10-1); і блок нормування сигналу радарного вимірювача рівня, ВМ70-Р (10-2), та мікропроцесорний регулятор, МІК-21 (поз. 10-3), блок ручного управління, БРУ-7 (поз. 10-4), перетворювач сигналів Е/Р, Samson 3274 (поз. 10-5), також регулювальний клапан, Samson 3274 (поз. 10-6), датчик положення клапану, Samson 3274 (10-7).

Контур 11 представляє - керування витрати метанол-сирцю в трубопроводі на вході в насос метанол-сирцю 10 та має в собі ряд приладів: діафрагма камерна ДКС 0,6–150 (11-1); та дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення 13ДД11, мод. 720 (11-2); і прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний ФК0071 (11-3), також блок ручного управління, БРУ-7 (поз. 11-4), перетворювач сигналів Е/Р, Samson 3274 (поз. 11-5), регулювальний клапан, Samson 3274 (поз. 11-6).

Контур 12 представляє - контроль і сигналізація тиску вихідного газу в трубопроводі на вході в масляний фільтр 1 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (12-1); та автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (12-2); лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL17, HL18).

Контур 13 представляє - контроль і сигналізація тиску води в трубопроводі на вході в холодильник-конденсатор 4 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (13-1); автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування

					ЛПЛА01 02 00 00003	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лам		18

квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (13-2); лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL21, HL22).

Контур 14 представляє - контроль і сигналізація тиску циркуляційного газу в трубопроводі на виході з компресора 6 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (14-1); автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (14-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL25, HL26).

Контур 15 представляє - контроль і сигналізація тиску метанол-сирцю в трубопроводі на виході з насоса метанол-сирцю 10 та має в собі ряд приладів: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску «Сапфир - 22ДИ», мод.2170 (15-1); також автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня та з пристроєм сигналізації ДИСК-250В4 (15-2); і лампи сигнальні світлодіодні (LED) з жовтими індикаторами (матриці) (HL27, HL28).

Контур дистанційного управління мотором (поз. М1) призначений для включення та відключення живлення від мотору кнопками та кулачковим перемикачем, і коли спрацьовує систем аварійного захисту 1Аз та технологічного блокування 2Тб настає повне відключення його від живлення. Також сюди належать інші технічні засоби: пускач магнітний (поз. МП1), перемикач кулачковий (SA1), червона кнопка «Стоп» (поз. SB1), зелена кнопка «Старт» (поз. SB2), сигнальна лампа червона світлодіодна (поз. HL16), сигнальна лампа зелена світлодіодна (поз. HL17).

Контур дистанційного управління мотором (поз. М2) призначений для включення та відключення живлення від мотору кнопками та кулачковим перемикачем, і коли спрацьовує систем аварійного захисту 2Аз та технологічного блокування 1Тб настає повне відключення його від живлення. Також сюди належать інші технічні засоби: пускач магнітний (поз. МП2), перемикач кулачковий (SA2), червона кнопка «Стоп» (поз. SB3), зелена кнопка «Старт» (поз.

					ЛПЛА01 02 00 00003	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лам		19

SB4), сигнальна лампа червона світлодіодна (поз. HL20), сигнальна лампа зелена світлодіодна (поз. HL21).

Контур дистанційного управління мотором (поз. M3) призначений для включення та відключення живлення від мотору кнопками та кулачковим перемикачем, і коли спрацьовує систем аварійного захисту 3Аз та технологічного блокування 1Тб настає повне відключення його від живлення. Також сюди належать інші технічні засоби: пускач магнітний (поз. МП3), перемикач кулачковий (SA3), червона кнопка «Стоп» (поз. SB5), зелена кнопка «Старт» (поз. SB6), сигнальна лампа червона світлодіодна (поз. HL24), сигнальна лампа зелена світлодіодна (поз. HL25).

Контур дистанційного управління мотором (поз. M4) призначений для включення та відключення живлення від мотору кнопками та кулачковим перемикачем, і коли спрацьовує систем аварійного захисту 4Аз та технологічного блокування 1Тб настає повне відключення його від живлення. Також сюди належать інші технічні засоби: пускач магнітний (поз. МП4), перемикач кулачковий (SA4), червона кнопка «Стоп» (поз. SB7), зелена кнопка «Старт» (поз. SB8), сигнальна лампа червона світлодіодна (поз. HL27), сигнальна лампа зелена світлодіодна (поз. HL28).

2.3 Розроблення принципової електричної схеми системи аварійного захисту й технологічного блокування електромоторів процесу синтезу метанолу

На рисунку 2.1 показано варіант фрагменту креслення принципової електричної схеми системи аварійного захисту та технологічного блокування електромоторів процесу синтезу метанолу з кодом ДПЛА01.02.02.000ЕЗ.

					ЛПЛА01.02.02.000ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лам		

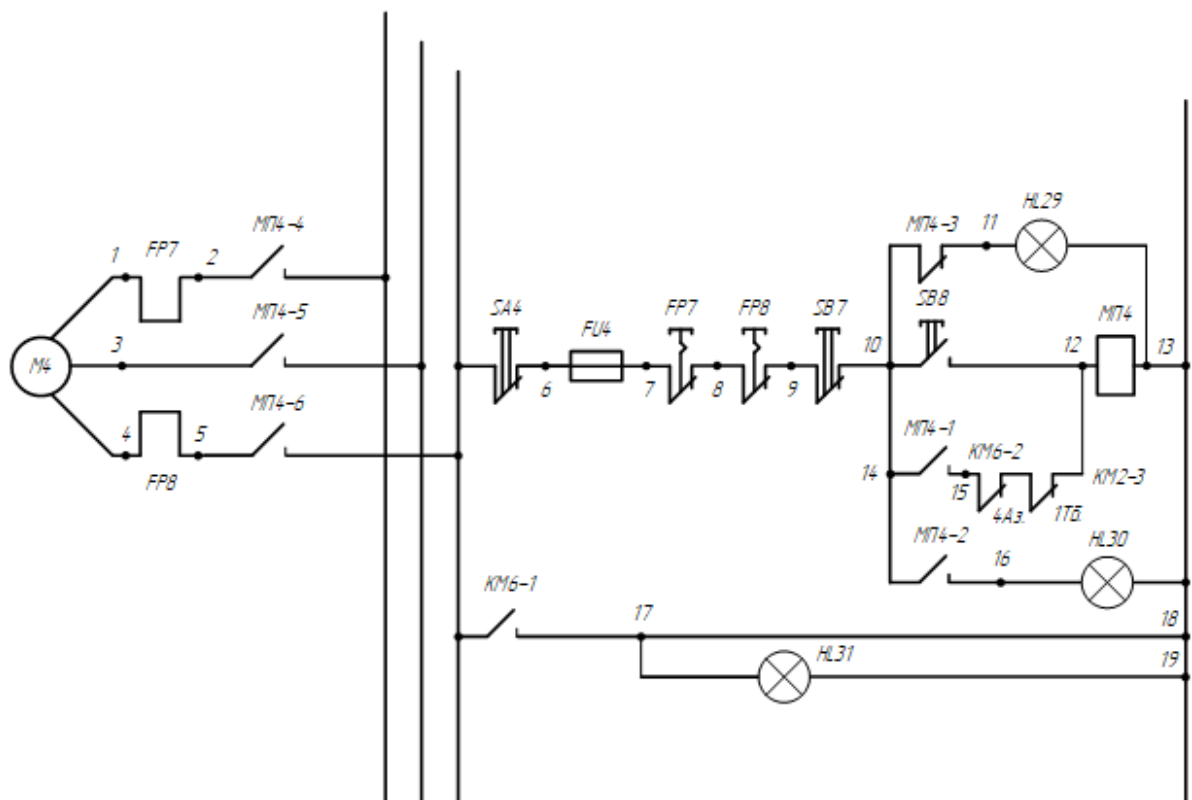


Рисунок 2.1 – Варіант фрагменту принципової електричної схеми системи аварійного захисту та технологічного блокування електродвигунів процесу синтезу метанолу.

Можна побачити як на схемі рис.2.1 побудовані контури дистанційного керування електродвигунами процесу синтезу метанолу. Зі схеми автоматизації для цих контурів було розроблено принципову електричну схему дистанційного управління електродвигунами МП1, МП2, МП3 та МП4.

Креслення принципової електричної схеми створене наступним чином:

Принципова електрична схема дистанційного управління електродвигунами створена і нарисована у неробочому стані, без живлення для електродвигунів та без подачі струму на електромагнітні пускачі МП1, МП2, МП3 та МП4 .

На цій схемі показані усі складові, що забезпечують безпеку експлуатації схеми. Цими складовими є :

- автоматичний вимикач (теплове реле), що реагує на максимальне показання струму на вході до обмоток електромоторів;
- перемикачі SA які відключають ланцюги принципової схеми керування від 3-фазної лінії живлення;
- плавкі запобіжники що забезпечують включення і вимикання живлення на електромагнітні пускачі МП1, МП2, МП3 та МП4;
- електричний ланцюг на принциповій електричній схемі містить пояснювальний напис про відповідне призначення складових, які розташовані і підключені у кожному ланцюгу.

Включення живлення електромоторів МП1, МП2, МП3 та МП4 відцентрових насосів на трубопроводах здійснюється за допомогою нормально розімкнутих контактів кнопок «ПУСК» (поз. SB2, SB4, SB6, SB8). Натискаючи ці кнопки, на електромагніти магнітних пускачів МП1, МП2, МП3 та МП4 подається струм, вони спрацьовують і у пускачів виникає замикання контактів МП1-4, МП1-5, МП1-6, МП2-4, МП2-5, МП2-6, МП3-4, МП3-5, МП3-6, МП4-4, МП4-5, МП4-6, через які направляється струм 3-фазного живлення на електромотори МП1, МП2, МП3 та МП4.

Натискаючи кнопки SB2, SB4, SB6, SB8 разом замикаються контакти МП1-1, МП2-1, МП3-1, МП4-1, контакти МП1-2, МП2-2, МП3-2, МП4-2 - розмикаються, що відповідно призводить саме до відключення сигнальних лампочок HL17, HL21, HL25, HL28 і у той же час за допомогою контактів МП1-3, МП2-3, МП3-3 та МП4-3 вмикаються сигнальні зелені лампочки HL16, HL20, HL24, HL27 , що свідчать про подачу живлення до електромоторів МП1, МП2, МП3 та МП4. Відпустивши, кнопки SB2, SB4, SB6, SB8 струм до магнітних пускачів МП1, МП2, МП3, МП4 потрапляє через замкнені контакти МП1-2, МП2-2, МП3-2, МП4-2, що підключені паралельно з кнопками SB1, SB3, SB5, SB7. Нормально розімкнутими контактами є: МП1-1, МП2-1, МП3-1, МП4-1, МП1-3, МП2-3, МП3-3, МП4-3.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Також нормально замкненими контактами показані контакти МП1-2, МП2-2, МП3-2, МП4-2.

Контакти: МП1-1, МП1-2, МП1-3, МП2-1, МП2-2, МП2-3, МП3-1, МП3-2, МП3-3, МП4-1, МП4-2, МП4-3, показані на схемі відповідно до правила № 1 з побудування принципової електричної схеми, наведеним вище за текстом.

У принциповій електричній схемі контакти МП1-1, МП2-1, МП3-1, МП4-1, МП1-3, МП2-3, МП3-3, МП4-3, а також МП1-4, МП1-5, МП1-6, МП2-4, МП2-5, МП2-6, МП3-4, МП3-5, МП3-6, МП4-4, МП4-5, МП4-6 замикаються водночас, якщо натиснуті кнопки SB2, SB4, SB6, SB8 та залишаються замкненими після їхнього відпускання. Контакти МП1-2, МП1-3, МП2-2, МП2-3, МП3-2, МП3-3, МП4-2, МП4-3 розмикаються водночас, якщо натиснуті кнопки SB1, SB3, SB5, SB7 та і залишаються замкненими після їхнього відпускання..

За допомогою нормально замкнених контактів кнопок «СТОП» (поз. SB1, SB3, SB5, SB7) здійснюється вимкнення живлення електромоторів МП1, МП2, МП3 та МП4. При натисненні цих кнопок - роз'єднуються ланцюги через контакти МП1-1, МП2-1, МП3-1 та МП4-1 для струму на електромагніт магнітних пускачів МП1, МП2, МП3 та МП4, що призводить до їх відключення та водночас розімкнення контактів магнітних пускачів МП1-4, МП1-5, МП1-6, МП2-4, МП2-5, МП2-6, МП3-4, МП3-5, МП3-6, МП4-4, МП4-5, МП4-6, через їх передбачається надходження 3-фазного живлення до електромоторів МП1, МП2, МП3 та МП4. Разом розмикаються і контакти МП1-1, МП2-1, МП3-1, МП4-1 що мають паралельне підключення з кнопками SB2, SB4, SB6 та SB8 й розмикаються контакти МП1-3, МП2-3, МП3-3, МП4-3, які зможуть відключати струм на лампочки сигнальні HL16, HL20, HL24, HL27. При натисненні і відпусканні кнопок SB1, SB3, SB5, SB7 зможуть замикатися контакти МП1-2, МП2-2, МП3-2, МП4-2 і вмикатися червоні лампочки сигнальні HL17, HL21, HL25, HL28, що вкажуть на вимкнення живлення електромоторів МП1, МП2, МП3 та МП4. Кнопки «СТОП» : SB1, SB3, SB5 та SB7 та кнопки «ПУСК»: SB2, SB4, SB6, SB8 за

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

допомогою магнітних пускачів МП1, МП2, МП3, МП4 забезпечують вимкнення та увімкнення живлення електромоторів МП1, МП2, МП3, МП4.

2.4 Опис принципової електричної схеми системи, яка забезпечує технологічне блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів у разі аварійної ситуації у процесі синтезу метанолу

Принципова електрична схема системи, яка забезпечує технологічне блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів у разі аварійної ситуації у процесі синтезу метанолу подана на рисунку 2.2.

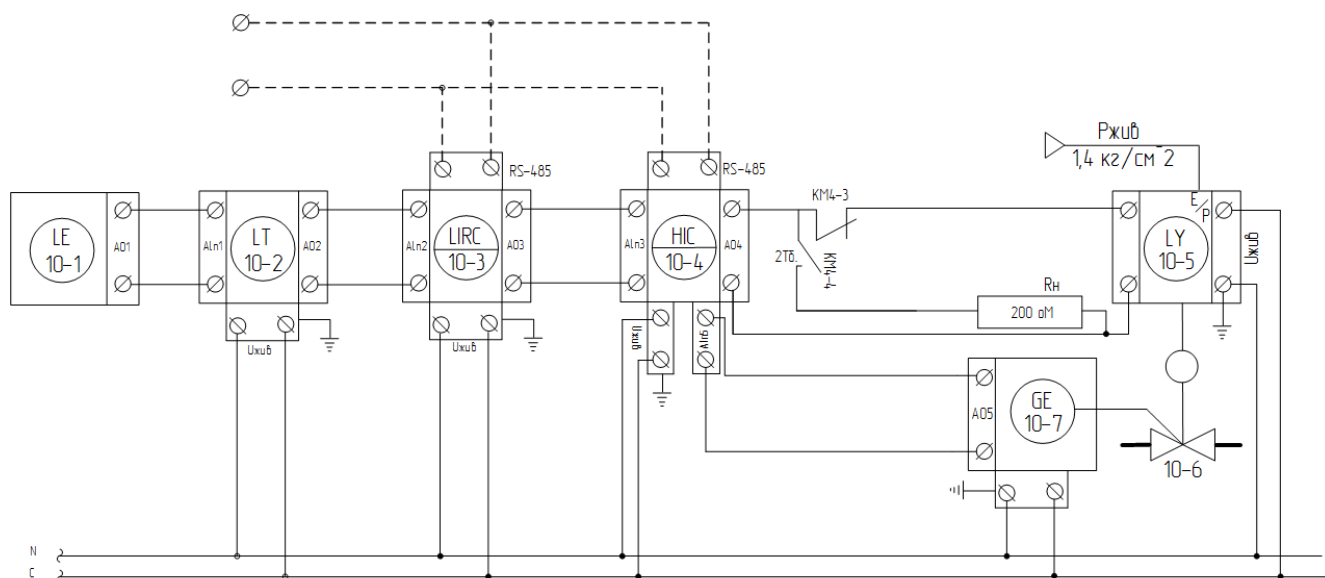


Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема системи, яка забезпечує технологічне блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів у разі аварійної ситуації у процесі синтезу метанолу

Повне креслення схеми під кодом ДПЛА01.02.04.000ЕЗ.

Правилом технологічного блокування регулювальних клапанів є те: якщо вийшов з ладу один з наявних насосів, під'єднаних до інших насосів або до трубопроводу, під'єднаний насос потрібно відключити від насоса силового та клапана регулюючого, для того щоб запобігти збоям у виробництві продукту і забезпечити безпеку персоналу, що близько перебуває біля несправного насоса і трубопроводу, до якого насос під'єднаний, він повинен бути закритий.

1. Коли здійснюється виконання технологічного процесу агрегату синтезу з поєднаною насадкою колони потрібно підтримувати встановленні: рівні сумішей,

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

температур та витрат щоб забезпечити належний ефективний теплообмін, нейтралізацію й сепарацію.

2. На виробництві завжди можуть статися нещасні випадки. У таких випадках для зупинки процесу необхідно розробити систему, яка технічно перериває вихідний сигнал автоматичного регулятора, встановленого в трубопроводі, в разі аварійної ситуації.

3. Система автоматичних технологічних блокувань має забезпечити певні дії у контурах управління:

- При аварійній зупинці відцентрового насоса з електродвигуном МП2 клапан (поз. 10-6) повинен бути перекритий згідно з технічним положенням техпроцесу.
- Вимкнення у контурах керування приладів або технічних засобів автоматизації з технічних причин здійснюється за допомогою системи автоматичних технологічних блокувань яка повинна діяти одночасно з системою протиаварійного захисту.
- Робота системи автоматичного технічного відключення повинна здійснюватися на базі електромагнітного реле, призначеного для аварійного захисту електродвигуна МП2.

Можна зробити висновок, що функція з технологічного блокування 2Т6 виконується за допомогою контакту електромагнітного реле КМ4, вихідний сигнал, автоматичного регулятора після блоку ручного керування переходить на сталий постійний опір у 200 Ом, відповідно до рекомендацій виробника БРУ-7 МІКРОЛ блоків ручного керування.

Регулюючий клапан (поз. 10-7) має мати будову нормально закритого клапану, для того щоб повною мірою закрити технологічний трубопровід при переході вихідного сигналу автоматичного регулятора на постійний сталий опір у 200 Ом.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

2.5 Опис монтажної комутаційної електричної схеми електродвигунів технологічного процесу синтезу метанолу

Зображення монтажної комутаційної електричної схеми електродвигунів процесу синтезу метанолу можна побачити на рисунку 2.3.

