

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем**  
**Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»  
Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Форсюк А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» червень 2021 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ельперін І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» червень 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
на тему: Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-Зск

\_\_\_\_\_ Мусієнко Вячеслав Євгенович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Пупена Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Мошенський А.О.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.



контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 29 квітня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Мусієнко В.Є.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Пупена О.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу виробництва сірчаної кислоти.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – пьезорезестивний датчик тиску Aplisens PC-28, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом приготування затору при виробництві пива. Програма розроблена для ПЛК VIPA MICRO PLA від виробника YASKAWA. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні YASKAWA Movicon 11.6 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

**Ключові слова:** сірчана кислота, олеум, VIPA MICRO PLC, Aplisens PC-28.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		4

## Annotation

In this qualification work the development of the system is considered automation of the sulfuric acid production process.

The qualification work presents a description of the technological process, tasks for automation system, automation scheme, specification technical means of automation, assembly diagram of technical means automation - piezoresistive pressure sensor Aplisens PC-28, wiring diagrams sensors and actuators to the PLC and advanced wiring diagrams technical means.

An algorithm and a program for controlling the cooking process have been developed congestion in beer production. The program is designed for PLC VIPA MICRO PLA from manufacturer YASKAWA. Interface SCADA-technological program process is developed in YASKAWA Movicon 11.6 software and view display mnemonic is presented in the note.

**Keywords:** sulfuric acid, oleum, VIPA MICRO PLC, Aplisens PC-28.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

## Зміст

Вступ.....	8
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Вибір регульованих величин і каналів регульовальних дій.....	17
1.3. Вибір контрольованих величин.....	17
1.4. Вибір сигналізованих величин.....	17
1.5. Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
Розділ 2. Опис системи автоматизації.....	21
2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації.....	21
2.2. Вибір технічних засобів.....	21
2.3. Вибір місця розташування технічних засобів.....	32
2.4. Схема автоматизації.....	33
Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера.....	37
3.1. Приклад проектного компонування мікропроцесорного контролера.....	37
3.2. Обґрунтування вибору процесорного модуля.....	38
3.3. Обґрунтування вибору модуля аналогових входів.....	39
3.4. Обґрунтування вибору модуля дискретних входів.....	41
3.5. Обґрунтування вибору модуля дискретних виходів.....	42
3.6. Обґрунтування вибору модуля аналогових виходів.....	42

3.7. Схеми автоматизації контуру контролю та регулювання температури газу на виході печі обжигу в «киплячому шарі».....	44
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів.....	47
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для МПК).....	49
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	56
6.1. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	56
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	61
Висновок.....	62
Список використаної літератури.....	63

## Вступ

Сірчана кислота - найважливіший продукт основою хімічної промисловості. Серед мінеральних кислот, вироблених хімічною промисловістю, сірчана кислота за обсягом виробництва і споживання займає перше місце. Пояснюється це двома причинами: її дешевизною в порівнянні з усіма іншими кислотами, і її властивостями. Сірчану кислоту застосовують у різних галузях народного господарства, оскільки вона володіє комплексом особливих властивостей, які полегшують її технологічне використання. Сірчана кислота не димить, в концентрованому вигляді не кородує чорні метали, здатна утворювати численні стійкі солі і є дешевою сировиною для різних виробництв. Найбільшим споживачем сірчаної кислоти в даний час є промисловість фосфорних і азотних мінеральних добрив, таких як сульфат амонію, амофос, суперфосфат та ін. Простий суперфосфат отримують обробкою апатитів і фосфоритів сірчаною кислотою. Застосування мінеральних добрив сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур та утримання в них корисних речовин. Крім того, сірчана кислота застосовується для виробництва деяких кислот (фосфорної, соляної, оцтової), сульфатів, штучних волокон, лаків, фарб, пластмас, миючих засобів, вибухових речовин, лікарських препаратів, отрутохімікатів, а також при виробництві кольорових і рідкісних металів, спиртів, ефірів. Вона витрачається на очищення нафтопродуктів, в якості електроліту в кислотних акумуляторах, в машинобудуванні - на підготовку поверхні металів при нанесенні гальванічних покриттів. У металообробній промисловості сірчана кислота і її солі застосовують для травлення сталевих виробів. Перш, ніж знайти застосування речовини, спочатку детально вивчають його фізичні і хімічні властивості. Після цього стають зрозумілими межі використання речовини.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		8

## Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

### 1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

#### Аналіз технологічного процесу

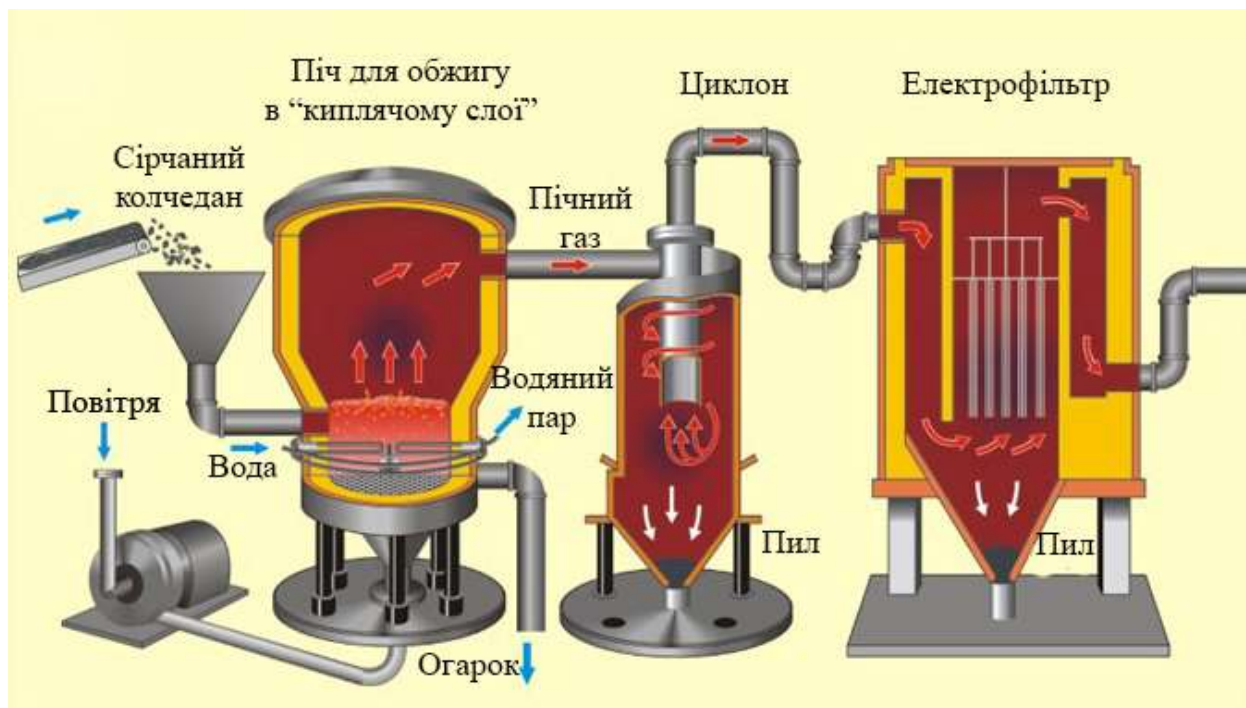


Рисунок 1.1 – Схема виробництва сірчаної кислоти(частина 1)

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мусієнко В.Є.			Літ.	Лист	Листів
Перев.		Пупена О.М.				9	12
Н. Контр.		Ельперін І.В.			НУХТ АК-4-3ск		
Затв.		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти		