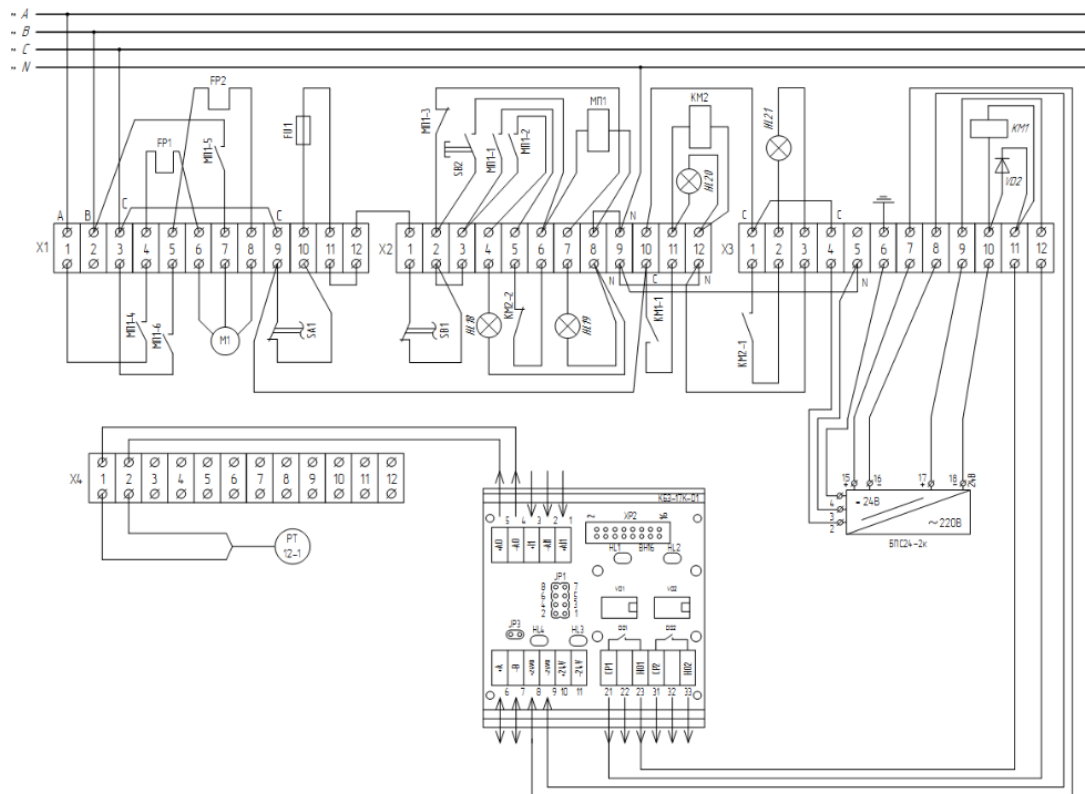


Рисунок 2.3 – Монтажна комутаційна електрична схема електродвигунів процесу синтезу метанолу.

Повне креслення під кодом ДПЛА01.02.05.000ЕЗ.

Монтажну комутаційну схему з'єднань системи дистанційного управління та аварійного захисту електродвигуном було створенно у відповідності до принципової електричної схеми дистанційного управління та аварійного захисту електродвигунів.

Щоб виконати монтажні роботи засобів технічної автоматизації за принциповою електричною схемою складається відповідна монтажна схема, на якій показано порядок з'єднання між собою наступних елементів схеми: Наприклад, за принциповою схемою електродвигуна МП1:

					ЛПЛА01.02.05.000ЕЗ	Арк. 26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

- автоматичні вимикачі струму FP1 та FP2;
- контакти пускача магнітного МП1-4, МП1-5 та МП1-6;
- перемикач SA1, що має підключення ланцюга живлення до магнітного пускача МП2 та інших складових схеми;
- запобіжника плавкого FU1;
- кнопки «СТОП» SB1;
- кнопки «ПУСК» SB1;
- нормально замкненого контакту МП1-2 і сигнальної червоної лампочки HL18;
- електромагніт пускача магнітного МП1;
- контакту нормально розімкнутого МП1-1;
- контакту нормально замкненого КМ2-2, що здійснює функцію 2Аз у системі аварійного захисту електродвигуна МП1 у аварійній ситуації;
- контакту нормально замкненого КМ1-1, який здійснює функцію 2Тб у системі технологічних блокувань електродвигуна МП1 у аварійній ситуації;
- контакту нормально розімкнутого МП1-3 та сигнальної зеленої лампочки HL19;
- контакту нормально розімкнутого КМ2-1 та електромагніт реле КМ4 з системи аварійного захисту;
- ланцюга підключення сигнальної червоної лампочки HL20 про аварійну ситуацію;
- контакту КМ2-1 та сигнальної червоної лампочки HL21 про спрацьовування системи аварійного захисту;
- двоканальний блок живлення БПС24-1К;
- реле електромагнітне КМ1;
- діода VD2;
- клеми плати КБЗ-17К-01 до блока живлення БПС24-2К;
- технічного засобу з контролю тиску РТ (поз. 12-1) до клем плати КБЗ-17К-01;

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

- ланцюга заземлення блока живлення БПС24-2К.

Дані складові підключаються до клемних колодок для з'єднання ланцюгів. Такі монтажні схеми з'єднань створюються на основі використання клемників і наступних правил зображення монтажних з'єднань елементів з монтажних схем:

1. Креслення монтажно-комутаційної схеми здійснюється в не робочому стані;
2. Кожна клема клемної колодки повинна являти собою лише з'єднання двох з'єднувальних провідників між відповідними елементами схеми (якщо провідники закріплені гвинтами та пружинними кріпленнями);
3. Повинна використовуватися необхідна кількість відповідних клемних колодок для монтажно-комутаційної схеми.

2.6 Розрахунок точності вимірювального каналу

Точність вимірювання є основним показником якості вимірювання та ступеня досконалості засобів вимірювання засобів. У першому випадку точність вимірювання відображає, наскільки результат вимірювання наближений до дійсного значення вимірюваної величини, тобто такого значення, яке ідеально відображає певні властивості об'єкта. По-друге, точність вимірювання — це властивість ЗВТ, яка визначає, наскільки близьке вимірювання ЗВТ до справжнього значення вимірювання. На відміну від істинного значення фізичної величини, яке принципово не піддається вимірюванню через межі дискретності речовини і енергії, істинним (умовно-істинним) значенням фізичної величини вважається величина, визначена дослідним шляхом. [5].

Для розрахунку спочатку необхідно проаналізувати схему розрахованого контуру контролю. Схема автоматичної сигналізації та контролю граничних значень температури змішаного газу в холодильнику-конденсаторі:

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

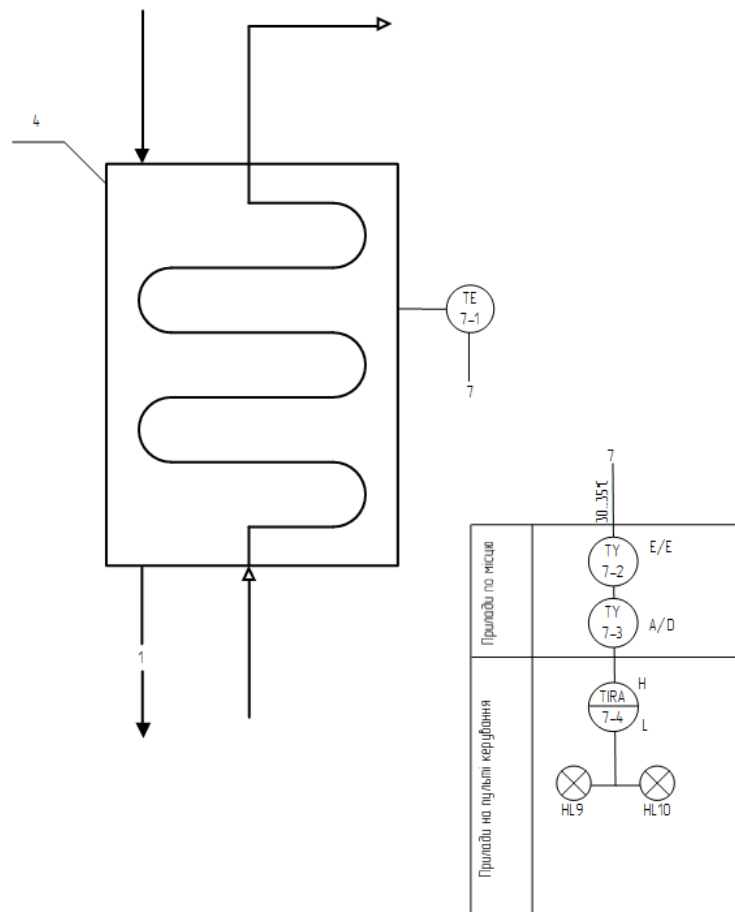


Рисунок 2.4 – Схема автоматичної сигналізації та контролю граничних значень температури змішаного газу в холодильнику-конденсаторі.

Позначення на схемі: (7-1) термоперетворювач опору платиновий; (7-2) перетворювач нормувальний; (7-3) перетворювач аналого-цифровий; (7-4) вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний прилад з пристроєм сигналізації; (HL9, HL10) лампи з жовтими індикаторами (матриці) сигнальні світлодіодні (LED).

Схема структурна вимірювального каналу зображена:

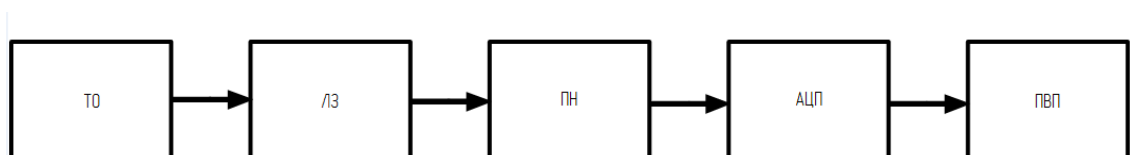


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення структури вимірювального каналу

де ТО – термоперетворювач опору; ЛЗ – лінії зв'язку; ПН – нормувальний перетворювач; АЦП – перетворювач аналого-цифровий; ПВП – прилад вторинний пневматичний.

Обрано наступні засоби вимірювання:

- платиновий термоперетворювач опору ТСП-1288, НСХ 50П, має діапазон вимірювання $(-50)...60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{max}} = 25\text{ МПа}$, з наступною довжиною монтажної частини 200...3150 мм, захисною арматурою – сталь 8Н10Т; також інерційність 30с, та клас допуску 2 ;
- лінії зв'язку з класом точності 0,4;
- нормувальний перетворювач П282, з вхідними сигналами: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М та ТП НСХ В, К, L, S, R; з наступним класом точності 0,4 (0,5) – це залежить від діапазону вимірювання ТО та ТП; $I_{\text{вих}} = 0...5\text{ (4...20 мА)}$, $U_{\text{вих}} = 0...10\text{ В}$;
- модуль аналого-цифрового перетворювача АЦП16 здійснює перетворення в цифрову форму 16 вхідних уніфікованих сигналів гальванічно розділених 0...5 мА ($R_{\text{вх}}=400\text{ Ом}$), 0(4)...20 мА ($R_{\text{вх}}=100\text{ Ом}$), 0...10 В ($R_{\text{вх}} > 10\text{ кОм}$); АЦП має таку розрядність – 12 розрядів, з способом перетворення подвійне інтегрування; також гранично допустима похибка перетворення аналогового сигналу в цифровий $\pm 0,25\%$;
- пневматичний вторинний прилад реєструвальний та показувальний, ПКР.1П, з пристроєм пневматичної сигналізації та класом точності 1, $P_{\text{вх}} = 20...100\text{ кПа}$, $P_{\text{живл}} = 140\text{ кПа}$.

Розрахувати загальну похибку (довірча ймовірність прийнята рівною 0,95) розробленого каналу вимірювання для автоматичного контролю та передачі сигналу граничних параметрів температури змішаного газу в холодильнику-конденсаторі та мати відповідні вимірювальні характеристики.

З класом допуску B для термоперетворювача опору - гранично допустиме відхилення опору знаходиться діапазоні вимірювання від - 220 до 1100 $^{\circ}\text{C}$

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

визначається за таким виразом $\pm(0,3 + 0,005 |t|)$. Тому абсолютна допустима похибка ТО ТСП-1288:

$$\Delta t_{\text{доп}} = \pm (0,3 + 0,005 \times |35|) = 0,475 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Відповідно з довірчої ймовірності $P_d = 0,95$, маємо розрахувати для кожного елемента середньо-квадратичну похибку (з абсолютних значень із даного виразу $\Delta_{0,95} = K_{H0,95}\sigma$).

Похибка середньоквадратична для ТО матиме вигляд:

$$\sigma_{\text{ТО}} = \frac{\Delta t_{\text{допТО}}}{K_{H0,95}} = \frac{0,475}{1,96} = 0,24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Здійснюємо визначення середньоквадратичної похибки та абсолютної граничнодопустимої похибки для ліній зв'язку:

$$\Delta t_{\text{допЛЗ}} = \frac{K_{\text{ТЛЗ}} t_{\text{вим. max}}}{100} = \frac{0,4 \cdot 35}{100} = 0,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\text{ЛЗ}} = \frac{\Delta_{\text{допЛЗ}}}{K_{H0,95}} = \frac{0,14}{1,96} = 0,0714 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Здійснюємо визначення середньоквадратичної похибки та абсолютної граничнодопустимої похибки для ПН:

$$\Delta t_{\text{допПН}} = \frac{K_{\text{ТПН}} t_{\text{вим. max}}}{100} = \frac{0,5 \cdot 35}{100} = 0,175 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\text{ПН}} = \frac{\Delta_{\text{допПН}}}{K_{H0,95}} = \frac{0,175}{1,96} = 0,0893 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Здійснюємо визначення середньоквадратичної похибки та абсолютної граничнодопустимої похибки для АЦП :

$$\Delta t_{\text{допАЦП}} = \frac{K_{\text{ТАЦП}} t_{\text{вим. max}}}{100} = \frac{0,25 \cdot 35}{100} = 0,0875 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_{\text{АЦП}} = \frac{\Delta_{\text{допАЦП}}}{K_{H0,95}} = \frac{0,0875}{1,96} = 0,045 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

					ЛПЛА01 02 00 00003	Арк.
						31
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Здійснюємо визначення середньоквадратичної похибки та абсолютної граничнодопустимої похибки для ПВП:

$$\Delta t_{\text{допПВП}} = \frac{K_{\text{тПВП}} \text{ДВ}}{100} = \frac{1 \cdot (60 - (-50))}{100} = 1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\sigma_{\text{ПВП}} = \frac{\Delta_{\text{допПВП}}}{K_{\text{Н0,95}}} = \frac{1,1}{1,96} = 0,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Здійснюємо розрахування середньоквадратичної й абсолютної похибки каналу вимірювального :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ВК}} &= \sqrt{\sigma_{\text{ТО}}^2 + \sigma_{\text{ЛЗ}}^2 + \sigma_{\text{ПН}}^2 + \sigma_{\text{АЦП}}^2 + \sigma_{\text{ПВП}}^2} = \\ &= \sqrt{0,24^2 + 0,0714^2 + 0,0893^2 + 0,045^2 + 0,56^2} = 0,62 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Здійснюємо розрахування граничнодопустимої абсолютної похибки вимірювального каналу:

$$\Delta t_{\text{допВК}} = \pm K_{\text{Н0,95}} \sigma_{\text{ВК}} = \pm 1,96 \cdot 0,62 = \pm 1,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

та зведену граничнодопустиму похибку каналу вимірювального:

$$\gamma_{\text{допВК}} = \pm \frac{\Delta t_{\text{допВК}}}{\text{ДВ}} \cdot 100\% = \pm \frac{\pm 1,22}{(60 - (-50))} \cdot 100\% = \pm 1,109 \%$$

Отже, досліджений та проаналізований вимірювальний канал відповідає класу точності 1,5, а значення дійсне виміряної температури $t_{\text{д}} = t_{\text{вим}} \pm 1,22 \text{ } ^\circ\text{C}$ з ймовірністю $P_{\text{д}} = 0,95$.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИК-КОНДЕНСАТОРА

3.1 Дослідження та аналіз об'єкта автоматичного керування

На схемі процесу виробництва метанолу, холодильник-конденсатор втілює роль найважливішого обладнання. Це пов'язано з тим, що реагенти мають бути переведені з газоподібного стану в рідкий, що є критичним кроком у синтезі метанолу-сирця. Крім того, холодильник-конденсатор відіграє роль у контролі якості продукції, оптимізації процесів для підвищення продуктивності та забезпечення безпеки виробництва. Завдяки своїй головній ролі, холодильник-конденсатор є базовим та основним елементом, який забезпечує успіх цього процесу та визначає його загальний результат.

Холодильник-конденсатор являє собою кожухотрубний теплообмінник, який складається з внутрішньої трубної решітки, через яку проходить охолоджуючий матеріал, і зовнішньої сорочки, через яку проходить охолоджуючий матеріал через проміжки між трубами. У цьому випадку охолоджуюча речовина виступає очищені продукти синтезу після колони синтезу, а холодоагентом - вода, яка циркулює у міжтрубному просторі.

Крім того, холодильник-конденсатор відповідає за контроль та регулювання складових реакції: температура і тиск, які є основним факторами для досягнення найвищої якості метанолу. Ще він дозволяє оптимізувати процес виробництва для збільшення продуктивності та зменшення витрат ресурсів.

Загалом нормальна робота та ефективність конденсатора має значний вплив на загальну продуктивність та якість виробництва метанолу. Його роль у цьому процесі незаперечна, а відповідальність за правильну експлуатацію цього обладнання визначає успіх виробництва метанолу.

На рисунку 3.1 можемо побачити розрахункову схему холодильника-конденсатора з позначеннями відповідних технологічних параметрів:

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

1. F_p – витрата очищених продуктів синтезу на вході до холодильника-конденсатора;
2. F_w – витрата води на охолодження очищених продуктів синтезу у міжтрубному просторі холодильника-конденсатора;
3. t_{p1} , t_{p2} – температури очищених продуктів синтезу на вході до холодильника-конденсатора та на виході з нього відповідно;
4. C_p , C_k – теплоємність метанолу-сирцю;
5. C_w – теплоємність води;
6. t_{w1} , t_{w2} – температури води на вході до холодильника-конденсатора та на виході з нього відповідно;

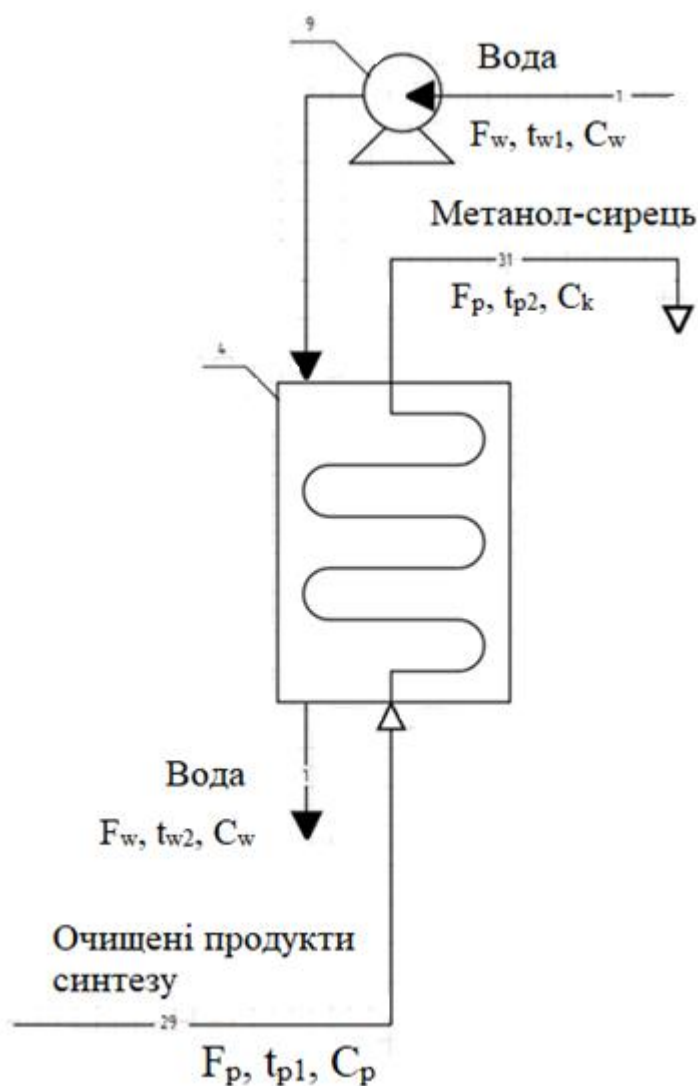


Рисунок 3.1 – Схема розрахункова холодильника-конденсатора

При моделюванні статичного та динамічного режимів конденсатора холодильника були зроблені наступні припущення:

1. Параметри об'єкта зосереджені;
2. Витрата очищених продуктів синтезу на вході в холодильник залишається незмінною в часі;
3. Теплоємність очищених продуктів синтезу і води незмінюється при зміні температури;

3.2 Моделювання статичного режиму роботи

По-перше, необхідно скласти тепловий баланс щоб змоделювати статичну характеристику об'єкта.

У таблиці 3.1 містяться числові значення та одиниці виміру всіх технологічних параметрів:

Таблиця 3.1 – Вхідні та вихідні значення технологічних параметрів процесу синтезу метанолу

№	Назви параметрів	Умовні позначення	Числові значення	Одиниці вимірювання
1	Температура очищених продуктів синтезу на вході	t_{p1}	377	К
2	Температура води на вході	t_{w1}	289	К
3	Витрата метанолу-сирцю	F_p	0.344	кг/с
4	Витрата води	F_w	0.485	кг/с
5	Теплоємність метанолу сирцю	C_p, C_k	1450	Дж/(кг · К)
6	Теплоємність води	C_w	4200	Дж/(кг · К)
7	Коефіцієнт теплопередачі	K	390	Вт/(м ² · К)
8	Площа поверхні теплообміну	S	9	м ²

Завдання полягає у тому, щоб регулювати температуру метанолу-сирцю на виході із холодильника-конденсатора за допомогою подачі води у міжтрубний простір холодильника-конденсатора. Розглянемо наступні входи та виходи:

Вхід: F_w – витрата води у холодильнику-конденсаторі;

Вихід: t_{p2} – температура метанолу-сирцю на виході з холодильника-конденсатора;

Збурення: t_{w1} – температура води, що подається у міжтрубний простір;

F_p – витрата очищених продуктів синтезу на вході у холодильник-конденсатор;

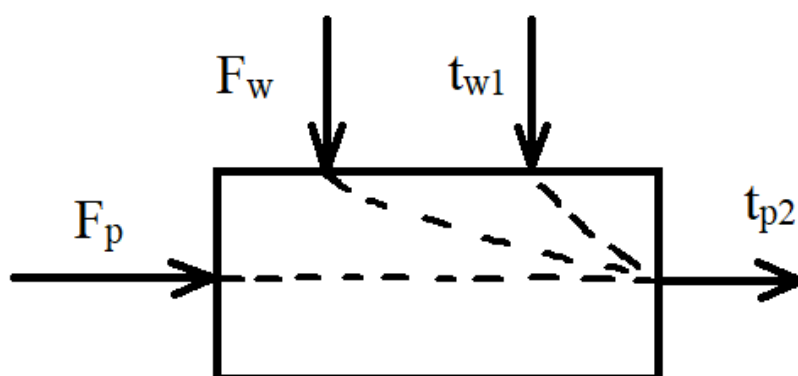


Рисунок 3.2 – Структурно-параметрична схема холодильника-конденсатора

Вимоги теплового балансу трубного простору:

$$Q_{in} - Q_{out} - Q_{ex} = 0$$

де кількість тепла, яка віддається очищеними продуктами синтезу:

$$Q_{in} = F_p \cdot C_k \cdot t_{p1}$$

кількість тепла, яка отримує метанол-сирець:

$$Q_{out} = F_p \cdot C_k \cdot t_{p2}$$

кількість тепла, яке забирає вода у міжтрубному просторі:

$$Q_{ex} = K \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2})$$

α – коефіцієнт теплопередачі,

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

S – площа поверхні теплообміну.

Вимоги теплового балансу води у міжтрубному просторі:

$$Q_{w1} + Q_{ex} - Q_{w2} - Q_{loss} = 0$$

де кількість тепла, яку виділяє вода у міжтрубний простір холодильника-конденсатора:

$$Q_{w1} = F_w \cdot t_{w1} \cdot C_w$$

кількість тепла, яку вбирає вода при циркуляції у міжтрубному просторі холодильника-конденсатора:

$$Q_{w2} = F_w \cdot t_{w2} \cdot C_w$$

кількість тепла, яка відходить у навколишнє середовище через зовнішню оболонку холодильника-конденсатора:

$$Q_{loss} = 0.2 \cdot C_{ex}$$

Підставивши всі величини у систему рівнянь маємо:

$$\begin{cases} F_p \cdot C_k \cdot t_{p1} - F_p \cdot C_k \cdot t_{p2} - K \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2}) = 0 \\ F_w \cdot t_{w1} \cdot C_w + K \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2}) - F_w \cdot t_{w2} \cdot C_w - 0.2 \cdot K \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2}) = 0 \end{cases}$$

З рівняння виражаємо температуру t_{w2} :

$$t_{w2} = \frac{F_w \cdot t_{w1} \cdot C_w + 0.8 \cdot K \cdot S \cdot t_{p2}}{0.8 \cdot K \cdot S + F_w \cdot C_w}$$

Підставивши вираз у рівняння маємо:

$$F_p \cdot C_k \cdot t_{p1} - F_p \cdot C_k \cdot t_{p2} - K \cdot S \cdot \left(t_{p2} - \frac{F_w \cdot t_{w1} \cdot C_w + 0.8 \cdot K \cdot S \cdot t_{p2}}{0.8 \cdot K \cdot S + F_w \cdot C_w} \right) = 0$$

Виражаємо з рівняння значення температури метанолу-сирцю на виході t_{p2} :

$$t_{p2} = \frac{F_p \cdot C_k \cdot t_{p1} \cdot K \cdot S \cdot \frac{F_w \cdot t_{w1} \cdot C_w}{0.8 \cdot K \cdot S + F_w \cdot C_w}}{F_p \cdot C_k \cdot K \cdot S - K \cdot S \cdot \frac{0.8 \cdot K \cdot S}{0.8 \cdot K \cdot S + F_w \cdot C_w}}$$

На рисунку 3.3 відображено характеристику за каналом «витрата води – температура метанолу-сирцю»

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

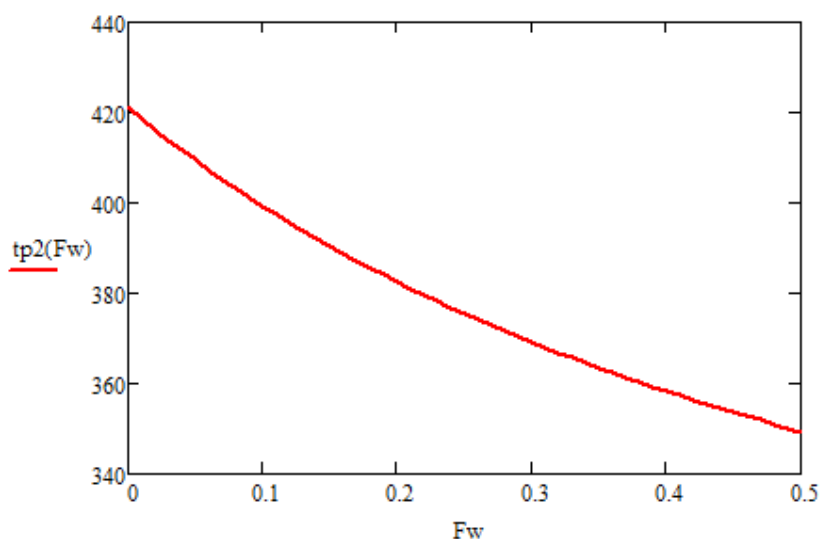


Рисунок 3.3 – Статична характеристика за каналом «витрата води – температура метанолу-сирцю»

У таблиці 3.2 подані точки статичного режиму каналу «витрата води – температура метанолу-сирцю»:

Таблиця 3.2 – Точки статичного режиму

Витрата води, F_w , Кг/с	Температура метанолу-сирцю, t_{p2} , °К
0.05	351.571
0.1	342.357
0.15	337.597
0.2	334.691
0.25	332.732
0.3	331.322
0.35	330.258
0.4	329.428
0.45	328.761

На рисунку 3.4 відображено статичну характеристику за каналом «температура води на вході – температура метанолу-сирцю на виході»:

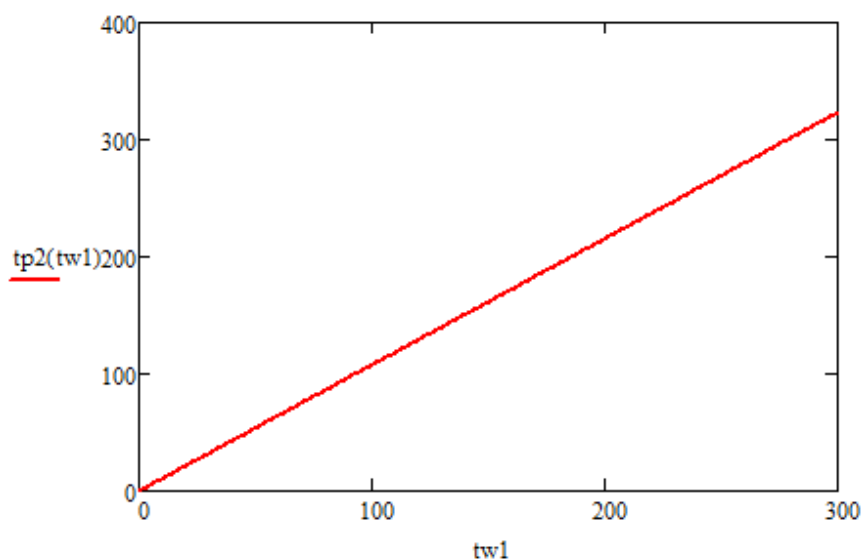


Рисунок 3.4 – Статична характеристика за каналом «температура води на вході – температура метанолу-сирцю на виході»

У таблиці 3.3 подані точки статичного режиму каналу «температура води на вході – температура метанолу-сирцю на виході»:

Таблиця 3.3 – Точки статичного режиму

Температура води, t_{w1} , °К	Температура метанолу-сирцю, t_{p2} , °К
73.067	28.3
97.733	56.6
122.4	84.9
147.067	113.2
171.734	141.5
196.401	169.8
221.067	198.1
245.734	226.4
270.401	254.7
295.068	283

3.3 Моделювання динамічного режиму роботи

Потрібно надати додаткові технологічні складові для моделювання динамічного режиму:

Об'єм метанолу-сирцю у трубному просторі холодильника-конденсатора:

$$V_p = 0.75 \text{ м}^3$$

Об'єм води в міжтрубному просторі холодильника-конденсатора:

$$V_w = 0.5 \text{ м}^3$$

Площа поверхні теплообміну в холодильнику-конденсаторі:

$$S = 9 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт теплопередачі від метанолу-сирцю до води через стінки труб:

$$\alpha = 101 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Записуємо рівняння динаміки для трубного простору:

$$F_p \cdot C_p \cdot t_{p1} - F_p \cdot C_k \cdot t_{p2} - \alpha \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2}) = C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \frac{dt_{p2}}{dt}$$

де:

V_p – об'єм метанолу-сирцю в трубному просторі холодильника-конденсатора;

ρ_p – густина метанолу-сирцю.

Рівняння динаміки міжтрубного простору має наступний вигляд:

$$F_w \cdot C_w \cdot t_{w1} + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot (t_{p2} - t_{w2}) - F_w \cdot C_w \cdot t_{w2} = C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \frac{dt_{w2}}{dt}$$

де:

V_w – об'єм води в міжтрубному просторі холодильника-конденсатора;

ρ_w – густина води.

Наведемо лінеаризацію рівняння динаміки трубного простору:

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

$$\Delta F_p \cdot C_p \cdot t_{p1} - \Delta F_p \cdot C_k \cdot t_{p2} - F_p \cdot C_k \cdot \Delta t_{p2} - \alpha \cdot S \cdot (\Delta t_{p2} - \Delta t_{w2}) = C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \frac{d\Delta t_{p2}}{dt}$$

Наведемо лінеаризацію рівняння динаміки міжтрубного простору:

$$\Delta F_w \cdot C_w \cdot t_{w1} + F_w \cdot C_w \cdot \Delta t_{w1} + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot (\Delta t_{p2} - \Delta t_{w2}) - \Delta F_w \cdot C_w \cdot t_{w2} - F_w \cdot C_w \cdot \Delta t_{w2} = C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \frac{d\Delta t_{w2}}{dt}$$

Зробимо перетворення за Лапласом для рівняння динаміки трубного простору:

$$C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot p \cdot t_{p2}(p) + F_p \cdot C_k \cdot t_{p2}(p) + \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) = t_{p1} \cdot C_p \cdot F_p(p) - t_{p2} \cdot C_k \cdot F_p(p) + \alpha \cdot S \cdot t_{w2}(p)$$

Робимо перетворення за Лапласом для рівняння динаміки міжтрубного простору:

$$C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \cdot p \cdot t_{w2}(p) + F_w \cdot C_w \cdot t_{w2}(p) + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot t_{w2}(p) = t_{w1} \cdot C_w \cdot F_w(p) + F_w \cdot C_w \cdot t_{w1}(p) + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) - t_{w2} \cdot C_w \cdot F_w(p)$$

З рівняння виражаємо $t_{w2}(p)$:

$$t_{w2}(p) = \frac{t_{w1} \cdot C_w \cdot F_w(p) + F_w \cdot C_w \cdot t_{w1}(p) + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) - t_{w2} \cdot C_w \cdot F_w(p)}{C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \cdot p + F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S}$$

Підставляємо отримане вище значення $t_{w2}(p)$ у рівняння:

$$C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot p \cdot t_{p2}(p) + F_p \cdot C_k \cdot t_{p2}(p) + \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) = t_{p1} \cdot C_p \cdot F_p(p) - t_{p2} \cdot C_k \cdot F_p(p) + \alpha \cdot S \cdot \frac{t_{w1} \cdot C_w \cdot F_w(p) + F_w \cdot C_w \cdot t_{w1}(p) + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) - t_{w2} \cdot C_w \cdot F_w(p)}{C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \cdot p + F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S}$$

Спростимо вище отримане рівняння та виконаємо перетворення:

$$C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot p \cdot t_{p2}(p) + F_p \cdot C_k \cdot t_{p2}(p) + \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) = \alpha \cdot S \cdot \frac{t_{w1} \cdot C_w \cdot F_w(p) + 0.8 \cdot \alpha \cdot S \cdot t_{p2}(p) - t_{w2} \cdot C_w \cdot F_w(p)}{C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \cdot p + F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S}$$

$$\begin{aligned}
& C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot C_w \cdot V_w \cdot p^2 \cdot t_{p2}(p) + C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) \cdot p \cdot t_{p2}(p) \\
& + (F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot C_w \cdot V_w \cdot \rho_w \cdot p \cdot t_{p2}(p) + (F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \\
& \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) \cdot t_{p2}(p) \\
& = \alpha \cdot S \cdot (t_{w1} \cdot C_w - t_{w2} \cdot C_w) \cdot F_w(p) + 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2 \cdot t_{p2}(p)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot C_w \cdot V_w \cdot p^2 \cdot t_{p2}(p) \\
& + (C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) + (F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot C_w \cdot V_w \cdot \rho_w) \cdot p \\
& \cdot t_{p2}(p) + ((F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2) \\
& \cdot t_{p2}(p) = \alpha \cdot S \cdot (t_{w1} \cdot C_w - t_{w2} \cdot C_w) \cdot F_w(p)
\end{aligned}$$

Зводимо рівняння до канонічної форми:

$$\begin{aligned}
& \frac{C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot C_w \cdot V_w \cdot p_w}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2} p^2 \cdot t_{p2}(p) \\
& + \frac{C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) + (F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot C_w \cdot V_w \cdot \rho_w}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2} p \\
& \cdot t_{p2}(p) + t_{p2}(p) \\
& = \frac{\alpha \cdot S \cdot (t_{w1} \cdot C_w - t_{w2} \cdot C_w)}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2} F_w(p)
\end{aligned}$$

Вводимо умовні позначення:

$$\begin{aligned}
T_1 &= \frac{C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot C_w \cdot V_w \cdot p_w}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2} \\
T_2 &= \frac{C_k \cdot V_p \cdot \rho_p \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) + (F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot C_w \cdot V_w \cdot \rho_w}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2} \\
K &= \frac{\alpha \cdot S \cdot (t_{w1} \cdot C_w - t_{w2} \cdot C_w)}{(F_p \cdot C_k + \alpha \cdot S) \cdot (F_w \cdot C_w + 0.8 \cdot \alpha \cdot S) - 0.8 \cdot \alpha^2 \cdot S^2}
\end{aligned}$$

Виконавши перетворення відповідних частини на введені позначення, отримуємо наступне рівняння:

$$A_1 \cdot p^2 \cdot t_{p2}(p) + A_2 \cdot p \cdot t_{p2}(p) + t_{p2}(p) = K \cdot F_w(p)$$

Передатна функція за каналом «витрата води – температура метанолу-сирцю»:

$$W_{F_w \rightarrow t_{p2}}(p) = \frac{t_{p2}(p)}{F_w(p)}$$

$$W_{F_w \rightarrow t_{p2}}(p) = \frac{K}{T_1 \cdot p^2 + T_2 \cdot p + 1}$$

де

$$T_1 = 75.235 \quad T_2 = 59.624$$

$$K = -45.878$$

На рисунку 3.5 відображено перехідну характеристику для каналу «витрата води – температура метанолу-сирцю»

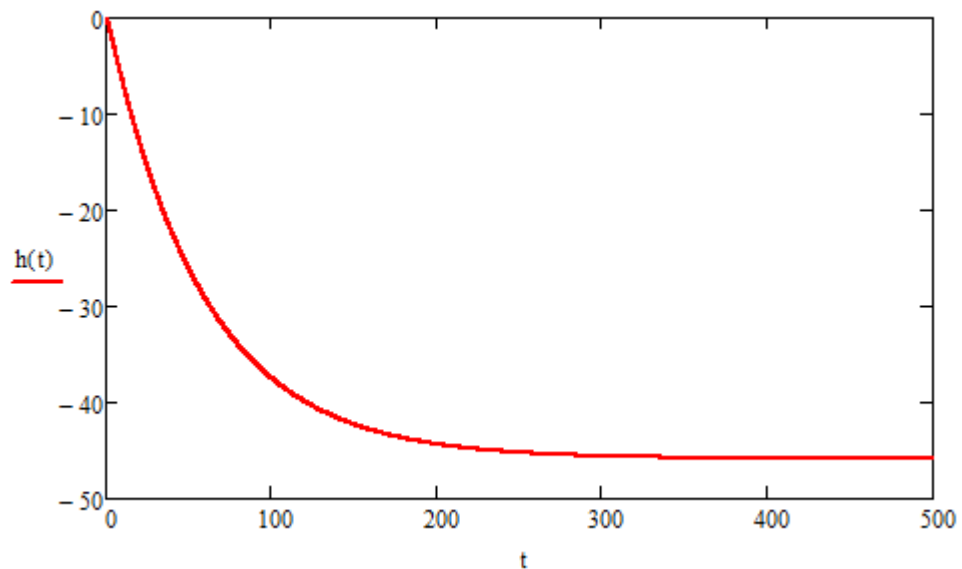


Рисунок 3.5 – Перехідна характеристика для каналу «витрата води – температура метанолу-сирцю»

РОЗДІЛ 4

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКОМ-КОНДЕНСАТОРОМ

4.1 Аналіз системи керування холодильником-конденсатором

Моделювання динамічних режимів роботи об'єктів і вибір каналів керування є важливими аспектами теорії автоматичного керування. При моделюванні динамічних режимів об'єкта вивчається поведінка об'єкта по відношенню до змін вхідних сигналів і реакції на них. Це дозволяє зрозуміти особливості та особливості поведінки системи в різних умовах.

Ефективний вибір каналів управління на основі аналізу характеристик об'єкта та економічних показників дозволяє забезпечити оптимальну роботу системи управління з урахуванням усіх важливих факторів.

Передатна функція за каналом «витрата води – температура метанолу-сирцю», одержана у минулому розділі:

$$W_{F_w \rightarrow t_{p2}}(p) = \frac{t_{p2}(p)}{F_w(p)}$$

Передатна функція П-регулятора:

$$G(s) = K_p$$

де K_p – коефіцієнт підсилення регулятора.

Передатна функція ПІ-регулятора:

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$$

де K_p – коефіцієнт підсилення регулятора,

K_i – коефіцієнт інтегральної дії регулятора,

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

s – оператор Лапласа.

Передатна функція ПД-регулятора:

$$W_{PID} = k \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right),$$

де T_i – час ізодрому регулятора,

T_d – час випередження регулятора,

k – коефіцієнт передачі регулятора.

Регулятори використовуються в системах керування, щоб забезпечити стабільне й оптимальне функціонування системи відповідно до заданих вимог і стандартів.

Регулятор відповідає за підтримку системи в стабільному стані, усунення ефектів небажаних коливань, коригування параметрів системи для досягнення поставлених цілей і в той же час компенсацію системи та впливу збурень. Тому точність гарантована.

Вбудована функціональність програмного середовища MATLAB Simulink є одним із найточніших способів налаштування системи, і тому використовується для майбутніх розрахунків.