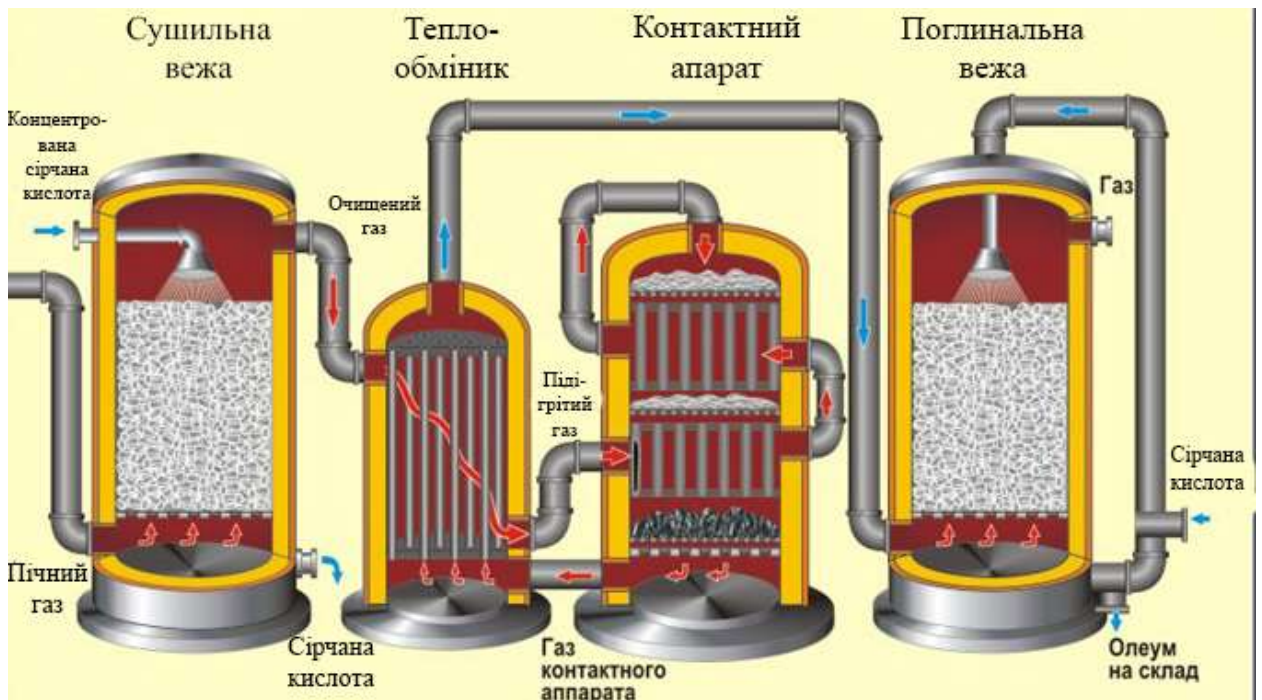


Рисунок 1.2 – Схема виробництва сірчаної кислоти(частина 2)

### Основні характеристики процесу виробництва сірчаної кислоти

Сировина: пірит  $FeS_2$ , самородна сірка, що вміщують газу - відходи кольорової металургії, повітря.

Допоміжні матеріали: сірчана кислота (98%), каталізатор - оксид ванадію (V).

Апарат	Призначення	Реакція
Піч для обжигу в киплячому слої	Пірит підлягають обжигу киснем повітря	$4FeS_2 + 11 O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 + 3310 \text{ кДж}$
Циклон	Ретельна очистка від крупних частинок пилу	
Електрофільтр	Ретельна очистка від малих частинок пилу	

Сушильна вежа	Осушення від водяних парів	
Теплообмінник	Очищений випалювальних газ перед надходженням в контактний апарат нагрівають за рахунок теплоти газів, що виходять з контактного апарату.	
Контактний апарат	Випалювальних газ в присутності каталізатора при 450 ° С окислюється до оксиду сірки (VI)	$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 197,8 \text{ кДж}$
Поглинаюча вежа	Оксид сірки (VI) поглинають концентрованої сірчаної кислотою. Утворюється олеум, з якого можна приготувати сірчану кислоту будь-якої концентрації.	$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

Особливості технологічного процесу:

Виробництво безперервне, випал колчедану ведуть в киплячому шарі, що можуть провітрювати в піч повітря, нагріте відходить випалювальних газом. Ретельно очищений випалювальних газ перед надходженням в

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

контактний апарат нагрівають за рахунок теплоти газів, що виходять з контактного апарату. У поглинальних вежах оксид сірки (VI) поглинають сірчаною кислотою протитоком.

Основний продукт: олеум.

1 стадія: випал піриту

Сировиною для виробництва сірчаної кислоти служать самородна сірка і сульфідні руди. Серед них найбільше значення має залізний колчедан - пірит FeS<sub>2</sub>. У природі він залягає масивними щільними шарами, з яких добувається у вигляді шматків, які дроблять і подрібнюють.

При виробництві сірчаної кислоти з піриту сірчистий газ отримують шляхом випалу сірчаного колчедану:



- реакція екзотермічна, необоротна, некаталітична, гетерогенна.

Бажано цю реакцію проводити при таких умовах, коли, що міститься в піриті, сірка найбільш повно використовується для отримання SO<sub>2</sub> і реакція протікає швидко. Продуктивність печі зростає зі збільшенням швидкості реакції випалу. Цього домагаються застосовуючи оптимальні умови для даної реакції.

Подрібнення піриту - Пірит перед випалюванням подрібнюють до оптимальних розмірів, збільшуючи площу його зіткнення з киснем повітря. Частинки не повинні бути великими інакше вони будуть обпалюватися тільки на поверхні, а всередині залишиться не прореагував пірит - це призведе до втрат сировини. Але і занадто дрібними теж не повинні бути, тому що в цьому випадку відбудеться злежування, ущільнення шару, через який кисень майже не проходить і площу зіткнення зменшується, що призведе до зменшення швидкості реакції.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

Збагачення повітря киснем - таким чином збільшується концентрація одного з реагуючих речовин, що також сприяє збільшенню швидкості реакції.

Випал піриту в киплячому шарі - Щоб збільшити швидкість випалу використовують принцип протитоку - зверху в піч подають подрібнений пірит, а знизу - повітря, збагачене киснем. Повітря вдувається через безліч трубок під певним тиском, яке відрегульовано так, щоб частинки піриту не розпорощувати і не злежується. Частинки виявляються в підвішеному стані, створюючи ілюзію киплячій рідини. Тому такий шар дрібних частинок називається - киплячим. Таким чином, збільшується площа зіткнення піриту і кисню, кожна тверда частка омивається повітрям збільшується швидкість реакції. Раніше цей процес тривав 5-6 годин, а тепер займає лічені секунди.

Підтримка певної температури - оптимальною вважається температура 800°C. Саме при цій температурі збільшується число активних молекул, з достатньою кінетичною енергією, швидкість реакції збільшується. Але реакція екзотермічна, йде з виділенням тепла, а значить температура буде підвищуватися і станеться спікання частинок піриту. Щоб уникнути цього надлишок теплоти відводять. У реакційний апарат вбудовують трубки, по яких пускають холодну воду. Нагріваючись, вода забирає зайве тепло і перетворюється на водяну пару, який використовується для виробництва електроенергії або інших цілей.

Процес випалу піриту безперервний і механізований. Пірит подається стрічковим транспортером в бункер і з нього в піч. Огарок, що утворюється в процесі випалу, частково несеться пічним газом, частково виводиться через бічний отвір в печі.

Оптимальні умови:

1.  $t = 800^{\circ}\text{C}$

2. Подрібнення піриту

									Лист
									13
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота				

3. Збагачення повітря киснем
4. Протиток піриту і повітря
5. Випал піриту в «киплячому шарі»
6. Теплообмін

Проміжними стадіями є очищення, осушення, теплообмін.

Пічної газ, отриманий при випалюванні піриту, містить домішки: недогарок  $Fe_2O_3$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , домішки  $Cu$ ,  $Ag$ ,  $Zn$ , з'єднання  $As$ , водяні пари. Тому спочатку необхідно цей газ очистити від пилу. Це здійснюється за допомогою 2 апаратів: циклону і електрофільтру. Спочатку газ направляють на очищення від великої пилу в циклон. Він складається з двох циліндрів, вставлених один в іншій. Газ подається збоку в зовнішній циліндр і переміщається зверху вниз по спіралі. Під дією відцентрової сили частки пилу відкидаються до стінок зовнішнього циліндра і падають в бункер, звідки потім видаляються. Очищений газ по внутрішньому циліндру з апарату йде. Циклон - простий і економічний апарат, але він не очищає газ від дрібних пилинок.

Від дрібного пилу газ очищають в електрофільтрі. Він складається з дрібних сіток, між якими протягнута дрот. До неї підведено струм високої напруги (60000 В). При цьому дрот заряджається «-», сітки «+». газ надходить в камеру знизу. Під дією сильного електричного поля частинки пилу іонізуються і притягуються до сіток. Там вони втрачають свій заряд і падають вниз, в спеціальний бункер.

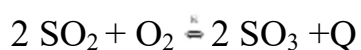
Але газ ще насичене водяною парою, тому далі його направляють в сушильну. Сушильна вежа заповнена керамічними кільцями, щоб збільшити площу зіткнення газу і концентрованої сірчаної кислоти. Сірчистий газ надходить в вежу знизу, а зверху розбризкується концентрована сірчана кислота (принцип протитоку). Кислота, стікаючи по кільцях вниз, утворює на

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

їх поверхні плівку. При цьому площа дотику кислоти і газу багаторазово збільшується.

Очищений газ підігривають в теплообміннику, використовуючи тепло II стадії процесу: газову суміш перед початком реакції окислення сірчистого газу потрібно нагріти, тому що в процесі очищення вона охолоджується. Тому перед контактним апаратом поміщають теплообмінник. Гарячий газ з контактного апарату пропускають по трубах теплообмінника, а між ними в протилежному напрямку пропускають підігриває му суміш газів. Таким чином відбувається теплообмін між продуктами реакції та вихідними речовинами, які надходять в контактний апарат.

II стадія: Окислення сірчистого газу в сірчаний ангідрид.



- реакція екзотермічна, оборотна, каталітична, гетерогенна за рахунок каталізатора, йде зі зменшенням обсягу.

Використовуючи принцип Ле-Шательє, знайдемо оптимальні умови її протікання. Підвищення температури зміщує рівновагу вліво, тобто викликає розкладання сірчаного ангідриду. Тому процес бажано проводити при низьких температурах. У той же час, якщо не вдаватися до нагрівання, швидкість реакції, тобто швидкість досягнення стану рівноваги, виявляється надзвичайно низькою. Окислення відбувається з помітною швидкістю лише при температурі вище 400 ° С.