4.2 Розробка системи керування із синтезом П-регулятора

Змодельюємо свою систему керування за допомогою блоків із вбудованих бібліотек у середовищі Simulink. Побудована модель системи з П-регулятором зображена на рисунку 4.1.

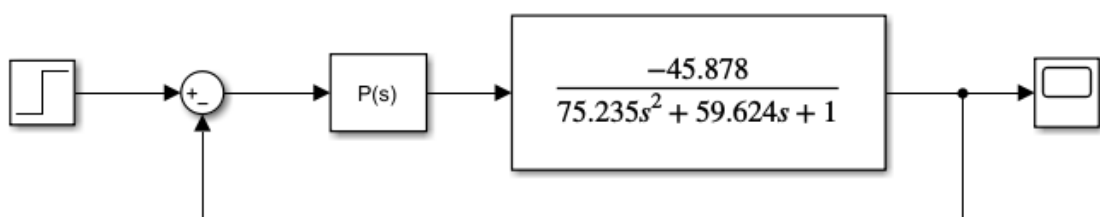


Рисунок 4.1 – Замкнена модель системи побудована у середовищі Simulink для дослідження впливу П-регулятора

Використаємо модуль Tune для налаштування П-регулятора.

Перехідна характеристика системи керування з П-регулятором відображена на рисунку 4.2.

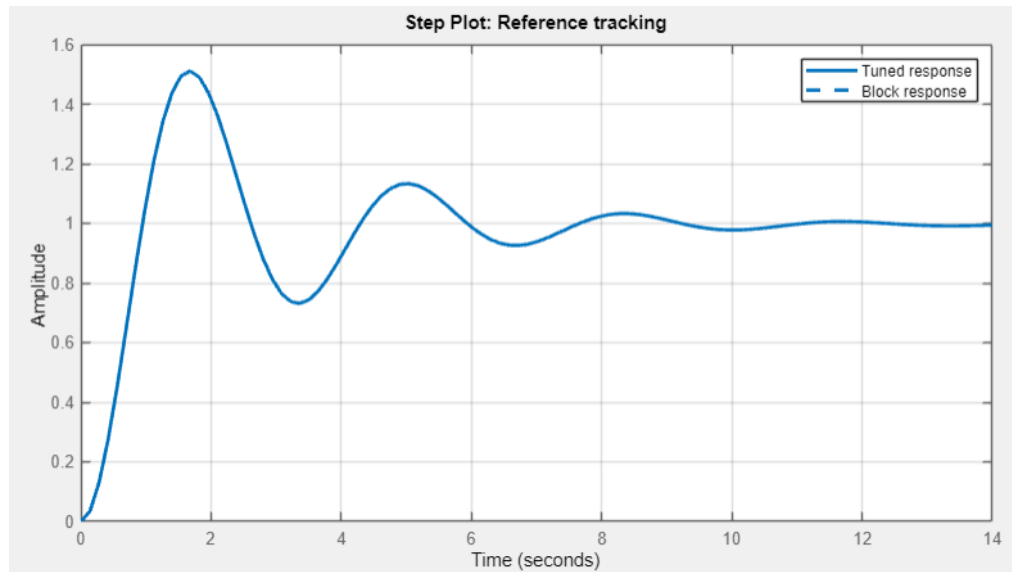


Рисунок 4.2 – Налаштування П-регулятора у середовищі Simulink

Отримані параметри П-регулятора:

$$K_p = -6.0467$$

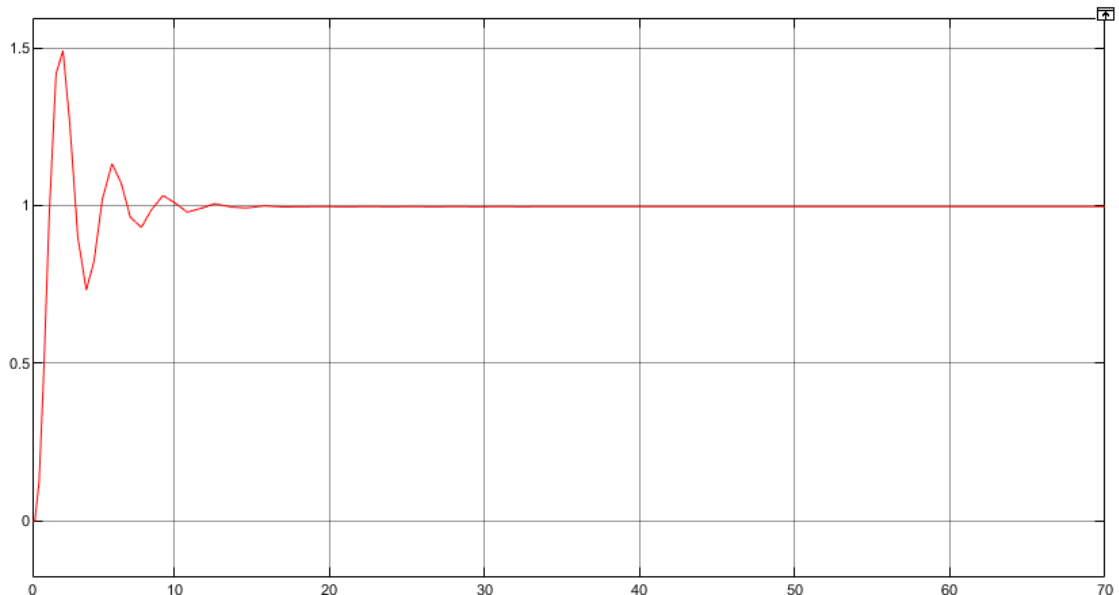


Рисунок 4.3 – Перехідна характеристика системи керування з П-регулятором

Результатом синтезу є перехідні характеристики системи керування з такими параметрами:

- Час виходу на усталений режим – 17.635 с;
- Показник перерегулювання – 48.8 %;

4.3 Розробка системи керування із синтезом ПІ-регулятора

Побудована модель системи з ПІ-регулятором зображена на рисунку 4.4.

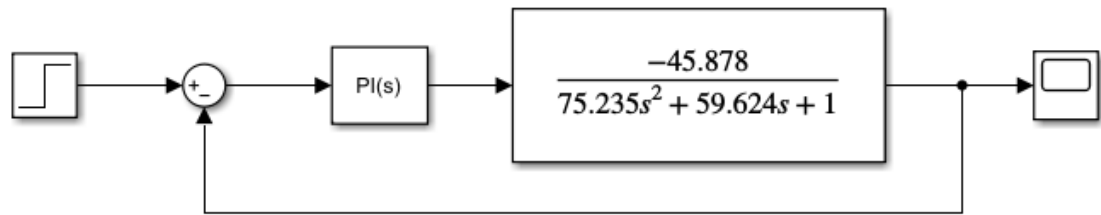


Рисунок 4.4 – Замкнена модель системи побудована у середовищі Simulink для дослідження впливу ПІ-регулятора

Перехідна характеристика системи керування з ПІ-регулятором відображена на рисунку 4.5.

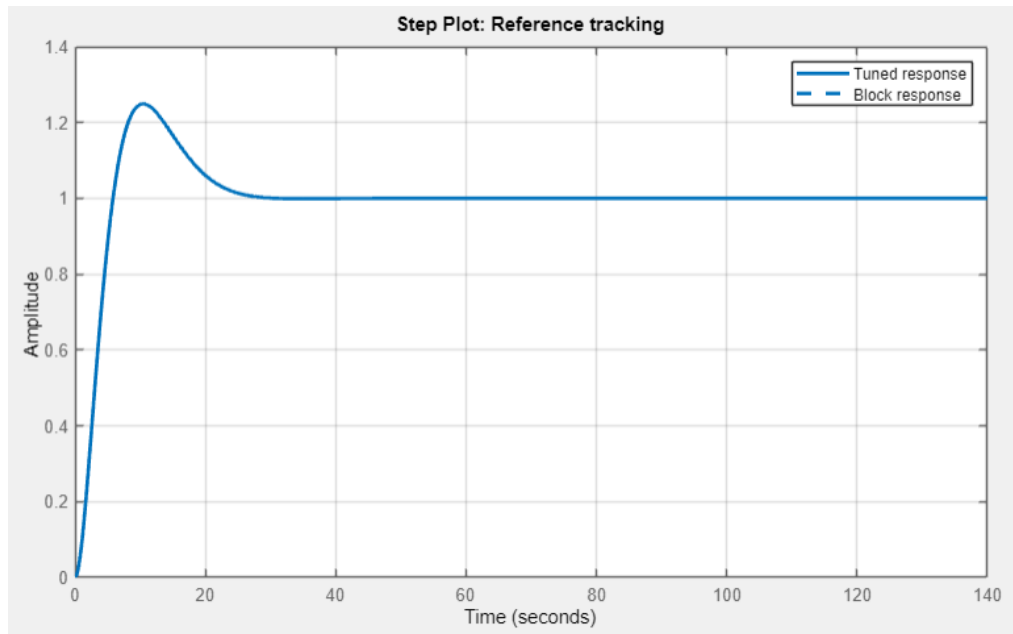


Рисунок 4.5 – Налаштування ПІ-регулятора у середовищі Simulink

Отримані параметри ПІ-регулятора:

$$K_p = -0.35272$$

$$K_i = -0.04059$$

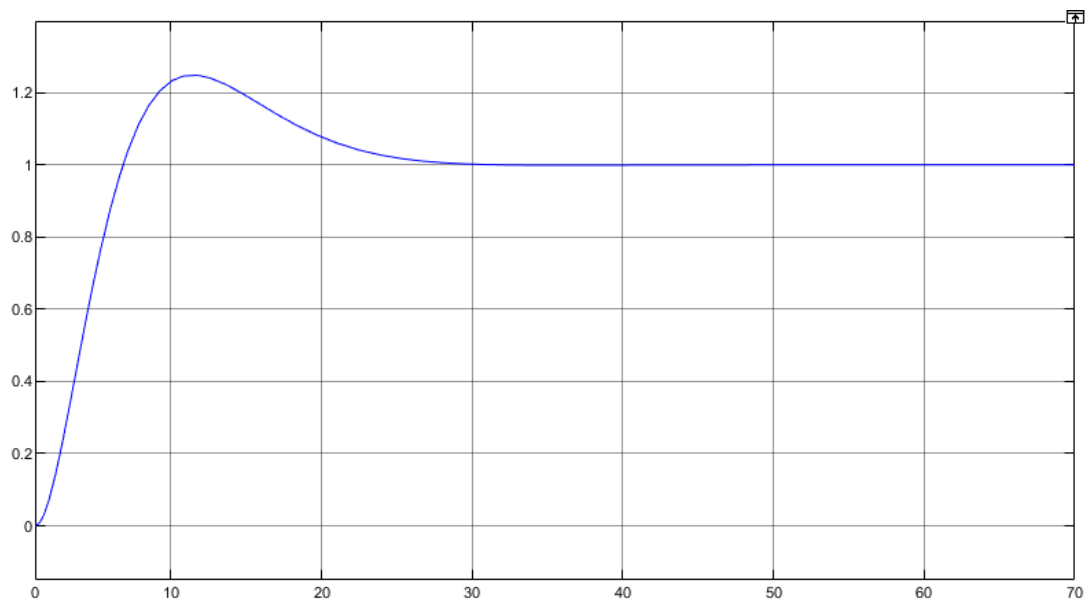


Рисунок 4.6 – Перехідна характеристика системи керування з ПІ-регулятором

Результатом синтезу є перехідні характеристики системи керування з такими параметрами:

- Час виходу на усталений режим – 30.53 с;
- Показник перерегулювання – 24.9 %;

4.4 Розробка системи керування із синтезом ПІД-регулятора

Розробка системи керування включає налаштування контролера та впровадження закритої системи. У цьому дослідженні ПІД-регулятор застосовується до замкнутої системи. Рівняння для класичного ПІД-регулятора показано на малюнку 4.7. Ця формула є найпоширенішою в промисловій автоматизації, оскільки вона широко застосовна та адаптована на практиці.

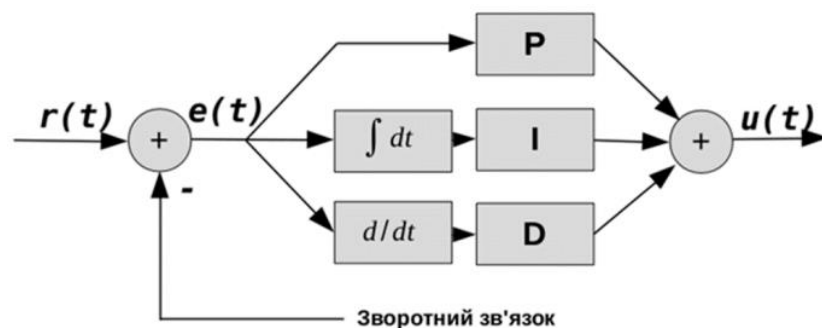


Рис. 4.7 – Структура ПІД-регулятора

ПІД-регулятори використовуються в широкому діапазоні застосувань для управління виробничими процесами. Приблизно 95% замкнутих схем промислової автоматизації обробляються за допомогою ПІД-регуляторів. ПІД-регулятор складається з пропорційного, інтегрального та похідного регуляторів, які працюють у комбінації для генерації керуючого сигналу.

Незважаючи на те, що використовується те саме обладнання, кожен процес має свої особливості. Параметри ПІД-регулятора підбираються в залежності від системних відмінностей. Якість управління гарантується точністю налаштування параметрів ПІД-регулятора.

Побудована модель системи з ПІД-регулятором зображена на рисунку 4.8.

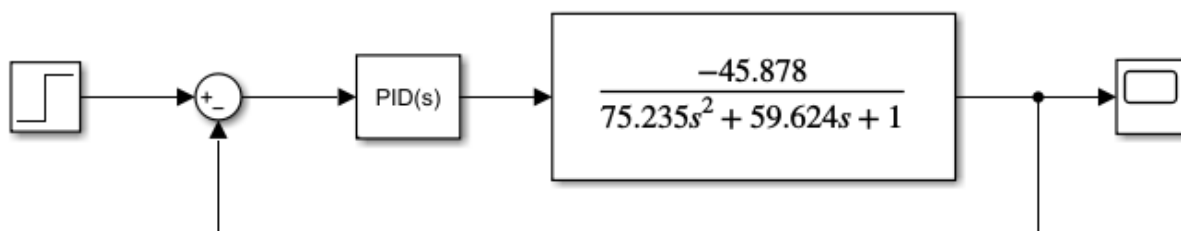


Рисунок 4.8 – Замкнена модель системи побудована у середовищі Simulink для дослідження впливу ПІД-регулятора

Перехідна характеристика системи керування з ПІД-регулятором зображена на рисунку 4.9.

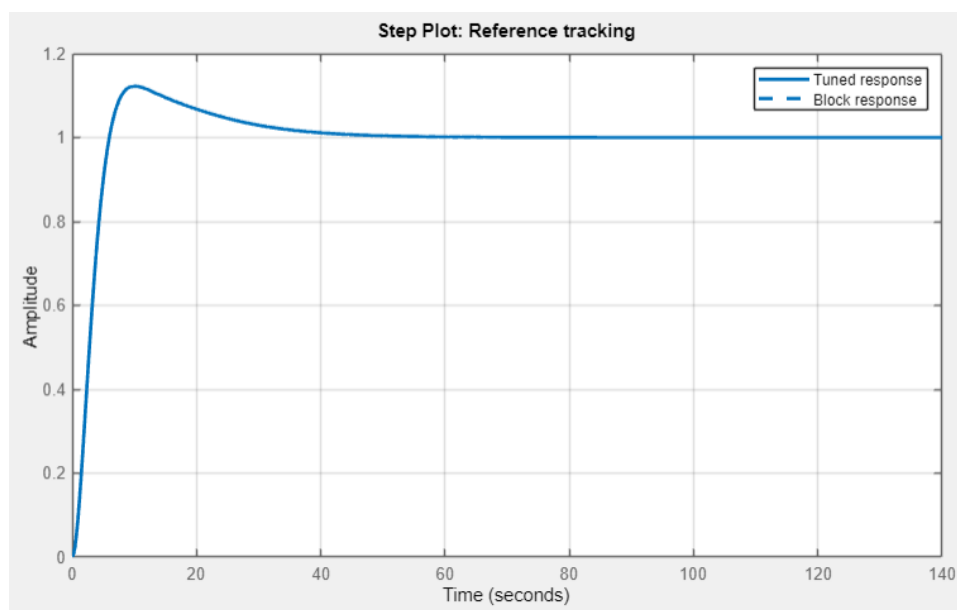


Рисунок 4.9.– Налаштування ПІД-регулятора у середовищі Simulink

Отримані параметри ПІД-регулятора:

$$k = -0.39102$$

$$T_i = -0.02757$$

$$T_d = -0.17485$$

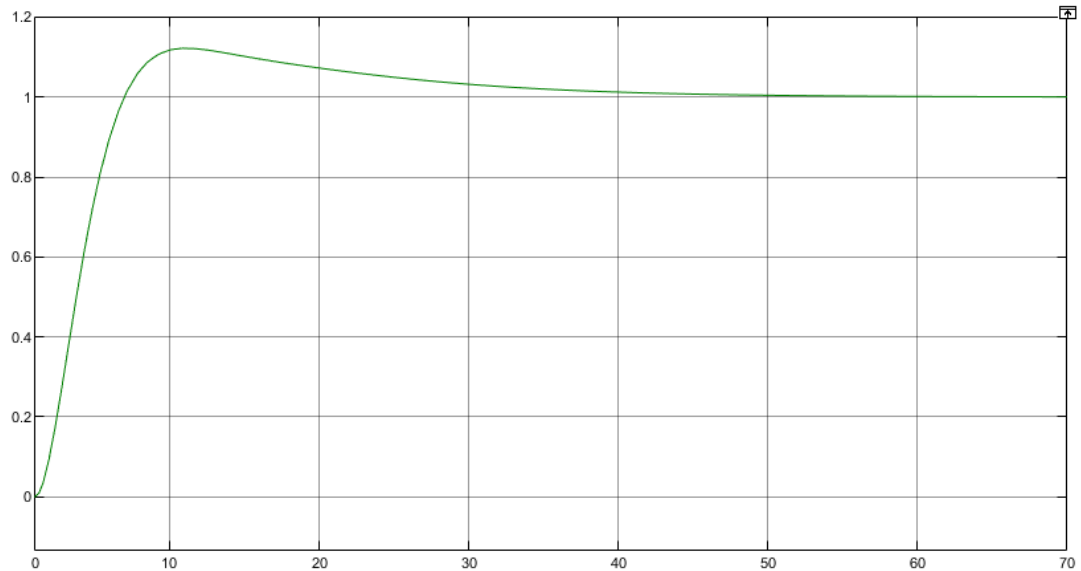


Рисунок 4.10 – Перехідна характеристика системи керування з ПІД-регулятором

Результатом синтезу є перехідні характеристики системи керування з такими параметрами:

– Час виходу на усталений режим – 55.576 с;

– Показник перерегулювання – 12.2 %;

Порівняємо показники якості всіх трьох перехідних характеристик при П, ІІ та ПІД регуляторах.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат

ЛПЛА01.02.00.000ПЗ

Арк.
50

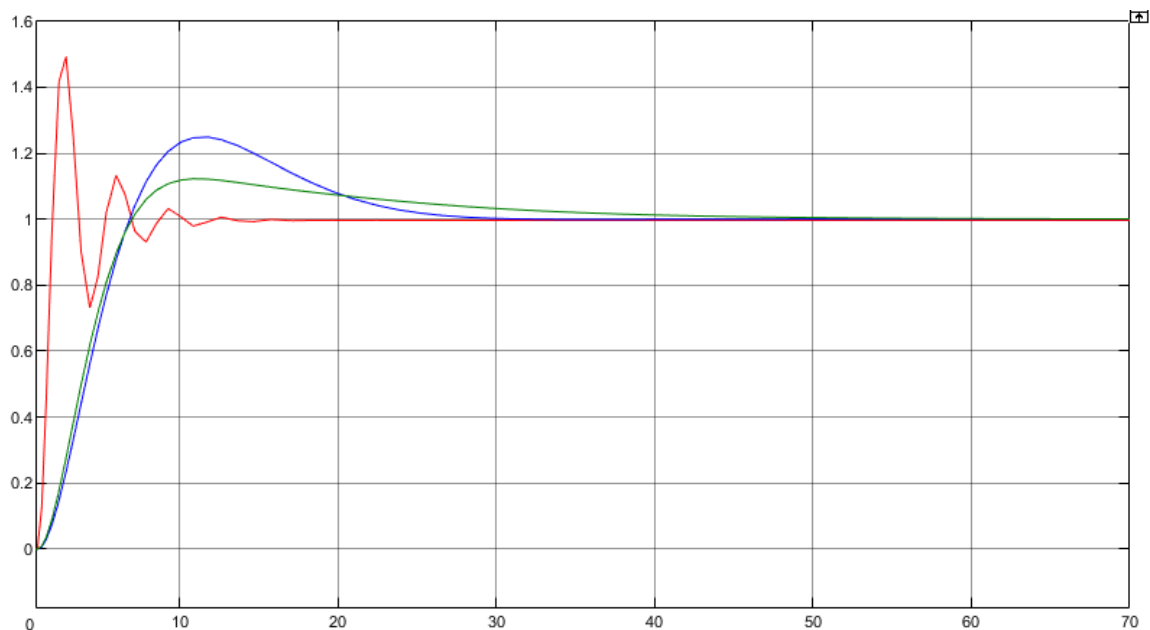


Рисунок 4.11 – Порівняння перехідних характеристик

Таблиця 4.1. – Показники якості перехідних характеристик

Закон регулювання	П	ПІ		ПІД		
Параметри регуляторів	K_{reg}	K_{reg}	T_i	K_{reg}	T_i	T_d
	-6.047	-0.353	-0.0406	-0.391	-0.028	-0.175
Час виходу на усталений режим, с	17.635	30.53		55.576		
Перерегулювання, %	48.8	24.9		12.2		

Обираючи один з регуляторів все ж таки прийдеться жертвувати , або часом виходу на усталений режим, або перерегулюванням. Можливо правильним рішенням було б обрання ПІ-регулятора, бо він має середні параметри відносно двох інших, але навіть маючи перерегулювання 24.9, це може бути критичним для нашої системи. Тому, на мій погляд, надійніше всього буде використовувати ПІД-регулятор з високим часом виходу на усталений режим, але малим перерегулюванням, що свідчить про високу точність та надійність отриманої системи керування.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ НА ВИРОБНИЦТВІ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

У сучасному промисловому середовищі, де технології стрімко розвиваються, а виробничі процеси стають дедалі складнішими, безпека та здоров'я працівників небезпечних виробництв стали критичною проблемою.