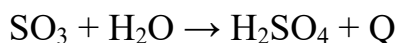
Процес проводять в контактному апараті, що представляє собою циліндр. У ньому, на спеціальних полицях, шарами розміщений каталізатор (V2O5). Між полицями з каталізатором розміщуються трубки теплообмінника. При цьому одночасно вирішується проблема нагрівання сірчистого газу і охолодження до необхідної температури сірчаного газу (принцип теплообміну).

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

Оптимальні умови:

1.  $t = 400 - 500^{\circ}\text{C}$
2. Підвищення тиску
3. Окислення в «киплячому шарі» каталізатора.

III стадія: Поглинання сірчаного газу



- реакція екзотермічна, необоротна при  $t$  менше  $300^{\circ}\text{C}$ , некаталітичні.

Поглинання сірчаного газу відбувається в поглинальній вежі, заповненою керамічними кільцями. Газ подається знизу, а зверху розбризкується 98% сірчана кислота. Поглинати сірчаний газ водою не можна, тому що над нею завжди знаходиться пар, який утворює з сірчаним газом дуже стійкий сірчаноокислий туман, який не поглинається водою. Процес здійснюють в спеціальних поглинаючих вежах, по влаштуванню нагадують сушильні. При цьому використовують принцип протитоку - пари сірчаного ангідриду подаються знизу, а назустріч йому зверху тече сірчана кислота.

Продуктом взаємодії концентрованої сірчаної кислоти з сірчаним ангідридом є олеум - розчин сірчаного ангідриду в сірчаній кислоті. На відміну від концентрованої сірчаної кислоти олеум сильно димить - з нього виділяється сірчаний ангідрид. При розчиненні олеума в воді утворюється сірчана кислота. Олеум зберігають і перевозять в сталевих цистернах - при кімнатній температурі сталь стійка до дії концентрованої сірчаної кислоти і сірчаного ангідриду.

Оптимальні умови:

1.  $t$  до  $300^{\circ}\text{C}$
2. Протиток газу і кислоти

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16

### 3. Використання 98% сірчаної кислоти.

Сірно-кислотні заводи здатні завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу. Щоб уникнути цього газу піддають ретельному очищенню від слідів сірчистого газу, сірчаного ангідриду і інших шкідливих домішок. З кожним роком проблем охорони природи приділяється все більше уваги.

#### 1.2 Вибір регульованих величин і каналів регулювальних дій

Температура водяної пари в печі обжигу, витрата сірчаної кислоти в сушильній вежі та поглинаючої вежі(каталізатору), робота конвеєру подачі сірчаного колчедану.

#### 1.3 Вибір контрольованих величин

Температура та витрата пiчного газу на виході печі, сила току на електрофільтрі, температури по зонах теплообміннику, витрата сірчаної кислоти в сушильній вежі та поглинаючої вежі(каталізатору), витрата сірчаної кислоти(виробленої), витрата олеуму(виробленого), температура контрактного апарату, рівень рН кислоти та олеума.

#### 1.4 Вибір сигналізованих величин

Робота конвеєру подачі сірчаного колчедану, температура водяної пари, сила струму електрофільтру, рівень рН кислоти та олеуму.

#### 1.5 Розробка завдання на систему автоматизації

№	Машин а, агрегат, установ ка	Параметр, місце відбору сигналу	Припусти ме значення параметр а	Вид автоматиз ації	Характер контрол ю чи управлін ня	Засоби управління та контролю, реалізації управляючу дії	Дода тков і умов и
---	------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------	-----------------------------------	--	--------------------

1	Піч обжигу	Температура, парова подушка	95-100 С <sup>0</sup>	Регулювання	Стабілізація	Вплив на температуру в печі	
		Конвеєр подачі колчедану	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на кількість колчедану в печі	
		Температура, трубопровід пічного газу на виході з печі	800С <sup>0</sup>	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

№	Машин а, агрегат , устано вка	Парамет р, місце відбору сигналу	Припусти ме значення параметра	Вид автоматиза ції	Характер контрол ю чи управлін ня	Засоби управління та контролю, реалізації управляючу дії	Дода тков і умов и
2	Електр офільт р	Контакт и фільтру	5А	контроль	Відобра ження, реєстраці я, сигналіза ція	АРМ оператора, світлосигнал ові арматура на	

3	Сушильна вежа	Витрата, трубопровід подачі сірчаної кислоти	15л\год	регулювання	стабілізація	Стабілізація витрати сірчаної кислоти в сушильній вежі	
		Витрата, трубопровід відводу	17л\год	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		рН на виході	1,2	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
4	Теплообмінник	Температура на виході	400-500С <sup>0</sup>	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Температура на вході	800С <sup>0</sup>	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
5	поглинальна вежа	температура	300С <sup>0</sup>	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
5	поглинальна вежа	Витрата, трубопровод подачі сірчаної кислоти	15л\год	регулювання	стабілізація	Стабілізація витрати сірчаної кислоти в поглинальній вежі	
		рН, на трубопроводі олеуму	0.3	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Витрата, на трубопроводі виходу олеуму	16л\год	контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

## Розділ 2. Опис системи автоматизації

### 2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації

Система автоматизації яку використовують на виробництві є спрощеною версією схеми виконаної в кваліфікаційній роботі. Системи котрі використовують на підприємствах спрощують для зменшення ціни проекту. Система розроблена для покращення якості вихідних продуктів за рахунок кращого контролю параметрів. У разі вдосконалення технологічно процесу для збільшення вироблення необхідно буди змінити декілька параметрів (параметр витрати концентрованої сірчаної кислоти).

### 2.2. Вибір технічних засобів

#### Обґрунтування вибору показую чоґо приладу на щит автоматизації.

В якості показую чоґо приладу на щит автоматизації вибрано прилад від компанії МІКРОЛ ІТМ-101.



Рисунок 2.2.1 – Зовнішній вигляд ІТМ-101

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мусієнко В.Є.			Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Пупена О.М.					21	16
Н. Контр.		Ельперін І.В.						
Затв.		Проскурка Є.С.						

Вибір цього приладу обґрунтований його невеликою ціною та гарною надійністю, та можливістю ретрансляції вхідного сигналу. Прилад є не обов'язковою частиною схеми встановлюється за запитом замовника, для додаткової індикації параметрів.

#### Функціональні можливості

Внутрішня програмна пам'ять індикатора ІТМ-101 містить велику кількість стандартних функцій необхідних для управління технологічними процесами і рішення більшості інженерних прикладних задач, наприклад, таких як:

- порівняння результату перетворення з уставками мінімум і максимум, і сигналізацію відхилень,
- програмна калібрування каналу по зовнішньому зразковому джерела аналогового сигналу,
- цифрова фільтрація (для ослаблення впливу промислових перешкод),
- кусочно-лінійна інтерполяція вхідного сигналу по 20-ти точках,
- масштабування шкали вимірюваного параметра,
- конфігурація логіки роботи вихідного дискретного пристрою,
- ретрансмісії вхідного аналогового параметра на аналоговий вихід пристрою (в разі замовлення опції аналогового виходу АТ) і багато ін.

Індикатор ІТМ-101 конфігурується за допомогою передньої панелі приладу або через інтерфейс RS-485 (протокол ModBus).

Параметри конфігурації індикатора ІТМ-101 зберігаються в незалежній пам'яті.

#### **Обґрунтування вибору датчиків температури.**

В якості датчиків температури вибрані термометри опору від фірми ОВЕН серії ДТСхх5 градування 100п з діапазоном температур -196 – 500 градусів Цельсію.

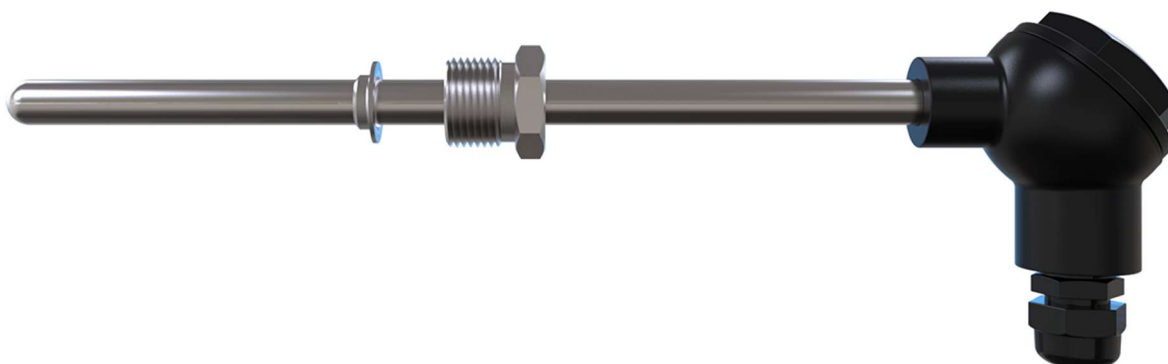


Рисунок 2.2.2 – Зовнішній вигляд термометру опору ДТСхх5

Використання датчику обов'язково в захисній гільзі (з чугуну або іншого стійкого до корозії матеріалу) від кислотного середовища. Вибір датчику обґрунтовано невеликою ціною та достатньою надійністю для проекту, ціна має значення тому що датчики через кислотне середовище клемні колодки датчиків можуть окислюватись при поганому закритті кришки або поганому закручуванні сальнику.