Забезпечення безпеки працівників і запобігання нещасним випадкам на виробництві вимагає комплексного підходу, який включає визнання рівня ризику для працівників. У цьому контексті необхідні ефективні системи та методи виявлення людського фактору на небезпечних виробництвах.

У цьому розділі розглядається важливість такого визнання, його вплив на безпеку та продуктивність праці, а також ключові аспекти його впровадження в сучасних умовах. Метою даного розділу є розробка системи розпізнавання людини на небезпечному виробництві в режимі реального часу, за допомогою чого буде вирішено чи зупиняти роботу відповідного цеху, щоб уникнути травмування.

Система відеоаналізу – це, як правило, спеціальне програмне забезпечення, яке аналізує відеодані, зібрані веб-камерами, та інтелектуально оцінює ситуацію. Існують також інші камери відеоспостереження, які мають вбудовані можливості аналізу відео. Програмні підходи до виявлення та відстеження людей досить різноманітні: створюються спеціальні програми та веб-додатки або окремі програмні модулі. Останнім часом широкого поширення набули нейронні мережі. Їх можна навіть безпосередньо підключати до камер. Однак такий підхід може викликати проблеми з виявленням дрібних або неповних об'єктів, а також зі стійкістю до зашумлених або погано освітлених зображень. Навчання мережі займає багато часу, як і сам процес виявлення. Деякі мережі обробляють відео зі швидкістю менше 10 кадрів в секунду, що неприйнятно для додатків, які працюють в режимі реального часу. Тому актуальність роботи полягає в необхідності створення ефективної мережі для виявлення та відстеження людини, яка дозволить набагато точніше та швидше обробляти відеокадри.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

5.1 Аналіз предметної області та постановка задачі

Виявлення людини в режимі реального часу стає основною тенденцією серед спеціалістів із обробки даних і в багатьох галузях, від розумних міст до роздрібної торгівлі та спостереження. Такі сценарії, як підрахунок кількості пішоходів на вулиці або на пішохідному переході, аналіз дій клієнтів або часу, який вони проводять у будь-якому конкретному місці, а також відвідувачів або працівників, виявлених камерою безпеки, стали реальністю в сучасні дні.



Рисунок 5.1 - Імітація процесу ідентифікації людей за допомогою комп'ютерного зору

Ідентифікація людей за допомогою комп'ютерного зору виконує наступні завдання:

- Об'єкти вибираються з фонових зображень.
- Використовуючи рейтинг імовірності, призначає предмети до певного класу — у цьому випадку до людей.
- З коренями x-y, значеннями висоти та довжини визначає запропоновані межі людей.

Загалом, систематичний поділ зображення - це перший крок у вирішенні проблеми виявлення об'єктів на зображенні або відеоданих. Для початку інструмент використовує алгоритми для аналізу даних, щоб класифікувати області, які вас цікавлять. Потім комп'ютер згенерує кілька варіантів об'єктів на основі ваших уподобань. Останніми кроками в процесі виявлення є ідентифікація об'єктів за допомогою шаблонів, застосування порогових значень ймовірності та

повернення класів і позицій в контексті ваших остаточно затверджених пропозицій. У цьому сценарії клас, який ви шукаєте - це люди. Додатки використовують обчислювальні блоки, які були попередньо навчені шляхом аналізу великої кількості зображень за допомогою алгоритму штучного інтелекту з глибоким навчанням, щоб виявити ці людські артефакти у візуальному полі. Моделі - це ці обчислювальні блоки, які можна навчити розуміти майже все, що бачить людина.

5.2 Аналіз методів виявлення об'єктів

Для розпізнавання людей є вже готові рішення такі як:

- Haar Cascade Face Detector in OpenCV;
- Deep Learning based Face Detector in OpenCV;
- HoG Face Detector in Dlib;
- Deep Learning based Dlib Face Detection [13].

Методи виявлення об'єктів, як правило, відносяться до нейромережових або ненеуронних підходів. Для ненеуронних підходів необхідно спочатку визначити ознаки за допомогою одного з наведених нижче методів, використовуючи таку техніку, як машина опорних векторів (SVM), щоб спробувати класифікувати об'єкт. Здебільшого методи, засновані на глибокому навчанні, працюють простіше, швидше і точніше при виявленні людей.

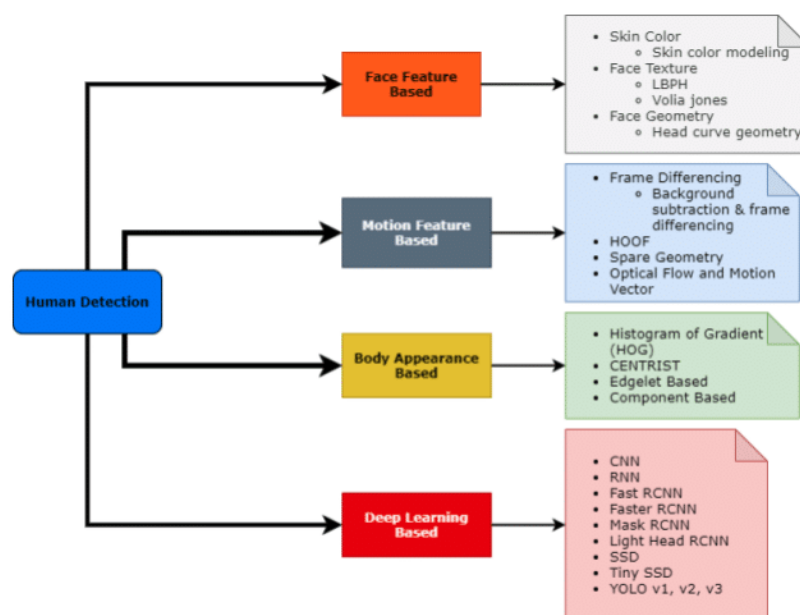


Рисунок 5.2 - Методи виявлення людини

Виявлення людей у небезпечних середовищах за допомогою технологій комп'ютерного зору, таких як OpenCV і TensorFlow, стає дедалі важливішим завданням у сфері охорони здоров'я та безпеки на робочому місці.

Інтеграція цих інноваційних інструментів не тільки ефективно виявляє людей у небезпечних зонах, але й забезпечує швидке та точне реагування на потенційно небезпечні ситуації.

Застосовуючи методи комп'ютерного зору, такі як детектування об'єктів та аналіз зображень в реальному часі, ці алгоритми можуть автоматично реагувати на ризиковані ситуації, сповіщаючи персонал або запускаючи аварійні процедури.

На рисунку 5.3 показана базова архітектура системи виявлення людей [15]. У цій системі зображення знімаються за допомогою цифрової камери. Ці зображення проходять через модуль виявлення людини. У модулі виявлення людини вхідні RGB-зображення перетворюються на зображення у відтінках сірого; потім нормалізована межа порівнюється з попередньо визначеними шаблонами, і якщо знайдено достатній збіг то людина обмежується прямокутною рамкою. Після виявлення людини на зображенні в реальному часі система може виконати кілька дій.

Наприклад, вона може повідомити про присутність людини, подавши сигнал тривоги або відобразивши певні світлові інструкції.

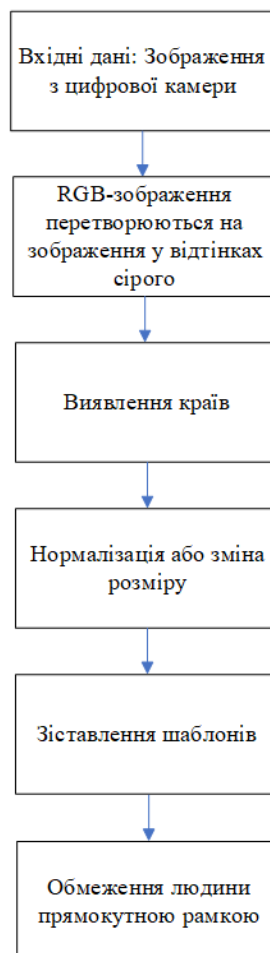


Рисунок 5.3. - Базова архітектура виявлення людей

Варто розглянути кожен із методів детальніше.

Першим кроком є отримання вхідного зображення. Ми можемо отримати зображення різними способами, наприклад, за допомогою цифрової камери, сканера або зберігати зображення на жорсткому диску комп'ютера. На рис. 5.4. показано вхідне зображення.



Рисунок 5.4 - Вхідне зображення

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Наступним кроком є попередня обробка зображення. У попередній обробці зображення RGB перетворюється на зображення у відтінках сірого, а потім у двійкове зображення. Існує декілька методів перетворення зображень. У цій роботі використано перетворення сірої шкали для подальшої обробки з метою виявлення людської зони за допомогою традиційного підходу:

$$N_{ewi} = (R_i + G_i + B_i) / 3 \quad (5.1)$$

Компоненти R, G і B відокремлюються з 24-бітового значення кольору кожного пікселя (i, j) і 8-бітового значення сірого обчислюється 8-бітове значення сірого. На рис. 5.5 показано зображення у відтінках сірого.



Рисунок 5.5 - Зображення у відтінках сірого

Не менш важливим кроком є алгоритм виявлення ребер Канні відомий багатьом як оптимальний детектор ребер. У своїй роботі він дотримувався списку критеріїв для покращення існуючих методів виявлення країв. Для того, щоб реалізувати алгоритм детектора хитрого краю, необхідно виконати ряд кроків.

- Першим кроком є фільтрація будь-якого шуму у вихідному зображенні перед тим, як спробувати знайти і виявити будь-які краї. Оскільки фільтр Гауса можна обчислити за допомогою простої маски, він використовується виключно в алгоритмі Канні. Після того, як відповідну маску обчислено, гаусове згладжування можна виконати за допомогою стандартних методів згортки. Маска згортки зазвичай набагато менша за реальне зображення. В результаті, маска переміщується по зображенню, маніпулюючи квадратом пікселів за один раз. Чим більша ширина гауссової маски, тим менша чутливість детектора до шуму.

- Після згладжування зображення та усунення шуму, наступним кроком є знаходження міцності країв за допомогою градієнта зображення. Оператор Собела виконує двовимірне вимірювання просторового градієнта зображення. Потім можна знайти приблизну абсолютну величину градієнта (силу краю) в кожній точці. Оператор Собела використовує пару масок згортки 3x3, одна з яких оцінює градієнт у напрямку x (стовпчики), а інша - у напрямку y (рядки). Вони показані нижче:

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

Величина градієнта, або сила краю, потім апроксимується за формулою:

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (5.2)$$

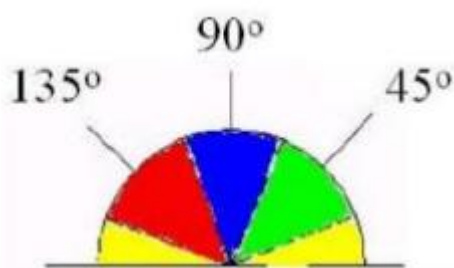
- Напрямок ребра обчислюється за допомогою градієнта в напрямках x та y. Однак, помилка буде згенерована, коли сума X дорівнюватиме нулю. Тому в коді повинно бути встановлено обмеження на цей випадок. Щоразу, коли градієнт у напрямку x дорівнює нулю, напрямок краю повинен дорівнювати 90 градусам або 0 градусам, залежно від того, якому значенню дорівнює градієнт у напрямку y. Якщо G_y дорівнює нулю, то напрямок краю буде дорівнювати 0 градусів. В іншому випадку напрямок ребра дорівнюватиме 90 градусів. Формула для знаходження напрямку ребра проста:

$$\text{Theta} = \text{invtan} (G_y/G_x) \quad (5.3)$$

- Після того, як напрямок краю відомий, наступним кроком буде співвіднесення напрямку краю з напрямком, який можна простежити на зображенні. Отже, якщо пікселі зображення 5x5 вирівняні наступним чином:

x	x	x	x	x
x	x	x	x	x
x	x	a	x	x
x	x	x	x	x
x	x	x	x	x

Далі, як можна побачити, дивлячись на піксель "а", є лише чотири можливі напрямки для опису навколишніх пікселів - 0 градусів (у горизонтальному напрямку), 45 градусів (по додатній діагоналі), 90 градусів (у вертикальному напрямку) або 135 градусів (по від'ємній діагоналі). Отже, тепер орієнтація ребра повинна бути вирішена в одному з цих чотирьох напрямків, залежно від того, до якого напрямку вона найближча. Уявіть, що ви берете півколо і ділите його на 5 частин.



Таким чином, будь-який напрямок ребра, що потрапляє в жовтий діапазон (від 0 до 22,5 та від 157,5 до 180 градусів), встановлюється на 0 градусів. Будь-який напрямок краю, що потрапляє в зелений діапазон (22,5 - 67,5 градусів), встановлюється на 45 градусів. Будь-який напрямок краю, що потрапляє в синій діапазон (від 67,5 до 112,5 градусів), встановлюється на 90 градусів. І, нарешті, будь-який напрямок краю, що потрапляє в червоний діапазон (від 112,5 до 157,5 градусів), встановлюється на 135 градусів.

- Після того, як напрямки країв відомі, потрібно застосувати не максимальне придушення. Немаксимальне придушення використовується для трасування вздовж краю у напрямку краю і придушення будь-якого значення пікселя (встановлює його рівним 0), яке не вважається краєм. Це призведе до отримання тонкої лінії на вихідному зображенні.

- Нарешті, гістерезис використовується як засіб для усунення смугастості. Якщо до зображення застосовано єдиний поріг, T_1 , і край має середню силу, що дорівнює T_1 , то через шум будуть випадки, коли край опускається нижче порогу. Так само він буде також виходити за поріг, роблячи край схожим на пунктирну лінію. Щоб уникнути цього, гістерезис використовує 2 пороги, верхній і нижній. Будь-

який піксель на зображенні, що має значення більше за T_1 , вважається крайнім пікселем і одразу позначається як такий. Потім всі пікселі, які з'єднані з цим крайнім пікселем і мають значення більше T_2 , також вибираються як крайні пікселі.



Рисунок 5.6 - Оригінальне зображення та з виявленими краями для оператора Canny

Наступний крок це нормалізація або зміна розміру. Фаза нормалізації масштабує всі зображення країв до однакового розміру. Кожне зображення краю масштабується до прямокутного зображення з роздільною здатністю $M' \times N'$. У нашому проекті нормалізовані зображення мають роздільну здатність 180×200 . Зображення краю $B[(0,0), (x_m, y_m)]$ масштабується до зображення $N[(0,0), (64 \times 64)]$ за допомогою рівняння:

$$N(x_i, y_i) = B(x_i * S_x, y_i * S_y) \quad (5.4)$$



Рисунок 5.7 - Результат зміни розміру зображення

Далі відбувається зіставлення з шаблоном. Після нормалізації контурне зображення порівнюється з попередньо визначеними шаблонними зображеннями. Детально алгоритм зіставлення виглядає наступним чином:

- Зчитуємо контурне зображення і зберігаємо координати.

- Порівнюємо з відомими шаблонами та вимірюємо кількість влучень та промахів.

а) Хіт-парад:

Якщо $Tst(x, y) = Tmp(x, y) = 1$, то збільшити Hit Score.

б) Кількість промахів:

Якщо $Tst(x, y) \neq Tmp(x, y)$, то збільшити Miss Score.

- Розраховуємо Хіт-коефіцієнт

Коефіцієнт потрапляння:

$$Hr = \frac{H}{H+M}$$

де, H = загальна кількість влучень та M = загальна кількість промахів

- Якщо значення Hr перевищує заданий поріг, то людина локалізується і обмежується за допомогою прямокутної кольорової рамки. Поріг підбирається експериментально. Порогове значення дорівнює 0,75. Ця рамка будується шляхом обчислення мінімальних та максимальних значень координат X та Y .



Рисунок 5.8 - Результат зіставлення з шаблоном

Також варто додати про використання нейронних мереж. це метод штучного інтелекту, який навчає комп'ютери обробляти дані у спосіб, натхненний людським мозком. Це тип процесу машинного навчання, який називається глибоким навчанням, який використовує взаємопов'язані вузли або нейрони в багатошаровій структурі, що нагадує людський мозок. Він створює адаптивну систему, за

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

допомогою якої комп'ютери навчаються на своїх помилках і постійно вдосконалюються. Навчання нейронної мережі — це процес навчання нейронної мережі виконувати завдання. Нейронні мережі навчаються, спочатку обробляючи кілька великих наборів позначених або не позначених даних. Використовуючи ці приклади, вони можуть точніше обробляти невідомі вхідні дані.

Для навчання системи розпізнавання людини збираємо декілька шаблонних зображень для виявлення форми/контуру людини. Система готує шаблон, визначаючи область форми, усуваючи шуми, визначаючи краї, і, нарешті, масштабує його до 180×200 . Ці межі людини використовуються для зіставлення з кожним захопленим зображенням. Всі ці шаблони зберігаються у форматі 180×200 . На рисунку 5.9 показано приклади декількох шаблонних зображень, а також витягнуті межі цих зображень.