Характеристика	ДТСхх5
Градуировка	100п
Діапазон вимірюваних температур	-196...+500 <sup>0</sup> С
Температура навколишнього середовища	-60...+85 <sup>0</sup> С
Умовний тиск	0,1...6,3 МПа
Показник теплової інерції	Не більше 10..30 с
Супротив ізоляції	Не менше 100МОм

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Кількість чутливих елементів	1
------------------------------	---

### Обґрунтування вибору датчику рівня пилю

В якості датчика рівня заповнення пило збірника було обрано ротаційний датчик сипучих речовин ESL-R.



Рисунок 2.2.3 – Зовнішній вигляд датчику ESL-R

Датчик сипучих речовин обраний через простоту своєї конструкції та дешевизну, та простоту монтажу та обслуговування, датчик монтується без розбірки апарату, достатньо прорізати отвір і закріпити датчик. Датчик є дискретним при спрацюванні замикаються контакти.

Характеристики:

робоча напруга живлення 115 ... 230В АС,

корпус з алюмінію з покриттям, вимірювальна частина з нержавіючої сталі,

підключення до процесу стандарту G 1½ "або G 2½",  
стандартна довжина вимірювальної частини 130мм,  
можливість жорсткого подовження вимірювальної частини до 345мм,  
тросове подовження до необхідного розміру,  
допустима температура процесу в межах -40 ... + 80оС,  
сумісний тиск процесу в межах -0,9 ... + 0,8бар,  
клас захисту IP66.

### Обґрунтування вибору датчика тиску

В якості датчику тиску обраний Aplisens PC-28.



Рисунок 2.2.4 – Зовнішній вигляд PC-28

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Датчик було обрано за простоту монтажу та надійність.

Монтаж датчику виконується в заздалегідь вварену гайку на корпусі апарату.

Характеристика датчику:

Межі вимірювань: від -0,1 до 100 МПа

Мінімальна ширина діапазону 2,5 кПа

Вихідний сигнал: (4 ÷ 20) мА

Вибухобезпечне виконання Ga / GbExia IICT4 / T5 / T6 X

### Обґрунтування в виборі датчику витрати

В якості витратоміру було обрано прилад фірми ЕНКОНТ US-800



Рисунок 2.2.5 – Вигляд витратоміру ЕНКОНТ US-800

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Прилад було обрано через стійкість корпусу до кислоти, та можливості встановлення двох чутливих елементів на один блок управління, що економічніше при замовленні обладнання.

Характеристика приладу:

вимірювання витрати та об'єму кислот та інших агресивних рідин.

Типорозміри, мм: 15, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 150, 200, 250, 300 мм

Матеріал: нерж.сталь / кислотостійка сталь, датчики титан / кислотостійка сталь

Спосіб приєднання: фланцевий

Темп.жідкості: +120 ° С

Макс. Тиск 1.6МПа (2.5МПа \*)

Вихідні сигнали: індикація, архів, інтерфейс RS485, другий інтерфейс RS485, інтерфейс USB, частотний 0-1000Гц / імпульсний вихід, струмовий вихід 4-20 мА.

### Обґрунтування вибору рН метру

В якості рН метру було обрано EZODO 4803рН.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		27



Рисунок 2.2.6 – Зовнішній вигляд EZODO 4803pH

Прилад було обрано через наявність температурної компенсації, можливості та можливості замовити антикорозійне виконання корпусу приладу та достатню точність вимірювання.

Характеристика	EZODO 4803pH
Діапазон вимірювання	-2.00~16.00 pH
Точність	+/-0,01
Роздільна здатність	0,01 pH
Компенсація	АТК:0~100 °C
Температурна компенсація	АТК: через термістор 30 К або РТК
Вихід	Ізольований токовий вихід 4-20 мА

Живлення	9В пост. Струму в комплекті блок живлення на 220В перемінного струму
Монтажне виконання	1/16 DIN
Розміри	105x45x45 мм

### Обґрунтування вибору виконавчих механізмів та пускачів

В якості виконавчого механізму було обрано МСО-250/25-0,25-99К



Рисунок 2.2.7 – Зовнішній вигляд МСО-250

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

МЄО-250/25 було обрано тому що в системі відсутні високі навантаження і не потрібно розвивати великі зусилля на відкривання та закривання клапанів.

Характеристика механізму:

Напруга живлення 380В;

Потужність 170Вт;

Габаритні розміри 370х315х305мм;

Маса 27,5 Кг.

В якості пускача використовується ПБР-3а



Рисунок 2.2.8 – Зовнішній вигляд ПБР-3а

Пускач ПБР-3а використовується для запуску виконавчих механізмів в яких використовується двигун синхронного типу.

### **Обґрунтування вибору перетворювача частот**

В якості перетворювача частоти було обрано трифазний Altivar ATV320U30N4C



Рисунок 2.2.9 – Зовнішній вигляд частотного перетворювача

Цей перетворювач був обраний тому що в ньому передбачені захисти по току, по блокуванню валу двигуна, по перегріву, по високій та зниженій напрузі. Також в перетворювачі передбачена функція плавного пуску та тест двигуна на обрив та замикання обмоток. Також перетворювач має невелику вартість.

Характеристика	ATV320U30N4C
Призначення	Асинхронні та синхронні двигуни
Фільтр перешкод	Клас C2 з інтегрованим фільтром ЄМС

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Кількість фаз	3
Напруга живлення	380...500В(-15...+10%)
Потужність	3кВт
Частота живлення	50...60Hz (-5...+5%)

### 2.3. Вибір місця розташування технічних засобів

Показуючі прилади та контролер встановлюються в щиті в операторній, бо вони не мають захисту від кислотного середовища, а в операторній встановлюються система вентиляції та двері через які відсутній протяг, або операторна встановлюється поза межами цеху(за стіною цеху через панорамне вікно для слідкування за агрегатом).

Датчики повинні мати антикорозійне покриття стійке до впливу сірчаної кислоти.

Перетворювачі в яких відсутній захист від корозії встановлюються в герметичні локальні щити з смотровим віконцем якщо на перетворювачі маються табло.



## Опис контурів автоматизації

Контур 1: Контур регулювання швидкості конвеєру подачі сірчаного колчедану в піч обжигу в «киплячому слої». Сигнал управління з контролера надходить до перетворювача частоти під позицією 1а, управляючий сигнал з якого йде до двигуна який встановлено на конвеєрі подачі колчедану.

Контур 2: Контур контролю та регулювання температури газу на виході печі обжигу, сигнал з датчику ДТСхх5 позиція 2а надходить до термо-електро перетворювача та індикатора ІТМ-101 позиція 2б який показує температуру газу на щиті, далі перетворений сигнал у вигляді 4-20мА надходить до ПЛК, керуючий сигнал з якого надходить до перетворювача частоти. Керуючий сигнал якого надходить до двигуна який управляє нагнітаючим вентилятором.

Контур 3 та 4: Контури контролю температури води в кожусі печі, термометр ДТСхх5 встановлений на вході кожуху печі позиція 3а другий термометр встановлений на виході кожуху позиція 4а, сигнал з яких надходить до термо-електро перетворювачів та індикаторів ІТМ-101 позиції 3б та 4б який показує температуру газу на щиті, далі перетворений сигнал у вигляді 4-20мА надходить до ПЛК, сигнал з ПЛК надходить до ПК, та виводяться покази у SCADA інтерфейс.

Контур 5 та 6: Контур контролю та регулювання наповнення пило збірників, сигнал з датчику рівня ESL-R позиція 5а та 6а, надходить до індикатору ІТМ-101 на щиті позиція 5б та 6б сигнал з якого йде до ПЛК, керуючий сигнал з ПЛК надходить до виконавчого механізму МСО-250 позиція 5в та 6в, через пускач ПБР-3а позиція КМ1 та КМ2.

Контур 7: Контур контролю забруднення електрофільтру. Сигнал з датчику току позиція 7а надходить до перетворювача позиція 7б, сигнал з якого надходить до ПЛК, сигнал з ПЛК надходить до ПК у SCADA інтерфейс, в якому при перевищенні параметру вмикається сигналізування що час очистити фільтр.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

Контр 8, 13, 14, 15, 16, 17: Контури контролю температури газу в апаратах. Сигнал з ДТСхх5 встановлених на трубопроводах по всіх агрегатах позиції 8а, 13а, 14а, 15а, 16а, 17а, надходить до термо-електро перетворювачів та індикаторів ІТМ-101 позиції 8б, 13б, 14б, 15б, 16б, 17б, сигнал з яких в ретранслюється в перетвореному вигляді 4-20 мА до ПЛК. З ПЛК сигнал надходить до ПК і виводиться у SCADA інтерфейс. З показів цих датчиків вводиться корекція в контур 1, ці датчики встановлюються для корекції і стабілізації процесу, тому і є не обов'язковими для встановлення у проект, але рекомендовані для встановлення.

Контур 9: Контур контролю та регулювання витрати концентрованої кислоти в сушильній вежі. Сигнал з датчику витрати ЕНКОНТ US-800 позиція 9а, надходить до індикатору ІТМ-101 на щиті позиція 9б, ретрансльований сигнал йде з якого до ПЛК, сигнал з ПЛК йде до виконавчого МСО-250 позиція 9в через пускач ПБР-3а позиція КМЗ. Витрата повинна становити 15л/год при нормованому тиску.

Контур 10: Контур контролю тиску в сушильній вежі. Сигнал з датчику РС-28 позиція 10а, по токовій петлі надходить до індикатору ІТМ-101 позиція 10б, сигнал з якого надходить до ПЛК. Сигнал є коригуючим для контуру 9.

Контур 11: Контур контролю та регулювання витрати концентрованої кислоти в сушильній вежі. Сигнал з датчику витрати ЕНКОНТ US-800 позиція 11а, надходить до індикатору ІТМ-101 на щиті позиція 11б, ретрансльований сигнал йде з якого до ПЛК.

Контур 12: Контур контролю рівня рН. Сигнал з датчику EZODO 4803pH позиція 12а, сигнал з якого йде до індикатора ІТМ-101 позиція 12б, ретрансльований сигнал з якого надходить до ПЛК. Сигнал є корегуючим для контуру 1.

Контур 18: Контур контролю рівня рН. Сигнал з датчику EZODO 4803pH позиція 18а, сигнал з якого йде до індикатора ІТМ-101 позиція 18б,

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		35

ретрансльований сигнал з якого надходить до ПЛК. Сигнал е корегуючим для контуру 1.

Контур 19: Контур контролю та регулювання витрати концентрованої кислоти в сушильній вежі. Сигнал з датчику витрати ЕНКОНТ US-800 позиція 19а, надходить до індикатору ІТМ-101 на щиті позиція 19б, ретрансльований сигнал йде з якого до ПЛК.

Контур 20: Контур контролю та регулювання витрати концентрованої кислоти в сушильній вежі. Сигнал з датчику витрати ЕНКОНТ US-800 позиція 20а, надходить до індикатору ІТМ-101 на щиті позиція 20б, ретрансльований сигнал йде з якого до ПЛК, сигнал з ПЛК йде до виконавчого МСО-250 позиція 20в через пускач ПБР-3а позиція КМ4. Витрата повинна становити 15л/год при нормованому тиску.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		36

### Розділ 3. Опис схем підключення датчиків та виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера

#### 3.1. Приклад проектного компонування мікропроцесорного контролера

Відповідно до задачі було підібрано конфігурацію контролера, вибраним контролер фірми YASKAWA серії VIPA MICRO PLC. Контролер має достатню надійність, відносну невелику ціну, та швидкодію.

Вибір пав на дану серію ПЛК через невеликі габарити системи, можливості використання ШИМ сигналу(потрібність управління частотними перетворювачами) та наявність дискретних входів та виходів на процесорному модулі, що скасовує покупку додаткових модулів та зменшує ціну проекту.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мусієнко В.Є.			Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Пупена О.М.					37	10
Н. Контр.		Ельперін І.В.				-4-3		
Затв.		Проскурка Є.С.						

## Конфігурація контролера

Позначення модуля	К-сть	Найменування модуля	Характеристика модуля
CPU M13C	1	Процесорний модуль	Зовнішнє живлення 24В, PROFIBUS, 16 дискретних входів, 12 дискретних виходів, 4 аналогових входи
SM M31	4	Аналоговий вхідний модуль	На 4 канал, можливе підключення датчиків температури опору та термопар
SM M32	1	Аналоговий вихідний модуль	На 4 канали 4-20мА

### 3.2. Обґрунтування вибору процесорного модуля

Центральний процесор CPU M13C має в собі вбудовані дискретні входи та виходи, ШИМ сигнал, та можливість розширення основної пам'яті.



Рисунок 3.2.1 – зовнішній вигляд процесорного модуля

	CPU M13C
Напруга живлення (DC)	24В
Пам'ять	64кБ
Розширення пам'яті	Максимум 128кБ
ШИМ	Доступний
Інтерфейси	PRODIBUS-DP/PtP (перемикаемий)

### 3.3. Обґрунтування вибору модуля аналогових входів

Модулі входів аналогових сигналів призначений для обробки аналогових вхідних сигналів, кожний аналоговий модуль має в собі АЦП(аналого-цифровий перетворювач) для перетворення вхідного сигналу в цифровий вигляд, в якому процесорний модуль може оброблювати данні.

Вибір типу входу в модулі SM M31 визначається методом підключення датчику.



Рисунок 3.3.1 – Зовнішній вигляд SM M31

MICRO PLC	SM M31
Кількість каналів	4
Роздільна здатність	16 біт
Живлення	Від процесорного модуля
Типи входів:	

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

-напруга	0/1...10В+/-10В
-датчик сили струму	0/4...20мА
-датчик опору	0...3000 Ом, RTD, Pt100, Pt1000, NI100, NI1000, 2/3/4 провідна схема
-Термопара	Тип J, K, N, R, S, T, B, C, E, L, та U +/-80мВ



Рисунок 3.3.2 – Схема підключення різних типів датчиків до SM M31

### 3.4. Обґрунтування вибору модуля дискретних входів

Дискретні входи обробляють дискретні сигнали, які можуть оброблятися за допомогою внутрішньої логіки контролера.

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

В проєкті модулі дискретних входів не використовуються так як в процесорному модулі є достатня кількість входів.

### 3.5. Обґрунтування вибору модуля дискретних виходів

Дискретні виходи перетворюють внутрішні логічні сигнали контролера в дискретні виходи, котрі при подачі сигналу TRUE замикають свій вихід.

### 3.6. Обґрунтування вибору модуля аналогових виходів

Кожний модуль аналогових виходів має в собі ЦАП(цифро-аналоговий перетворювач), який перетворює цифровий сигнал контролера в аналоговий або імітує за допомогою ШИМ. До виходів аналогового модуля підключаються виконавчі механізми які мають проміжні значення.

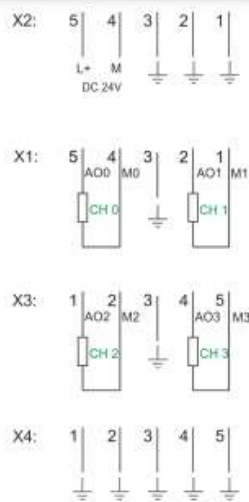
Модуль виходів SM M32 зображено на рисунку 3.6.1



Рисунок 3.6.1 – Зовнішній вигляд модулю SM M32

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

MICRO PLC	SM M31
Кількість каналів	4
Роздільна здатність	12біт
Живлення	Від процесорного модуля
Токовий сигнал	0/4...20мА
ШИМ	Доступний



	Pin	Function	Type	LED	Description
X2:	1	Shield	O		Shield
	2	Shield	O		Shield
	3	Shield	I		Shield
	4	M	I		Ground power supply (M)
	5	L+	I	green	Power supply DC 24V (L+)
X1:	1	M1	O		Ground CH 1
	2	AO1	O	red	Analog Output CH 1
	3	Shield	O		Shield
	4	M0	O		Ground CH 0
	5	AO0	O	red	Analog Output CH 0
X3:	1	AO2	O	red	Analog Output CH 2
	2	M2	O		Ground CH 2
	3	Shield	O		Shield
	4	AO3	O	red	Analog Output CH 3
	5	M3	O		Ground CH 3
X4:	1	Shield	O		Shield
	2	Shield	O		Shield
	3	Shield	O		Shield
	4	Shield	O		Shield
	5	Shield	O		Shield