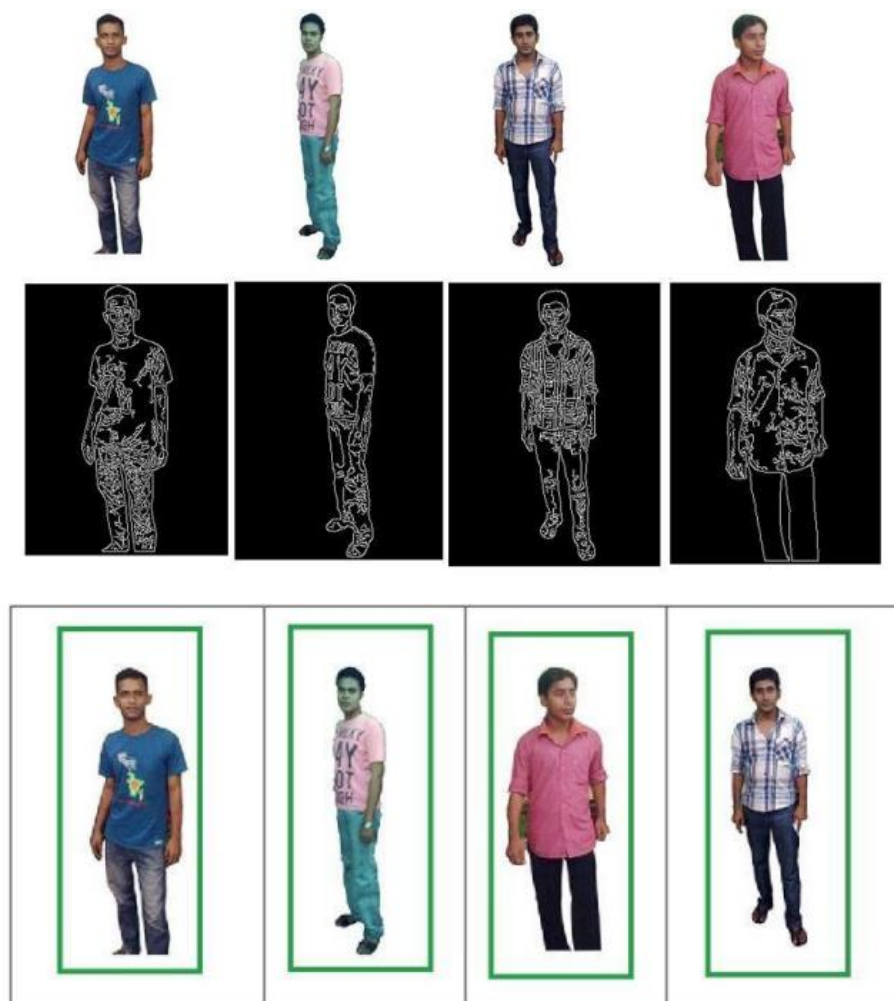


Рисунок 5.9 - Приклади шаблонів зображень і шаблонів фігур

Архітектура моделі Tensorflow виявлення людини в реальному часі для подальшого тренування [16]:

```
input_1 = tf.keras.Input(shape=(cfg['img_size'], cfg['img_size'], 3),
                           name='img_input')
x = efn.EfficientNetB3(include_top=False,
                       weights='imagenet',
                       input_shape=(cfg['img_size'], cfg['img_size'], 3),
                       pooling='avg')(input_1)

output = tf.keras.layers.Dense(1, activation='sigmoid')(x)

model = tf.keras.Model(input_1, output)

model.compile(optimizer='adam',
              loss=tf.keras.losses.BinaryCrossentropy(),
              metrics=[tf.keras.metrics.Precision(name='Precision'), tf.keras.metrics.Recall(name='recall'), 'accuracy'])

def getLearnRateCallback(cfg):

    lr_start = cfg['lr_start']
    lr_max = cfg['lr_max'] * strategy.num_replicas_in_sync * cfg['batch_size']
    lr_min = cfg['lr_min']
    lr_rampup = cfg['lr_rampup']
    lr_sustain = cfg['lr_sustain']
    lr_decay = cfg['lr_decay']

    def lrfn(epoch):
        if epoch < lr_rampup:
            lr = (lr_max - lr_start) / lr_rampup * epoch + lr_start
        elif epoch < lr_rampup + lr_sustain:
            lr = lr_max
        else:
            lr = (lr_max - lr_min) * lr_decay**(epoch - lr_rampup -
                                                lr_sustain) + lr_min

        return lr

    lr_callback = tf.keras.callbacks.LearningRateScheduler(lrfn, verbose=False)
    return lr_callback
```

					ЛПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лам		

```
lr_scheduler = getLearnRateCallback(cfg)

earlystopping = tf.keras.callbacks.EarlyStopping(monitor='val_accuracy', patience=8)

checkpoint_path = "weights/"

cp_callback = tf.keras.callbacks.ModelCheckpoint(filepath=checkpoint_path,
                                                save_weights_only=True,
                                                monitor='val_accuracy',
                                                mode='max',
                                                save_best_only=True)

history = model.fit(train_generator,
                    epochs=50,
                    validation_data=validation_generator,
                    callbacks=[lr_scheduler,earlystopping,cp_callback])
```

Точність моделі складає 95%. Отже, дана модель добре натренована для виявлення людини в реальному часі.

Epoch 22/50

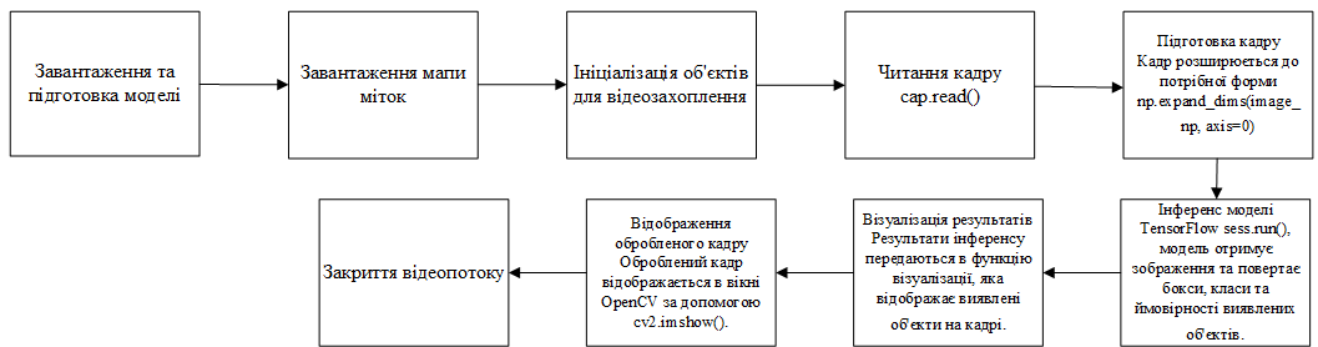
445/445 [=====] - 251s 563ms/step - loss: 0.0096 - Precision: 0.9977 - recall: 0.9964 - accuracy: 0.9975 - val_loss: 0.2036 - val_Precision: 0.9652 - val_recall: 0.9292 - val_accuracy: 0.9551

5.3. Дослідження системи детектування на основі машинного зору

Для забезпечення максимальної безпеки на виробництві, маємо необхідність розробити програмний продукт, який здатний виявити присутність людини на території виробничого цеху в реальному часі, на відео, які надсилаються для обробки. Він повинен мати не складну та зрозумілу архітектуру. Також мати ефективну мережу для виявлення та відстеження людини, яка дозволить набагато точніше та швидше обробляти відеокадри. Процедура запуску програми повинна бути простою.

У цьому розділі використаємо та дослідимо готове рішення для розпізнавання та виявлення людини по відео з камери в реальному часі, що знаходиться в робочому цеху виробництва. Загальний алгоритм роботи програмного коду на блок-схемі 5.1.[17]

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		



Блок-схема 5.1 - загальний алгоритм роботи програмного коду

Враховуючи універсальність, зручність та широке використання мов програмування у сфері серверного розроблення, Python - потужна, гнучка та проста у використанні мова. Його використовують у багатьох організаціях, оскільки він підтримує кілька парадигм програмування. Він також виконує автоматичне керування пам'яттю. За останні роки Python став однією з найпопулярніших мов програмування у світі. Його використовують у всьому, від машинного навчання до створення веб-сайтів і тестування програмного забезпечення. Ця мова програмування створила все: від алгоритму рекомендацій Netflix до програмного забезпечення, яке керує безпілотними автомобілями. Python став основним продуктом науки про дані, дозволяючи аналітикам даних та іншим професіоналам використовувати цю мову для проведення складних статистичних обчислень, створення візуалізацій даних, створення алгоритмів машинного навчання, обробки та аналізу даних, а також виконання інших завдань, пов'язаних із даними. Python також має низку бібліотек, які дозволяють програмістам писати програми для аналізу даних і машинного навчання швидше й ефективніше, наприклад TensorFlow і Keras.

Python популярний з кількох причин: має простий синтаксис, який імітує природну мову; універсальний, можна використовувати для багатьох різних завдань, від веб-розробки до машинного навчання; зручний для початківців, що робить його популярним для програмістів початкового рівня; архів модулів і бібліотек Python — величезний і постійно зростає.

Програма розроблена на мові програмування Python. Для обробки зображень використовується бібліотека OpenCV, пошук координат на відео здійснюється за

допомогою натренованої моделі, бібліотеки Tensorflow. Структура представлена у вигляді ієрархії на панелі файлів проекту у середовищі розробки, як показано на рисунку 5.16. [17].

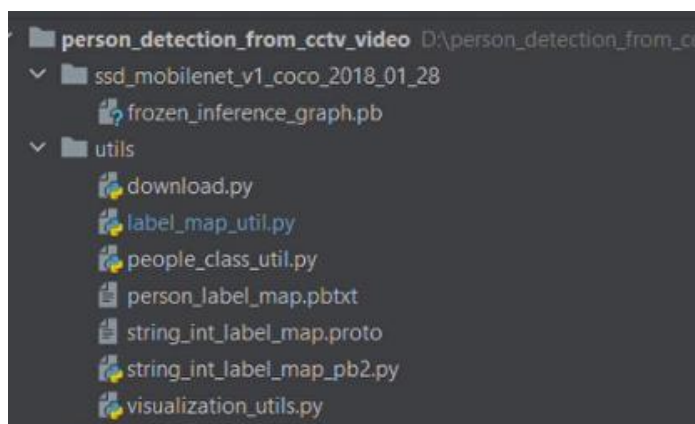


Рисунок 5.10 – Структура проекту

У процесі розробки виділено як кожен з класів відповідає за певні можливості.

Розглянемо архітектуру детальніше:

video_detection_continue, який відповідає за виявлення об'єктів на відео та візуалізацію результатів. Клас імпортує різні бібліотеки, визначені константи для визначення шляхів до моделі, файлу з мітками класів, а також кількості класів у моделі. Тут відбувається: завантаження моделі, завантаження графу виявлення, завантаження мапи міток, визначення функції `load_image_into_numpy_array`, яка конвертує зображення у формат numpy array, детектування об'єктів у відео та зупинка обробки відео.

label_map_util.py, який відповідає за валідацію мапи міток, створення індексу категорій та конвертацію мапи міток в категорії. Тут відбувається: завантаження мапи міток, отримання словника мапи міток, створення індексу категорій з мапи міток, створення індексу категорій для класу без категорій.

person_detection_every_sec.py відповідає за реалізацію детектування людей на відео з певною частотою, обробку результатів для подальшого використання або аналізу та вивід результатів у форматі JSON або їх збереження. Тут відбувається: завантаження моделі, ініціалізація графу виявлення, зчитування відео та

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

детектування об'єктів, обробка результатів детектування, вивід результатів та обробка керування.

visualization.py цей модуль містить набір функцій для візуалізації результатів детектування на зображеннях. Він надає інструменти для накладання меж на об'єкти, малювання прямокутників, розмітки ключових точок та інші функції для візуалізації результатів роботи алгоритмів з обробки зображень.

string_int_label_map.py цей модуль є корисним інструментом для аналізу результатів моделей машинного навчання, які використовуються для детектування об'єктів на зображеннях. Цей код містить опис протоколу Google Protocol Buffers (protobuf) для об'єкту, який називається StringIntLabelMap. Класи StringIntLabelMapItem і StringIntLabelMap є згенерованими класами протоколу з використанням Google Protocol Buffers. Вони надають зручний спосіб роботи з мапою між рядками і цілими числами, що часто використовується в завданнях машинного навчання, зокрема, у відображенні між назвами класів та їх ідентифікаторами [17].

5.4. Тестування отриманих результатів за допомогою програмного засобу

У результаті виконання було створено програмне забезпечення для виявлення людини на території виробничого цеху в режимі реального часу.

Для аналізу результатів роботи програмного засобу було проведено перевірку з використанням відео з камери відеоспостереження на виробництві метанолу, де можна чітко розпізнати людину. Програмне забезпечення успішно розпізнало та виділило людину на відео.

Отже, виконаємо демонстрацію роботи програми. Вказуємо шлях до відео (послідовність кадрів) з камери відеоспостереження на виробництві (рис. 5.11).

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		



Рисунок 5.11 - Приклад зображення з відео для детектування людини
Відповідь на такі дії має вигляд, який зображений на рисунку 5.12.



Рисунок 5.12 - Відповідь програми після виявлення людини

Людину було розпізнано та виявлено правильно. Визначенні об'єкти позначаються прямокутниками з назвою відповідного класу та точністю розпізнавання. Аналогічні дії варто виконати й для інших кадрів для переконання, що програмний застосунок працює належним чином. Використаємо рисунки 5.13, 5.15 та 5.17. У результаті отримаємо відповіді на рисунках 5.14, 5.16 та 5.18.



Рисунок 5.13 - Приклад зображення з відео для детектування людини



Рисунок 5.14 - Відповідь програми після виявлення людини



Рисунок 5.15 - Приклад зображення з відео для детектування людини



Рисунок 5.16 - Відповідь програми після виявлення людини



Рисунок 5.17 - Приклад зображення з відео для детектування людини



Рисунок 5.18 - Відповідь програми після виявлення людини

Отже, у результаті роботи отримали та протестували програмне забезпечення для виявлення людини на території виробничого цеху в режимі реального часу. Протягом усієї послідовності програма надає можливість бачити зміну положення виявлених об'єктів. На другому експерименті було показано, що на зображенні, де немає образу людини, нейронна мережа нічого не виділяє. Після вибору відповідної структури моделі були проведені етапи навчання на навчальних даних, перевірка на валідаційних даних та тестування. Аналіз отриманих результатів дозволив виявити слабкі моменти системи та виконати оптимізацію процесу.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до вимог законодавства України щодо охорони праці, підприємство має забезпечувати безпеку умов для всіх працівників і несе відповідальність за їхнє здоров'я і працездатність. Забезпечення безпеки праці повинно проводитися на етапах : проектування технологічних процесів, їх впровадження та експлуатації.

Згідно теми моєї дипломної роботи «Автоматизація технологічного процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони » технологічний об'єкт, що розглядається містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечні речовини.

Розробка відбувається у виробничому цеху з кімнатою оператора площею 30м². Отже, зрозуміло, що наша робота пов'язана з використанням електричної та теплової енергії. Тому доречно також розглянути, які заходи та механізми необхідні для створення нешкідливих, здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки на об'єкті.

Шкідливі та небезпечні фактори на виробництві:

- мікроклімат;
- виробниче освітлення;
- шум та вібрація;
- електробезпека;
- пожежна безпека.

6.1 Мікроклімат

Мікрокліматичні умови робочих місць і виробничих приміщень є найважливішим санітарно-гігієнічним фактором, що визначає стан здоров'я і працездатність людини. До основних показників мікроклімату повітря робочої зони належать: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря. На параметри мікроклімату та стан організму людини також впливає інтенсивність

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

теплового випромінювання нагрітих поверхонь, температура яких перевищує температуру у виробничому цеху.

Роботи, які виконувались в цеху по важкості відносяться, до категорії IIa (233-290 Вт). Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.
Холодний	Середньої важкості	19-20	16-24	40-60	75	0,2	0,3
Теплий	IIa (151-200 ккал/год)	20-23	18-29		65	0,3	0,2-0,4

Для успішного ведення виробничої діяльності необхідно забезпечити не тільки комфортні кліматичні умови, а й необхідну чистоту повітря. Тому для досягнення нормативних рівнів мікрокліматичних параметрів і підтримання чистоти робочого місця застосовуються такі заходи та механізми: механізація та автоматизація важких і трудомістких робіт, дистанційне управління процесами та обладнанням, раціональне розміщення обладнання, агрегатів тощо, а також ізоляція обладнання, агрегатів та комунікаційних пристроїв, що виділяють тепло на робочому місці. Що відповідає вимогам ДСН3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

6.2 Виробниче освітлення

У розглянутому виробничому процесі освітлення має велике значення для зорового комфорту працівників. Для забезпечення належного освітлення

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

використовуються різні типи та техніки освітлення. Згідно роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

Залежно від джерела світла промислове освітлення може бути природним, штучним і комбінованим, коли недостатнє природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення має високу фізіологічну та гігієнічну цінність для працівників. Позитивно впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, посилює обмін речовин і покращує загальний фізичний розвиток.

Природне освітлення поділяється на бічне освітлення, що забезпечується світловими прорізами (вікнами) у зовнішніх стінах, стельове освітлення, яке забезпечується світловими вікнами або отворами в даху чи стелі, і комбіноване освітлення.

При встановленні штучного освітлення необхідно забезпечити хороші санітарно-гігієнічні умови для зорової роботи і при цьому враховувати економічні показники. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення».

У таблиці 6.2 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.2 – Норми штучного освітлення коефіцієнта природної освітленості КПО виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні			
Розряд зорової роботи	VIII-б			
Штучне освітлення	Освітленість, лк	При системі загального освітлення		100
		При системі комбінованого освітлення	Всього	-
			Ут.ч. від загального	-
Природне освітлення	КПО, ен, %	При боковому освітленні	0,3	
Суміщене освітлення		При боковому освітленні	0,7	

Передбачити системи освітлення для різних функціональних цілей, для таких як робота, аварійні ситуації, евакуація, ремонт та безпека. Для проведення

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ремонтних робіт передбачені переносні електричні світильники. На випадок вимкнення робочого освітлення є система аварійного освітлення.

У вибухонебезпечних зонах планується використання пилонепроникних люмінесцентних ламп. Для вимірювання та контролю освітленості приміщень буде використовуватися люксметр Ю-117, з періодичністю вимірювання один раз на рік, після ремонту системи освітлення або заміни ламп.

Окрім виробничого цеху, на виробництві також має місце цех операторів АСУТП, схема якого приведена на рисунку 6.1. Площа цього приміщення становить 16 м². В цьому приміщенні розташовані два автоматичних робочих місця (АРМ) оператора – технолога, обладнані ЕОМ.

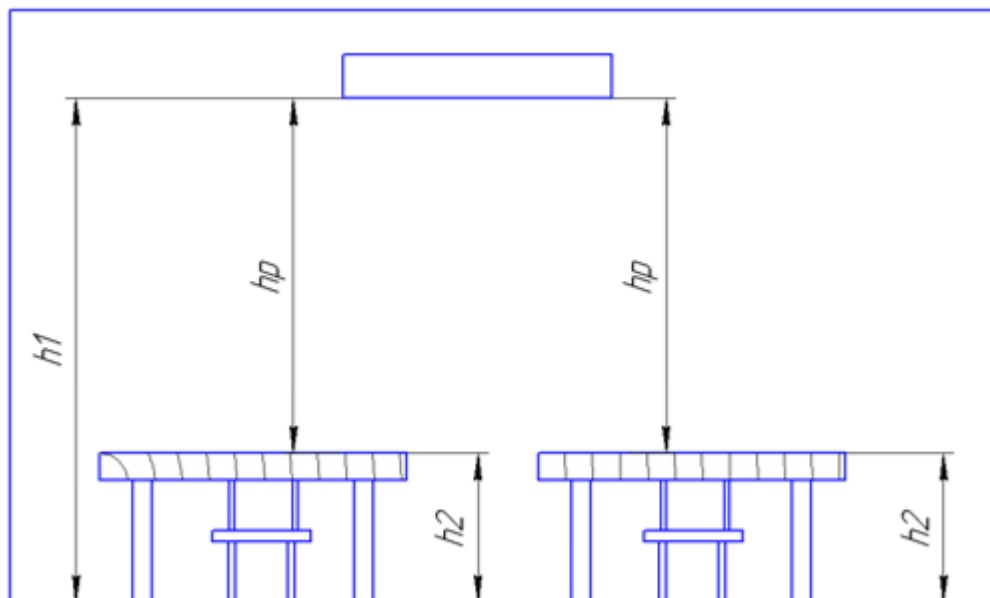


Рисунок 6.1 – Схема операторної кімнати виробництва

Необхідно перевірити, чи відповідає освітленість робочого місця користувача ПК рівню зорової роботи. За результатами вимірювань природна освітленість поверхні, на якій розміщено ПК, становить 200 лк, тоді як освітленість тієї ж поверхні від зовнішнього повітря - 20 000 лк, тобто КПО = 1%, що не відповідає нормі КПО.

Розрахуємо штучне освітлення кімнати площею 30 м² шириною А - 5 м, довжиною В - 6 м і висотою 4 м.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Розрахунок проводимо методом світлового потоку. Для визначення кількості світильників, необхідних для забезпечення нормованої освітленості, скористаємося

формулою світлового потоку, що падає на робочу поверхню:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta},$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 300$ Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S=30\text{м}^2$);

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $Z = 1,1$);

K - коефіцієнт запасу, в нашому випадку $K = 1,5$);

η - коефіцієнт використання світлового потоку, значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{ст}} = 50\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h_p(A + B)} = \frac{30}{1(5 + 6)} = 2,72$$

де h_p – розрахункова висота підвісу ($h_p = h_1 - h_2$, $h_p=1\text{м}$).

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення $\eta = 0,67$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 1,1}{0,67} = 22164\text{Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу Т8, світловий потік яких $F = 3420$ Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{22164}{3420} \approx 6$$

де N – кількість ламп, що визначається; F - світловий потік; $F_{\text{л}}$ - світловий потік лампи.

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 3 світильники із 2 працюючими лампами в них.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лам		

Схема розташування світильників в операторській зображена на рисунку 6.2.

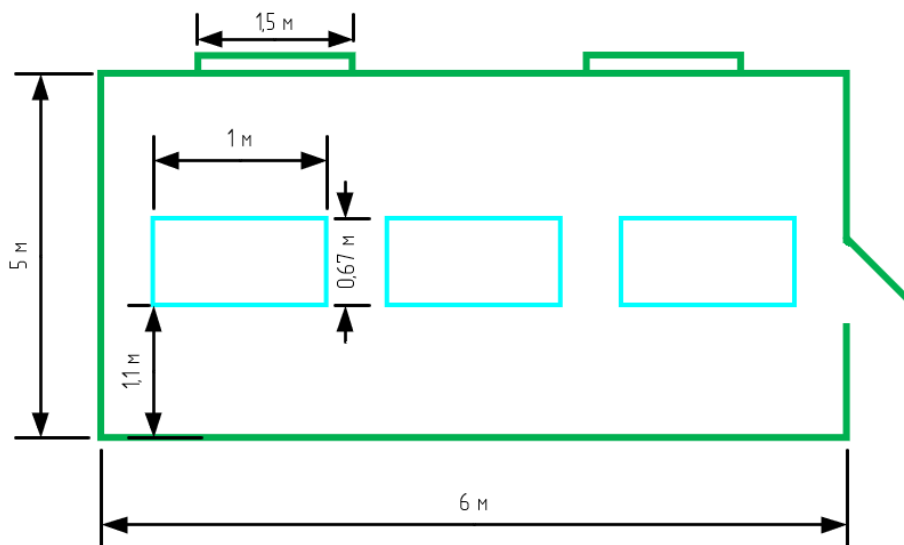


Рисунок 6.2 – Схема розташування світильників в приміщенні

6.3 Шум та вібрація

Джерелами вібрації на виробництві, є електродвигуни, вентилятори. Джерелами шумів на виробництві є реактор, сепаратори, дільники. Згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» у виробничих приміщеннях прийнята норма рівня звуку становить 80 дБА.

Згідно ДСН 3.3.6.039.99 « Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації » допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1-го ступеня шкідливості - до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості - до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості по вібрації. Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогометричними частотами, Гц									Рівні шуму еквівалентні рівні шуму, ДБА, ДБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для індивідуального захисту від шуму є м'які навушники. Для захисту рук від вібрацій використовуються рукавички зі спеціальними антивібраційними вставками. Для запобігання передачі вібрації на ноги рекомендується взуття з товстою гумовою підошвою. Для вимірювання шуму та вібрації ми використовуємо шумомір ВШВ-003.

6.4 Електробезпека

Все електрообладнання цього заводу живиться від трифазної чотирипровідної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму частотою 50 Гц гранично допустимі значення напруги дотику і струму, що протікає через тіло людини, складають:

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

- при аварійному режимі $I_l = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дом}} = 36 \text{ В}$;
- при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_l = 0,3 \text{ мА}$, $U_{\text{дом}} = 2 \text{ В}$.

Для визначення електричної безпеки згідно з ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів» здійснюють порівняння розрахункового значення із гранично допустимого значенням струму.

Таблиця 6.4 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

Ділянка	Категорія приміщення по електробезпеці.
Виробничий цех	Особливо небезпечне приміщення
Побутові приміщення	Приміщення без підвищеної небезпеки

Для забезпечення електробезпеки використовуються наступні технічні заходи та засоби: контроль нуля, захисне відключення, низька напруга, відокремлення робочих органів, електрична ізоляція мереж, знаки безпеки, захисні пристрої, шлагбауми, попереджувальні написи, сигналізація та попереджувальні плакати. Також використовується подвійна ізоляція.

Виробничі потужності проходять періодичні перевірки певних типів електричних проводів, освітлювального обладнання, електродвигунів/стартерів та іншого електричного обладнання.

Будівля захищена громовідводом для запобігання прямих ударів блискавки. Закрите електрообладнання на заводі є пило- та водонепроникне.

6.5 Пожежна безпека

Серед можливих причин пожежі на цьому планованому виробництві – перевантаження електрообладнання, нагрівання стінок обладнання, іскри від електрообладнання та тертя механічних частин, а також електрична дуга при розриві високовольтного ланцюга та використання у виробництві горючих речовин та матеріалів.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

В приміщенні операторів всі вимоги пожежної безпеки виконуються згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

При оформленні робочого місця вживаються запобіжні заходи: будівля розділена на секції протипожежними перешкодами у вигляді протипожежних перекриттів, крил, навісів і стін, з протипожежною відстанню між будівлями 10 м; протипожежний водопровід, пожежні гідранти, резервуари з протипожежним піском, пожежні щити, вогнегасники типу ВВ і ВХП; встановлена автоматична пожежна сигналізація; ізоляція захищена від термічних і механічних впливів.

Застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів) призначене для нагрівальних приладів. Усі електроустановки обладнані пристроями захисту від струму короткого замикання.

Встановлено автоматичну пожежну сигналізацію. Перед початком роботи потрібно продути труби повітрям і перевірити результати продування. Для протипожежного захисту проводиться регулярне технічне обслуговування та фарбування електросистеми негорючими матеріалами.

При проектуванні і будівництві виробничих будівель і споруд необхідно також враховувати категорію приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежевибухонебезпечності речовин та матеріалів, що там знаходяться, та їх кількості. Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою” приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на категорії. Згідно технологічного процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони, де використовується синтез-газ, суміш, яка містить монооксид вуглецю і водню, а також малу кількість діоксиду вуглецю, які вибухопожежебезпечні. Категорія нашого приміщення А – вибухопожежебезпечна та пожежебезпечна зона класу П-І і вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ВИСНОВКИ

Під час розробки дипломного проєкту на тему «Автоматизація технологічного процесу синтезу метанолу» було:

- проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу синтезу метанолу;
- проаналізовано фізико-хімічні основи процесу з точки зору автоматичного контролю процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони;
- розроблено схеми автоматизації процесу синтезу метанолу, поєднаного з насадкою колони;
- розроблено принципові електричні схеми системи аварійного захисту і технологічного блокування електродвигунів, системи технологічної сигналізації значень вимірювальних параметрів, системи технологічного блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів при аварійній ситуації та контуру регулювання вимірюваного параметру;
- розроблено монтажні комутаційні електричні схеми електромоторів і системи технологічного блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів при аварійній ситуації, а також специфікації, що наведені в додатках А, Б, В;
- виконано розрахунок похибок вимірювального каналу;
- здійснено математичне моделювання холодильника-конденсатора;
- створено одноконтурні замкнені системи з П, ІІІ- та ПІД-регуляторами;
- досліджено систему розпізнавання людини на виробництві в режимі реального часу
- розглянуто та описано розділ охорони праці.

Отримані навички є мінімумом, необхідним для належної розробки планів автоматизації та зменшення потреби в участі людини у виробничому процесі.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кутепов А.М. та ін. Загальна хімічна технологія: Навчальний посібник для ВНЗ/А.М. Кутепов, Т.І. Бондарева, М.Г. Беренгартен. - 3 ч., 2004, -528 с. ISBN 5-94628-079-1.

2. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ З МОДЕЛЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ / ЛОРІЯ М.Г., ПОРКУЯН О. В., ЦЕЛІЩЕВ О.Б., КУПІНА О.А. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dspace.snu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/48a97b19-08bb-4781-bb5f-5f54dd216afa/content>

3. Ковалевський В. М. Схема автоматизації технологічного процесу хімічного виробництва [Електронний ресурс] : Методичні вказівки по виконанню контрольної роботи курсу «Технічні засоби автоматизації – 1» кредитного модуля «Електричні елементи та пристрої автоматизації» до напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / НТУУ «КПІ» уклад. В. М. Ковалевський. – Електронні текстові дані (1 файл; 2,69 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – <http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/2258>

4. М. В. Лукінюк Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб. для курс. проектування – К., 2002. – 257 с.: іл.

5. М. В. Лукінюк Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: Навч. посіб. для курс. хім.технологія та інженерія. – К., 2012. – 336 с.: іл.

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

7. ДСТУ 2681–94. Метрологія. Терміни та визначення. – Чинний від 26.07.1994. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с.

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		

8. Обладнання хімічних виробництв [Електронний ресурс] // Конспект лекцій. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/141446136.pdf>.

9. ДСТУ Б А.2.4–3:2009. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. Чинний від 23.01.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.

10. Проект розрахунку кожухотрубного теплообмінника [Електронний ресурс] // 4ua.co.ua. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://4ua.co.ua/manufacture/sa3ad79b5c43a89521206d37_0.html.

11. Жученко А.І., Ярощук Л.Д. Спеціальні розділи математики для дослідження комп'ютерних систем: Навч. посіб. – К. : ІВЦ «Видавництво “Політехніка”», 2002. -208 с.

12. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Коржик. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2016. – 174 с. Іл.

13. Face Detection – Dlib, OpenCV, and Deep Learning (C++ / Python) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://learnopencv.com/face-detection-opencv-dlib-and-deep-learning-c-python/>

14. Computer Vision – People Detection & Face recognition [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rhino-partners.com/blog/computer-vision-people-detection-face-recognition>

15. Md Ashikur. Rahman. Computer Vision Based Human Detection. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS), 2017, 1 (5), pp.62 - 85. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hal.science/hal-01571292/document>

16. Fork of Human Detection Tensorflow [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kaggle.com/code/aakashveera/fork-of-human-detection-tensorflow>

					ЛПЛА01 02 00 000ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Лат		

17. Object detection from live cctv video [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/pushprajkatiyar/object-detection-from-cctv>

18. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.

19. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // НДІБК. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

20. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text>

21. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів [Електронний ресурс] // НДІБК. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29774

22. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Електронний ресурс] // НДІБК. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456

23. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Електронний ресурс] // МВС. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48704.

ДОДАТОК А

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

для схеми автоматизації технологічного процесу синтезу метанолу
(креслення дипломного проєкту № ДПЛА01.02.01.000С2)

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль рівня сировини								
10-1	Рівень маси	Об'єм баку	0,7...4,2 м	На корпусі апарату	Радарний рівнемір; частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, абсолютна похибка ± 1 мм, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура в місці встановлення датчика (-60)... 50 °C; $I_{вих} = 4...20$ мА	УЛМ-11	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10-2	Те саме	-	-	По місцю	Блок нормування сигналу радарного вимірювача рівня, плата комутації КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20мА	ВМ 70-Р	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ»
10-3	Те саме	-	-	На пульті керування	Мікропроцесорний регулятор, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-21	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
10-4	Те саме	-	-	На пульті керування	Блок ручного управління, вихід АО1= 4...20мА	БРУ-7	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
10-5	Те саме	-	-	По місцю	Перетворювач сигналів Е/Р Samson 3274	Samson 3274	1	м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905
10-7	Те саме	-	-	По місцю	Датчик положення клапану Samson 3274	Samson 3274	1	м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905
10-6	Те саме	-	-	На трубопроводі	Регулювальний клапан, вхідний сигнал 4...20мА, живлення 230 В, кор. стійке вилів корпусу А351/CF8М, Ру=40, Ду=100: IV-S1	Samson 3274	1	Самсон. 02660, м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль витрати сировини								
1-1 6-1 11-1	Витрата сировини	Вхідний трубопровід з потокот сировини	100...500 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P_y = 0,6 МПа; $D_{тр} = 150$ мм; граничнодопустима основна похибка 1,5 %	ДКС 0,6–150	3	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
1-2 6-2 11-2	Те саме	-	-	По місцю	Дифманометр безшкальний пневматичний із квадратичною функцією перетворення; матеріал чутливого елемента – сплав 36НХТЮ; $\Delta P_{max} =$ 400 кПа; температура повітря (-50)...80 °С, відстань передачі сигналу за внутрішнього діаметру трубки 6 мм – 300 м, клас точності 1, $P_{вих} = 20...100$ кПа	13ДД11, мод. 720	3	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-3 6-3 11-3	Те саме	-	-	На пульті керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний (система СТАРТ); $P_{вх} = 20 \dots 100$ кПа, граничнодопустима основна похибка 0,5 %; $P_{живл} = 140$ кПа, витрата повітря живлення 6,5 л/год	ФК0071	3	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
1-4 6-4 11-4	Те саме	-	-	На пульті керування	Блок ручного управління, вихід АО1= 4...20мА	БРУ-7	3	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
1-5 6-5 11-5	Те саме	-	-	По місцю	Перетворювач сигналів Е/Р Samson 3274	Samson 3274	3	м. Київ, вул. М. Расковой. 19, оф 905
1-7 6-7 11-7	Те саме	-	-	По місцю	Датчик положення клапану Samson 3274	Samson 3274	3	м. Київ, вул. М. Расковой. 19, оф 905
1-6 6-6 11-6	Те саме	-	-	На трубопроводі	Регулювальний клапан, вхідний сигнал 4...20мА, живлення 230 В	Samson 3274	3	Самсон. 02660, м. Київ, вул. М. Расковой. 19, оф 905

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль температури сировини								
5-1	Температура потоку сировини	Колона синтезу, змішаний газ	330... 340 °C	Корпус колони синтезу	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, діапазон вимірювання 0...500 °C, $P_{\max} = 25$ МПа, довжина монтажної частини 80...2000 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т; інерційність 10 с, клас допуску А,В	ТСП-1287	1	НВО«Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк
7-1	Те саме	Холодильник-конденсатор, змішаний газ	30... 35 °C	Корпус холодильника-конденсатора	Термоперетворювач опору платиновий, НСХ 50П, діапазон вимірювання (50)...60 °C, $P_{\max} = 25$ МПа, довжина монтажної частини 200...3150 мм, захисна арматура – сталь 8Н10Т; інерційність 30 с, клас допуску 2	ТСП-1288	1	НВО«Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-2	Те саме	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня, з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ ТП – В, К, L, S; НСХ ТО – 50П, 100П, 50М, 100М; Р _{вих} = 20...100 кПа; граничнодопустима основна похибка показань 0,5 %, реєстрації 1 %	ДИСК-250В4	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
7-2	Те саме	-	-	Місцевий	Перетворювач нормувальний, вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТП НСХ В, К, L, S, R та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М; клас точності 0,4 (0,5) – залежно від діапазону вимірювання ТП, ТО; I _{вих} = 0...5 (4...20 мА), U _{вих} = 0...10 В	П282	1	НВО «Електротермія», м. Луцьк

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7-3	Те саме	-	-	Місцевий	Модуль аналого-цифрового перетворювача перетворює в цифрову форму 16 гальванічно розділених вхідних уніфікованих сигналів 0...5 мА ($R_{вх}=400 \text{ Ом}$), 0(4)...20 мА ($R_{вх}=100 \text{ Ом}$), 0...10 В ($R_{вх}>10 \text{ кОм}$); розрядність АЦП – 12 розрядів, спосіб перетворення – подвійне, гранично допустима похибка $\pm 0,25 \%$	АЦП16	1	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ
7-4	Те саме	-	-	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, з пристроєм пневматичної сигналізації, реєструвальний, клас точності 1, $P_{вх} = 20 \dots 100 \text{ кПа}$, $P_{живл} = 140 \text{ кПа}$	ПКР.1П	1	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль тиску системи								
2-1 3-1 4-1 8-1 9-1 12-1 13-1 14-1 15-1	Тиск у трубопроводі	Трубопровід на виході	0...40 МПа	По місцю	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 40$ МПа, температура $5...50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, клас точності 0,25; $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	«Сапфир - 22ДИ», мод.2170	9	ВО «Геофізприлад», м.Івано-Франківськ
2-2 3-2 4-2 8-2 9-2 12-2 13-2 14-2 15-2	Тиск	-	-	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад із блоком добування квадратного кореня, з пристроєм сигналізації ; вхідні сигнали: $0...50$ мВ, $0...100$ мВ, $0...5$ В, $0...10$ В, $0...5$ мА, $4...20$ мА; НСХ ТП – В, К, L, S; НСХ ТО – 50П, 100П, 50М, 100М; $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа; граничнодопустима основна похибка показань 0,5 %, реєстрації 1 %	ДИСК-250В4	9	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ								
KM1 KM2 KM3 KM4 KM5 KM6	Дискретний сигнал	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах AC 400V/DC24V, контакти AC1 16A/250V, контакти DC1 16A/24 V	RM63	6	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6, HL7, HL8, HL9, HL10, HL11, HL12, HL13, HL14, HL15, HL16, HL17, HL18, HL19, HL20, HL21, HL22	Сигналізація	-	-	На пульті керування	Лампа сигнальна світлодіодна (LED) з жовтим індикатором (матриця), $W_{\max} = 0,01$ Вт, $U_{\text{ном}} = 230$ В, 50 Гц, монтажна глибина ніші: 72,5 мм; кріплення на DIN-рейку	ЛС-47М	22	ІЕК Україна, м. Вишневе Київська обл.

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КАБЕЛІ ТА ПРОВІДНИКИ									
-	-	-	-	-	Кабель 4 × 1,5 мідний, діаметр 13,82 мм; ізоляція – пластикат полівінілхлоридний	КВБШ	-	Завод «Південкабель», м. Харків	3 км

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МОНТАЖНІ ВИРОБИ									
-	-	-	-	-	Коробка з'єднувальна вибухозахисного виконання, кількість вводів – 16; d = 18 мм	КСВ-11	-	Завод «Південкабель», м. Харків	20 од.
МАТЕРІАЛИ									
-	-	-	-	-	Труби захисні для електропроводок сталеві, 26 × 1,6 (з муфтами БНМ 100)	БНТ 100	-	Південнотрубний завод, м. Нікополь	10 комп.