I: Input | O: Output

Рисунок 3.6.2 – Схема підключення виконавчих механізмів до SM M32

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

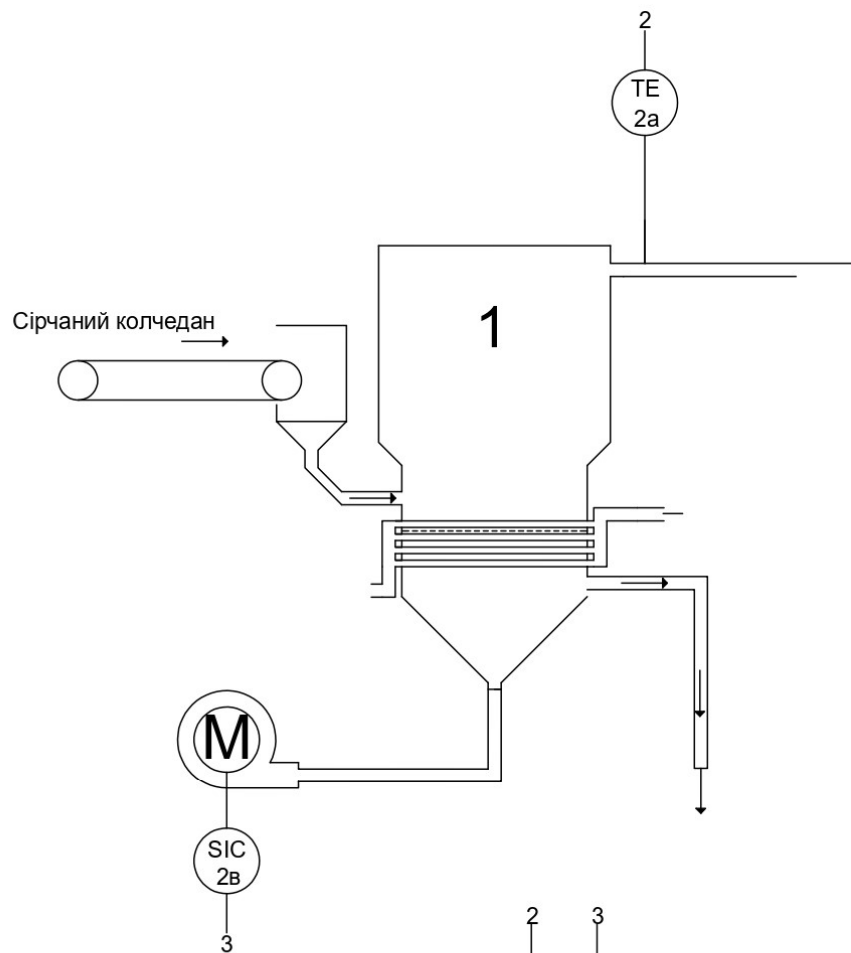
### 3.7. Схема автоматизації контуру контролю та регулювання температури газу на виході печі обжигу в «киплячому шарі»

Для отримання пічного газу в піч подається сірчаний колчедан, де він підпалюється і за рахунок нагнітання повітря в піч колчедан тліє утворюючи пічний газ, це і називається «киплячим шаром».

Використовується датчик температури термоперетворювач опору ДТСхх5 фірми ОВЕН. В якості показуючого приладу на щиті використовується прилад фірми МІКРОЛ ІТМ-101, який має функцію ретрансляції сигналу, конфігурація якого виконується через передню панель або протоколу ModBus, параметри налаштувань зберігаються в пам'яті індикатора.

В якості головного елемента використано контролер YASKAWA VIPA MICRO PLC.

В якості частотного перетворювача обрано трифазний Altivar ATV320U30N4C, конфігурування якого виконується через панель приладу, реакція на вхідний сигнал встановлюється в налаштуваннях самого перетворювача, налаштування зберігаються в енергонезалежній пам'яті.



Прилади по місцю		2	3
Прилади на щиті			
П Л К	У	•	•
	С	•	•
	S	•	•
	В	•	•
	В	•	•
П К	І	•	•
	R	•	•
	С	•	•
	S	•	•
	A	•	•

Рисунок 3.7.1 – Функціональна схема контуру

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

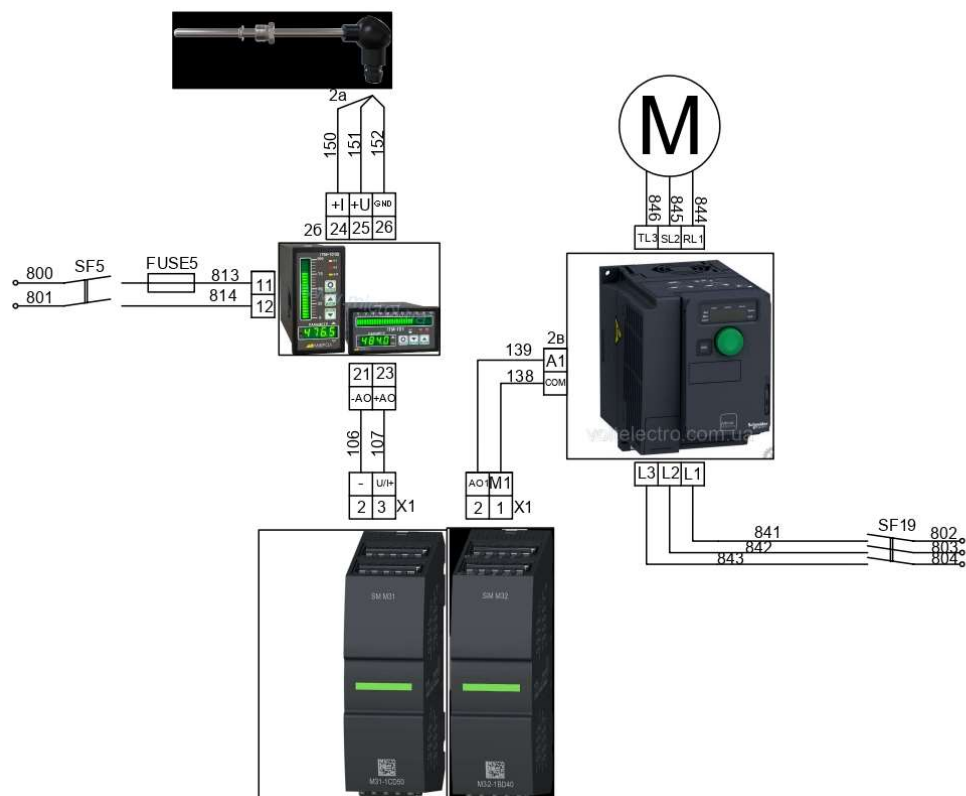


Рисунок 3.7.2 – графічне зображення технічних засобів автоматизації

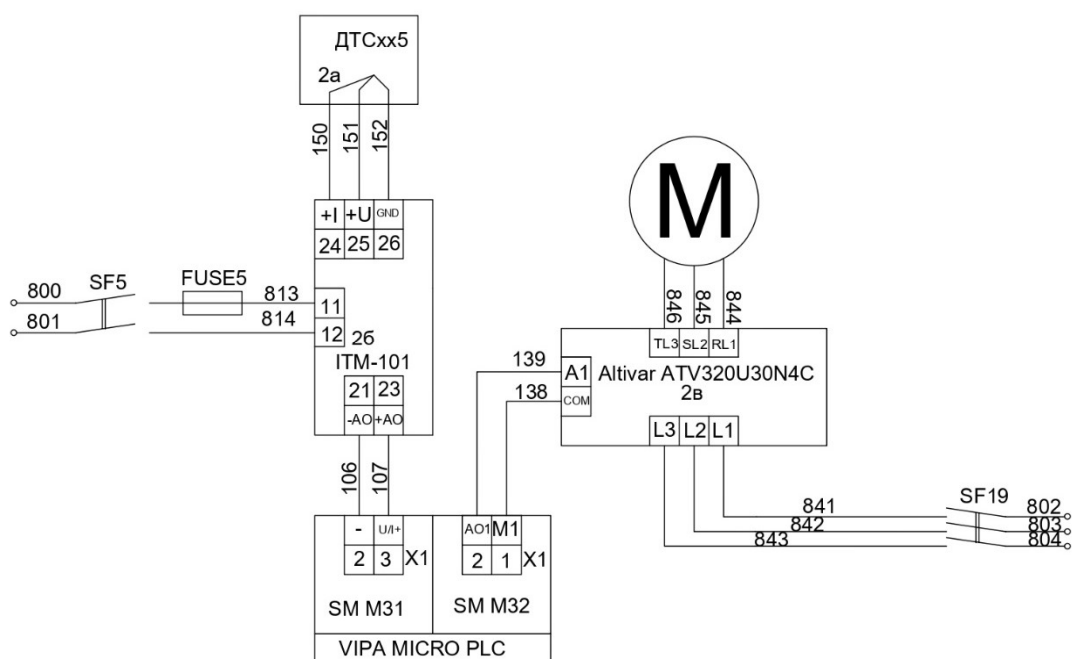


Рисунок 3.7.3 – Принципова схема підключення технічних засобів автоматизації

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Для кваліфікаційної роботи було виконана схема типового монтажу датчика тиску від компанії Aplisens PC-28, так як датчик встановлений на агрегат який нагрівається було обрану модифікацію з радіатором тип RM на різьбі M20.

Для монтажу датчику в агрегат монтується спеціальна гайка котра купляється в комплекті з датчиком з різьбою M20 в яку вкручується датчик. Схема монтажу датчику зображена на рисунку 4.1.

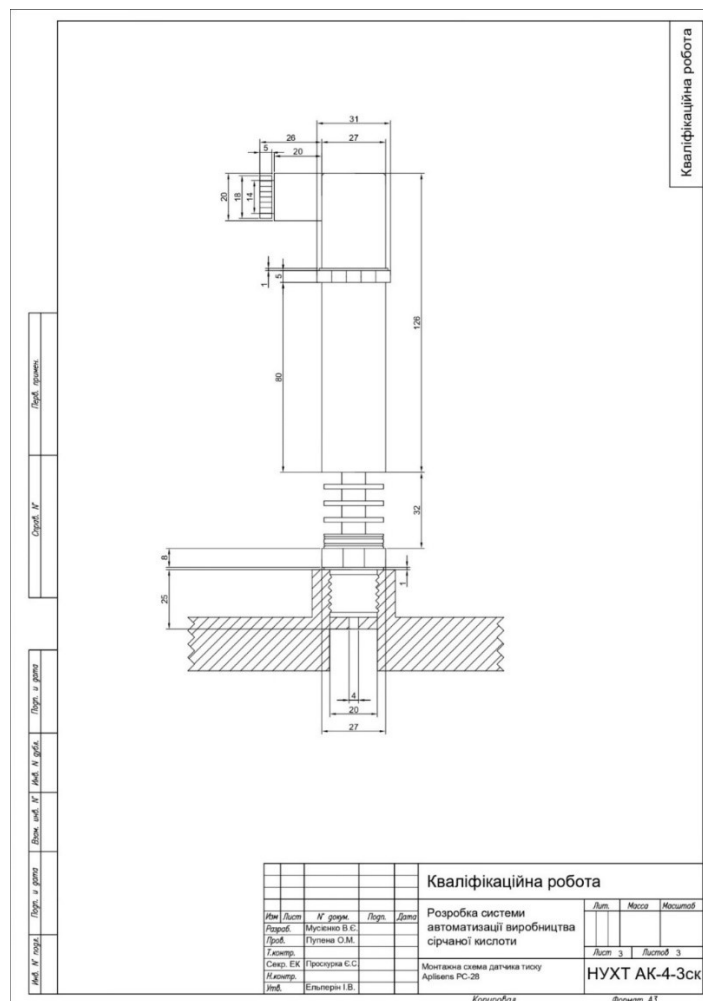


Рисунок 4.1 – Схема типового монтажу датчику PC-28

Кваліфікаційна робота				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Мусієнко В.Є.		
Перев.		Пупена О.М.		
Н. Контр.		Ельперін І.В.		
Затв.		Проскурка Є.С.		
Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти				
		Літ.	Лист	Листів
			47	2
-4-3				

Розмір радіатору може варіюватися від 32 мм як показано на схемі до 148 мм максимум.

Між гайкою та штуцером приладу необхідно уплотнююча прокладка, якщо тиск перевищує 40 КПа то необхідно встановлювати металеву прокладку з алюмінію чи міді.

Датчик встановлюється вертикально штуцером вниз, допустимий наклон датчику 15 градусів.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		48

## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для МПК)

### Алгоритм програми проекту

1. Оператор натискає кнопку в системі SCADA, частотний перетворювач 1а запускає конвеєр подачі колчедану.
2. Запускається частотний перетворювач 2в який контролює нагнітач, оберти корегуються за сигналом термометра опору 2а.
3. Покази з датчиків 3а, 4а, 7а, 8а, 11а, 12п, 13а, 14а, 15а, 16а, 17а, 18а, 19а, 20а, виводяться в SCADA інтерфейс.
4. При спрацювання датчика 5а, повністю відкрити виконавчий механізм 5в повністю.
5. При спрацювання датчика 6а, повністю відкрити виконавчий механізм 6в повністю.
6. При перевищенні параметру датчика 7а, вивести повідомлення на SCADA.
7. При відклонення параметрів з датчиків 12а, 18а, вивести попередження в SCADA, про необхідність корегування параметрі 1а 2в.
8. При відклонення параметра з датчиків 9а, застлонка 9в, корегує своє положення.
9. При перевищенні параметру датчика 10а вивести повідомлення ввести корекцію в контур 9.
10. При відклонення параметра з датчиків 20а, застлонка 20в, корегує своє положення.

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота		
Розроб.		Мусієнко В.Є.			Літ.	Лист	Листів
Перев.		Пупена О.М.				49	7
Н. Контр.		Ельперін І.В.			-4-3		
Затв.		Проскурка Є.С.					

Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти

## Адреси вході/виходів

Вхідні сигнали		
Джерело сигналу	Позначення на СА	Адреса
Датчик рівня 5а	b5	20.0
Датчик рівня 6а	b6	20.1
Датчик тиску 10а	a10	60.0
Датчик температури а2	a2	26.0
Датчик температури а3	a3	28.0
Датчик температури а4	a4	30.0
Датчик температури а8	a8	32.0
Датчик температури а13	a13	34.0
Датчик температури а14	a14	36.0
Датчик температури а15	a15	38.0
Датчик температури а16	a16	40.0
Датчик температури а17	a19	42.0

Датчик витрати a9	a9		44.0
Датчик витрати a11	a11		46.0
Датчик витрати a19	a19		48.0
Датчик витрати a20	a20		50.0
Датчик току a7	a7		52.0
Датчик рН a12	a12		54.0
Датчик рН a18	a18		56.0
Вихідні сигнали			
Виконавчий пристрій	Позначення на СА		Адреса
Частотний перетворювач 1а	a1		22.0
Частотний перетворювач 2в	C2		24.0
Відкриття виконавчого механізму КМ1	КМ1Н		20.3
Закриття виконавчого механізму КМ1	КМ1L		20.2
Відкриття виконавчого механізму КМ2	КМ2Н		20.5
Закриття виконавчого механізму КМ2	КМ2L		20.4

Відкриття виконавчого механізму КМЗ	КМЗН		20.7
Закриття виконавчого механізму КМЗ	КМЗL		20.6
Відкриття виконавчого механізму КМ4	КМ4Н		20.1
Закриття виконавчого механізму КМ4	КМ4L		21.0