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

для принципової електричної схеми дистанційного керування електромоторами із системою аварійного захисту та технологічних блокувань у аварійних ситуаціях технологічного процесу синтезу метанолу (креслення дипломного проєкту № ДПЛА01.02.02.000ЕЗ)

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дистанційне вмикання та вимикання живлення електромотора М1								
FP1, FP2	Контроль струму у ланцюгу живлень обмоток мотору М1	Ланюг живлення після контактів магнітного пускача МП1	0 ... 20 А	По місцю	Автоматичний вимикач з тепловим реле, струм відключення 25 А, 380 В, 50 Гц, час відключення 0,05 с	КЭАЗ Серия В13-25-380	2	м. Харків, провулок Монгольський 6
SA1	Вмикання/вимикання ланцюга живлення до МП1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення до магнітного пускача МП5, 220 В	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
FU1	Запобіжний контроль струму у ланцюгу живлення до пускача МП1	Ланцюг між фазою С та N	10 А	На пульті керування	Плавкий запобіжник, МАХ струм 10 А, ГОСТ 17242, 220 В, контакти з електротехнічної міді, ТУ-3424-050-057581109-2009	КЭАЗ НПН2-60-УЗ, 10 А	1	м. Харків, провулок Монгольський 6

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SB1	Вимикання живлення для пускача МП1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Стоп»	ХВ-2ВА31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
SB2	Вмикання живлення для пускача МП1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Пуск»	ХВ-2ВА42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
МП1	Вмикання/вимикання 380 В для мотора М1 та сигнальних лампочок HL17, HL16	Відцентровий насос	380 В, 10 кВт	На пульті керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електромотора 10кВт з живленням 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL17	Сигналізація вимикання живлення мотора М1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL16	Сигналізація вимикання живлення мотора М1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
KM1	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора М1	Ланцюг струму між платою КБ3-17К-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах AC 400V/DC24V, контакти AC1 16A/250V, контакти DC1 16A/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
KM2	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора M1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах AC 400V/DC24V, контакти AC1 16A/250V, контакти DC1 16A/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL19	Сигналізація про аварію насоса з мотором M1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю E27/27	B215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL18	Сигналізація про спрацювання системи аварійного захисту мотора M1	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю E27/27	B215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
БПС24-2К	Напруга живлення 24 В	Ланцюг струму між платою КБ3-17К-01 і блоком живлення 24 В	24 В	На пульті керування	Блок живлення МІКРОЛ стабілізований: - номінальний струм навантаження на кожний канал живлення 300 mA; - забезпечується захист від перенавантаження та короткого замикання; - струм короткого замикання не більше 50 mA; - потужність споживання 30 Вт; - маса блока живлення 1,2 кг	БПС24-2К двоканалний	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КБЗ-17К-01	Ланцюги підключення живлення 24 В	Плата клемноблочних з'єднань ланцюгів системи аварійного захисту	24 В	На пульті керування	Плата клемноблочних з'єднань приладу ІТМ-11: - на вході стандартні струми; - на виході струмовий сигнал; - модуль інтерфейсу RS485б швидкість лінії зв'язку 62,6 кбіт/с, протокол ModBus, гальванічна ізоляція	КБЗ-17К-01	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
PIAS Поз. 12-2	Значення тиску у трубопроводі	-	-	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17К-01, вихід АО1 = 4...20 мА	ІТМ-11	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
VD1 VD2	Струм у ланцюгу реле КМ1	-	Струм 0,5 А	На пульті керування	Діод марки КД209 для зменшення струму самоіндукції на контактах DO1, DO2, розрахункові зворотні; напруга 100 В; струм 0,5 А	КД209	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РТ Поз. 12-1	Тиск у трубопроводі відцентрованого насосу	Трубопровід на виході відцентрованого насосу	0...10 МПа	По місцю	Перетворювач мікропроцесорний надлишкового тиску: - різьба для кріплення М20х1,5; - різьба для гідравлічного дроселя М5 для захисту від гідравлічних ударів; - корпус сталь нержавіюча 12Х18Н10Т; - вихідний сигнал постійного струму 4...20мА; - захист корпусу IP65	ОВЕН-ПД100-ДИМ	1	АЯ 7497 м. Харків вул. Широнинцева, 3А, www.owen.ru
Дистанційне вмикання та вимикання живлення електромотора М2								
FP3, FP4	Контроль струму у ланцюгу живлень обмоток мотору М2	Ланцюг живлення після контактів магнітного пускача МП2	0 ... 20 А	По місцю	Автоматичний вимикач з тепловим реле, струм відключення 25 А, 380 В, 50 Гц, час відключення 0,05 с	КЭАЗ Серия В13-25-380	2	м. Харків, провулок Монгольський 6
SA2	Вмикання/вимикання ланцюга живлення до МП2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення до магнітного пускача МП5, 220 В	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
FU2	Запобіжний контроль струму у ланцюгу живлення до пускача МП2	Ланцюг між фазою С та N	10 А	На пульті керування	Плавкий запобіжник, МАХ струм 10 А, ГОСТ 17242, 220 В, контакти з електротехнічної міді, ТУ-3424-050-057581109-2009	КЭАЗ НПН2-60-УЗ, 10 А	1	м. Харків, провулок Монгольський 6
SB3	Вимикання живлення для пускача МП2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Стоп»	ХВ-2ВА31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
SB4	Вмикання живлення для пускача МП2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Пуск»	ХВ-2ВА42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
МП2	Вмикання/вимикання 380 В для мотора М2 та сигнальних лампочок HL21, HL20	Відцентровий насос	380 В, 10 кВт	На пульті керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електромотора 10кВт з живленням 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL21	Сигналізація вимикання живлення мотора М2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL20	Сигналізація вимикання живлення мотора М2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КМ3	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора М2	Ланцюг струму між платою КБ3-17К-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах АС 400V/DC24V, контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
КМ4	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора М2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах АС 400V/DC24V, контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL22	Сигналізація про аварію насоса з мотором М2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL23	Сигналізація про спрацювання системи аварійного захисту мотора М2	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
БПС24-2К	Напруга живлення 24 В	Ланцюг струму між платою КБЗ-17К-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Блок живлення МІКРОЛ стабілізований: - номінальний струм навантаження на кожний канал живлення 300 мА; - забезпечується захист від перенавантаження та короткого замикання; - струм короткого замикання не більше 50 мА; - потужність споживання 30 Вт; - маса блока живлення 1,2 кг	БПС24-2К двоканальний	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
КБЗ-17К-01	Ланцюги підключення живлення 24 В	Плата клемноблочних з'єднань ланцюгів системи аварійного захисту	24 В	На пульті керування	Плата клемноблочних з'єднань приладу ІТМ-11: - на вході стандартні струми; - на виході струмовий сигнал; - модуль інтерфейсу RS485б швидкість лінії зв'язку 62,6 кбіт/с, протокол ModBus, гальванічна ізоляція	КБЗ-17К-01	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
PIAS Поз. 13-2	Значення тиску у трубопроводі на виході відцентрового насосу	-	-	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17К-01, вихід АО1 = 4...20 мА	ІТМ-11	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
VD3 VD4	Струм у ланцюгу реле KM15	-	Струм 0,5 А	На пульті керування	Діод марки КД209 для зменшення струму самоіндукції на контактах DO1, DO2, розрахункові зворотні; напруга 100 В; струм 0,5 А	КД209	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашевсь ка, 5, ООО «МІКРОЛ»
РТ Поз. 13- 1	Тиск у трубопроводі відцентрованого насосу	Трубопровід на виході відцентрованого насосу	0...10 МПа	По місцю	Перетворювач мікропроцесорний надлишкового тиску: - різьба для кріплення М20х1,5; - різьба для гідравлічного дроселя М5 для захисту від гідравлічних ударів; - корпус сталь нержавіюча 12Х18Н10Т; - вихідний сигнал постійного струму 4...20мА; - захист корпусу IP65	ОВЕН- ПД100-ДИМ	1	АЯ 7497 м. Харків вул. Широнинцева, 3А, www.owen.ru

Дистанційне вмикання та вимикання живлення електромотора М3

FP5, FP6	Контроль струму у ланцюгу живлень обмоток мотору М3	Ланцюг живлення після контактів магнітного пускача МПЗ	0 ... 20 А	По місцю	Автоматичний вимикач з тепловим реле, струм відключення 25 А, 380 В, 50 Гц, час відключення 0,05 с	КЭАЗ Серия В13- 25-380	2	м. Харків, провулок Монгольський 6
-------------	---	--	------------	----------	--	------------------------------	---	--

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SA3	Вмикання/вимикання ланцюга живлення до МПЗ	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення до магнітного пускача МП5, 220 В	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20
FU3	Запобіжний контроль струму у ланцюгу живлення до пускача МПЗ	Ланцюг між фазою С та N	10 А	На пульті керування	Плавкий запобіжник, МАХ струм 10 А, ГОСТ 17242, 220 В, контакти з електротехнічної міді, ТУ-3424-050-057581109-2009	КЭАЗ НПН2-60-УЗ, 10 А	1	м. Харків, провулок Монгольський 6
SB5	Вимикання живлення для пускача МПЗ	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Стоп»	ХВ-2ВА31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
SB6	Вмикання живлення для пускача МПЗ	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Пуск»	ХВ-2ВА42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
МПЗ	Вмикання/вимикання 380 В для мотора М3 та сигнальних лампочок HL25, HL24	Відцентровий насос	380 В, 10 кВт	На пульті керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електромотора 10кВт з живленням 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL25	Сигналізація вимикання живлення мотора М3	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									103
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
HL24	Сигналізація вимикання живлення мотора М3	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
КМ3	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора М3	Ланцюг струму між платою КБ3-17Р-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах АС 400V/DC24V, контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL26	Сигналізація про аварію насоса з мотором М3	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
БПС24-2К	Напруга живлення 24 В	Ланцюг струму між платою КБ3-17Р-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Блок живлення МІКРОЛ стабілізований: - номінальний струм навантаження на кожний канал живлення 300 мА; - забезпечується захист від перенавантаження та короткого замикання; - струм короткого замикання не більше 50 мА; - потужність споживання 30 Вт; - маса блока живлення 1,2 кг	БПС24-2К двоканалний	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КБЗ-17Р-01	Ланцюги підключення живлення 24 В	Плата клемноблочних з'єднань ланцюгів системи аварійного захисту	24 В	На пульті керування	Плата клемноблочних з'єднань приладу ІТМ-11: - на вході стандартні струми; - на виході струмовий сигнал; - модуль інтерфейсу RS485б швидкість лінії зв'язку 62,6 кбіт/с, протокол ModBus, гальванічна ізоляція	КБЗ-17К-01	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
PIAS Поз. 14-2	Значення тиску у трубопроводі на виході відцентрового насосу	-	-	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17К-01, вихід АО1 = 4...20 мА	ІТМ-11	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
VD5 VD6	Струм у ланцюгу реле КМ16	-	Струм 0,5 А	На пульті керування	Діод марки КД209 для зменшення струму самоіндукції на контактах DO1, DO2, розрахункові зворотні; напруга 100 В; струм 0,5 А	КД209	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РТ Поз. 14-1	Тиск у трубопроводі відцентрованого насосу	Трубопровід на виході відцентрованого насосу	0...10 МПа	По місцю	Перетворювач мікропроцесорний надлишкового тиску: - різьба для кріплення М20х1,5; - різьба для гідравлічного дроселя М5 для захисту від гідравлічних ударів; - корпус сталь нержавіюча 12Х18Н10Т; - вихідний сигнал постійного струму 4...20мА; - захист корпусу IP65	ОВЕН-ПД100-ДИМ	1	АЯ 7497 м. Харків вул. Широнинцева, 3А, www.owen.ru

Дистанційне вмикання та вимикання живлення електромотора М4

FP7, FP8	Контроль струму у ланцюгу живлень обмоток мотору М4	Ланцюг живлення після контактів магнітного пускача МП4	0 ... 20 А	По місцю	Автоматичний вимикач з тепловим реле, струм відключення 25 А, 380 В, 50 Гц, час відключення 0,05 с	КЭАЗ Серия В13-25-380	2	м. Харків, провулок Монгольський 6
SA4	Вмикання/вимикання ланцюга живлення до МП4	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кулачковий перемикач ланцюга живлення до магнітного пускача МП5, 220 В	4G25-10-US5-R112	1	м. Івано-Франківськ, вул. Красівського, 20

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									106
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
FU4	Запобіжний контроль струму у ланцюгу живлення до пускача МП4	Ланцюг між фазою С та N	10 А	На пульті керування	Плавкий запобіжник, МАХ струм 10 А, ГОСТ 17242, 220 В, контакти з електротехнічної міді, ТУ-3424-050-057581109-2009	КЭАЗ НПН2-60-УЗ, 10 А	1	м. Харків, провулок Монгольський 6
SB7	Вимикання живлення для пускача МП4	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Стоп»	ХВ-2ВА31	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
SB8	Вмикання живлення для пускача МП14	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Кнопка управління, типу АСКО, зелена «Пуск»	ХВ-2ВА42	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
МП4	Вмикання/вимикання 380 В для мотора М4 та сигнальних лампочок HL27, HL28	Відцентровий насос	380 В, 10 кВт	На пульті керування	Магнітний пускач, роб. струм 23 А, допустима потужність електромотора 10кВт з живленням 380 В, з тепловим реле ТРН-8	ПМЕ-222	1	м. Київ, вул. Магнітогорська 1а, «ТЕХНОТОН»
HL27	Сигналізація вимикання живлення мотора М4	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL28	Сигналізація вимикання живлення мотора М4	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «зелена», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КМ4	Дискретний сигнал системи аварійного захисту мотора М4	Ланцюг струму між платою КБЗ-17Р-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Реле електромагнітне, жив/тах АС 400V/DC24V, контакти АС1 16А/250V, контакти DC1 16А/24 V	RM63	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
HL29	Сигналізація про аварію насосу з мотором М4	Ланцюг між фазою С та N	220 В	На пульті керування	Лампа «червона», потужність 40 Вт, 220 В, світловий потік 415 лм, робочий час 1000 год, тип цоколю Е27/27	Б215-225-40	1	м. Київ, вул. Лепсе 4, «СВ АЛЬТЕРА»
БПС24-2К	Напруга живлення 24 В	Ланцюг струму між платою КБЗ-17Р-01 і блоком живлення 24 V	24 В	На пульті керування	Блок живлення МІКРОЛ стабілізований: - номінальний струм навантаження на кожний канал живлення 300 мА; - забезпечується захист від перенавантаження та короткого замикання; - струм короткого замикання не більше 50 мА; - потужність споживання 30 Вт; - маса блока живлення 1,2 кг	БПС24-2К двоканальний	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									108
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КБЗ-17Р-01	Ланцюги підключення живлення 24 В	Плата клемноблочних з'єднань ланцюгів системи аварійного захисту	24 В	На пульті керування	Плата клемноблочних з'єднань приладу ІТМ-11: - на вході стандартні струми; - на виході струмовий сигнал; - модуль інтерфейсу RS485б швидкість лінії зв'язку 62,6 кбіт/с, протокол ModBus, гальванічна ізоляція	КБЗ-17К-01	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
PIAS Поз. 15-2	Значення тиску у трубопроводі на виході відцентрового насосу	-	-	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-17К-01, вихід АО1 = 4...20 мА	ІТМ-11	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»
VD7 VD8	Струм у ланцюгу реле КМ17	-	Струм 0,5 А	На пульті керування	Діод марки КД209 для зменшення струму самоіндукції на контактах DO1, DO2, розрахункові зворотні; напруга 100 В; струм 0,5 А	КД209	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ				Арк.
									109
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РТ Поз. 15- 1	Тиск у трубопроводі відцентрованого насосу	Трубопровід на виході відцентрованого насосу	0...10 МПа	По місцю	Перетворювач мікропроцесорний надлишкового тиску: - різьба для кріплення М20х1,5; - різьба для гідравлічного дроселя М5 для захисту від гідравлічних ударів; - корпус сталь нержавіюча 12Х18Н10Т; - вихідний сигнал постійного струму 4...20мА; - захист корпусу IP65	ОВЕН- ПД100-ДИМ	1	АЯ 7497 м. Харків вул. Широнинцева, 3А, www.owen.ru

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

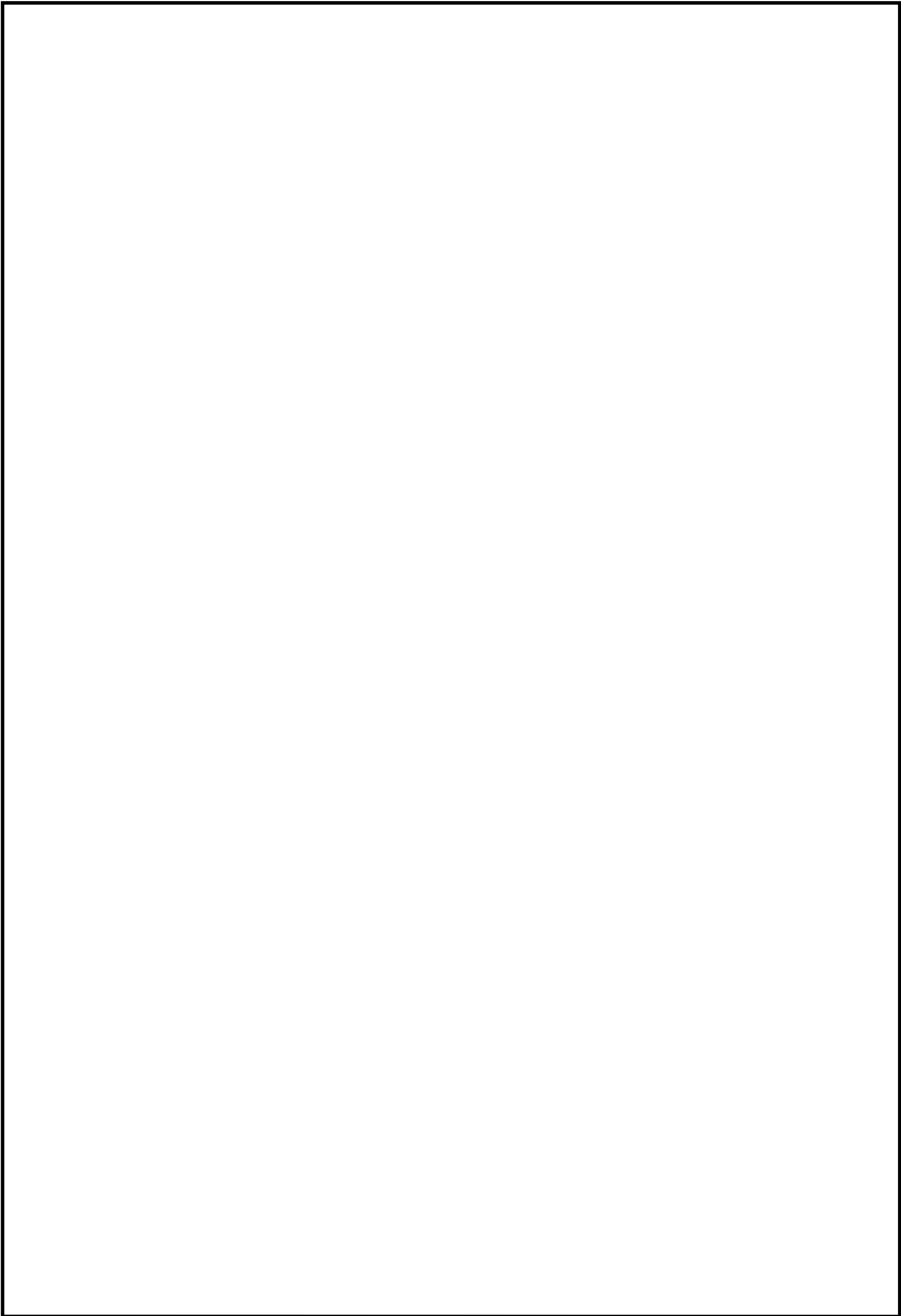
для принципової електричної схеми системи технологічного блокування вхідного сигналу до регулювальних клапанів
при аварійній ситуації у технологічному процесі синтезу метанолу
(креслення дипломного проєкту № ДПЛА01.02.04.000ЕЗ)

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сигналізація параметрів								
10-1	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	На корпусі апарату	Радарний рівнемір, FMCW-радар (8,5-9,9 ГГц), рідина/сипучі матеріали, 0...40м, температура до 250С, тиск до 400 bar	ВМ 70-Р	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ»
10-2	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	По місцю	Блок нормування сигналу радарного вимірювача рівня, плата комутації КБЗ-17-К01, вихід АО1= 4...20мА	ВМ 70-Р	1	м. Київ, вул. Васильківська 1 офіс 210, «КАНЕКС КРОНЕ»
10-3	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	На пульті керування	Мікропроцесорний регулятор, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1= 4...20мА	МІК-21	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано-Франківськ, вул. Автолітмашевська, 5, ООО «МІКРОЛ»

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						111
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10-4	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	На пульті керування	Блок ручного управління, вихід АО1= 4...20мА	БРУ-7	1	ТОВ МІКРОЛ, м. Івано- Франківськ, вул. Автолітмашевсь ка, 5, ООО «МІКРОЛ»
10-5	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	По місцю	Перетворювач сигналів Е/Р Samson 3274	Samson 3274	1	м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905
10-6	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	По місцю	Датчик положення клапану Samson 3274	Samson 3274	1	м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905
10-7	Рівень	Об'єм баку	0,7...4,2 м	На трубопроводі	Регулювальний клапан, вхідний сигнал 4...20мА, живлення 230 В, кор. стійке вилів корпусу А351/CF8М, Ру=40, Ду=100: IV-S1	Samson 3274	1	Самсон. 02660, м. Київ, вул. М. Раскової. 19, оф 905

					ДПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						112
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЛПЛА01.02.00.000ПЗ	Арк.
						113
Зм.	Арк	№ докум.	Підпи	Дат		