### Конфігурація ПЛК

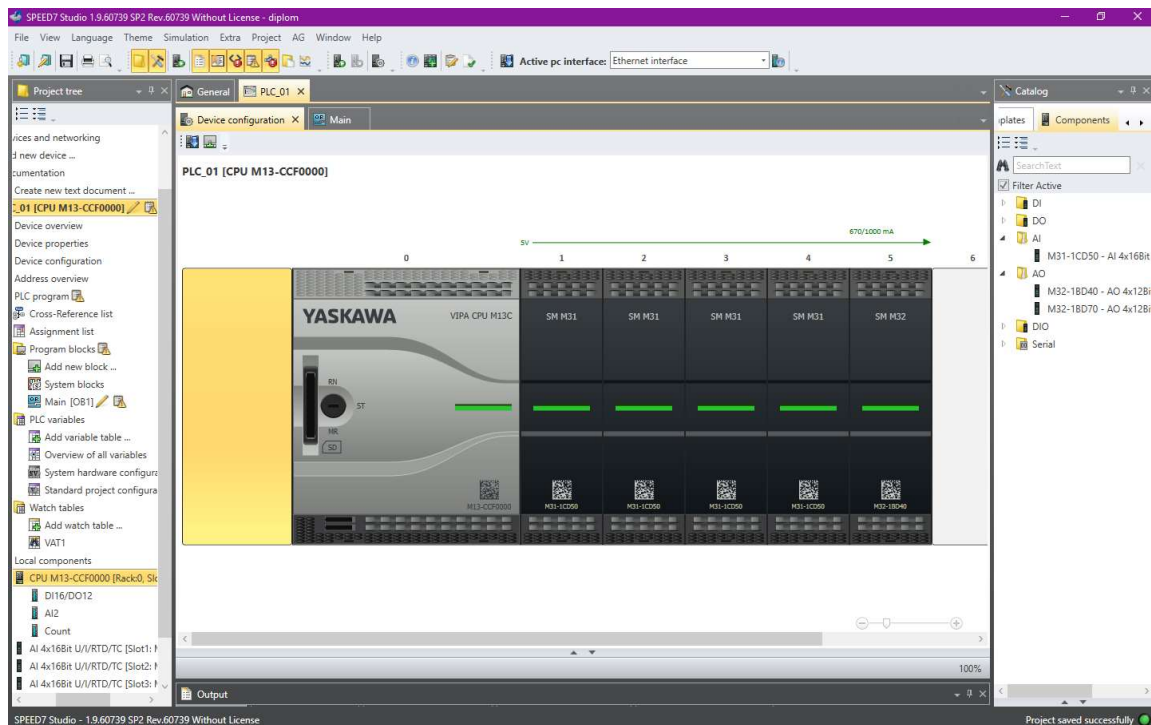


Рисунок 5.6 – конфігурація ПЛК

## Розроблення прикладного програмного забезпечення для реалізації алгоритму керування

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

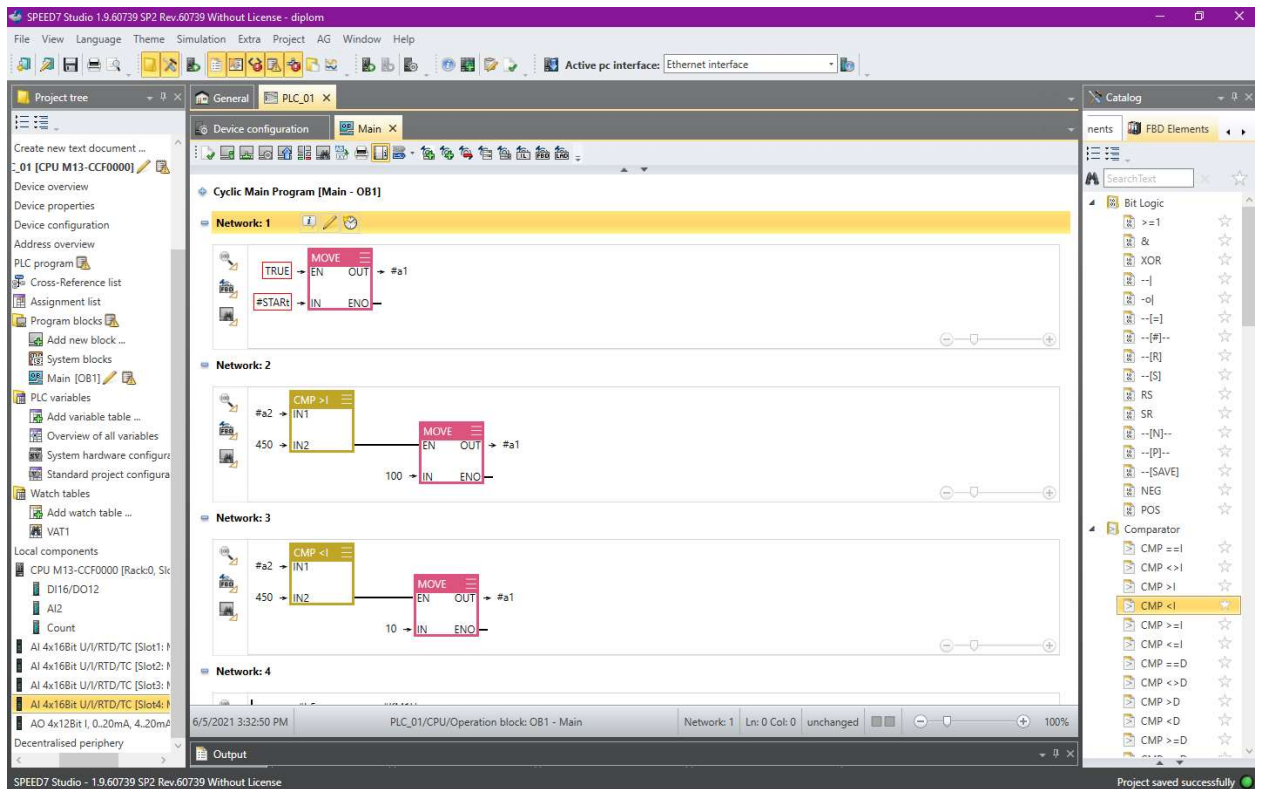


Рисунок 5.7 – програма контролера

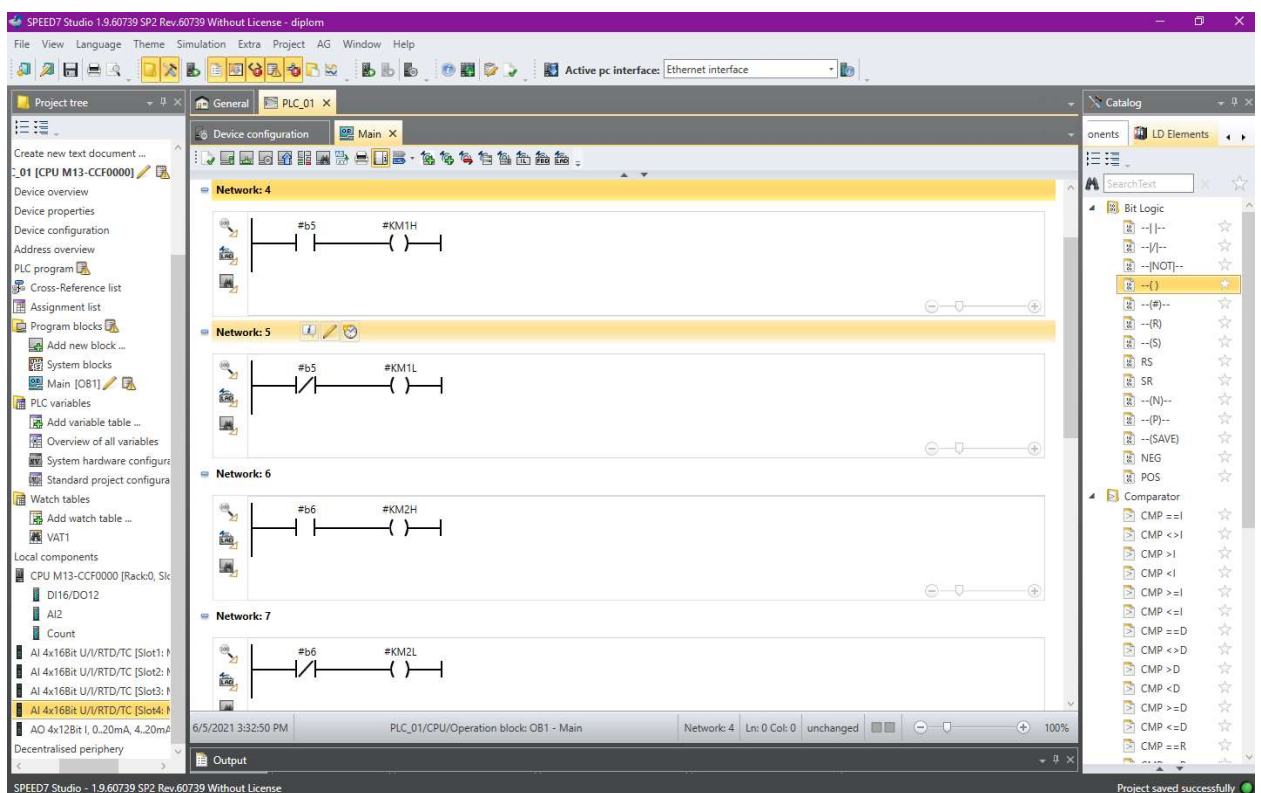


Рисунок 5.8 – програма контролера

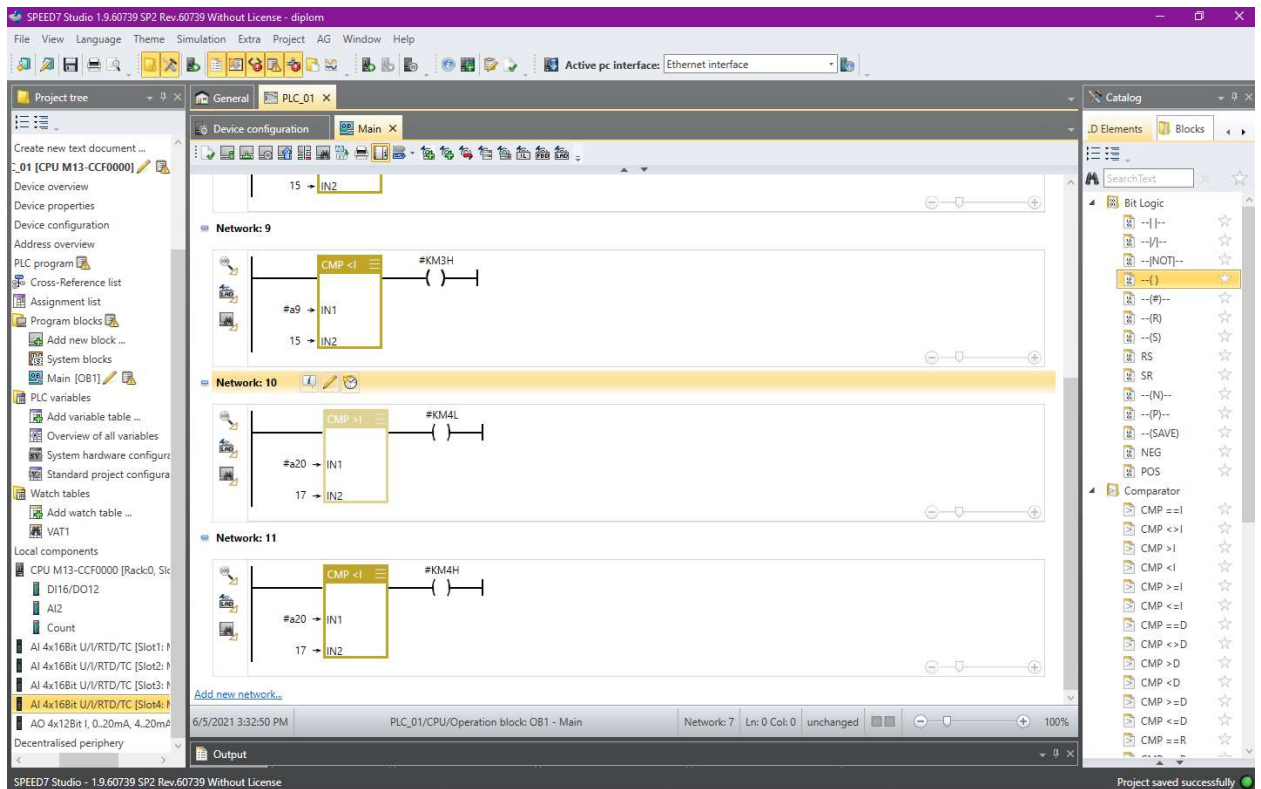


Рисунок 5.9 – програма контролера

В програмі було використано такі символні позначення:

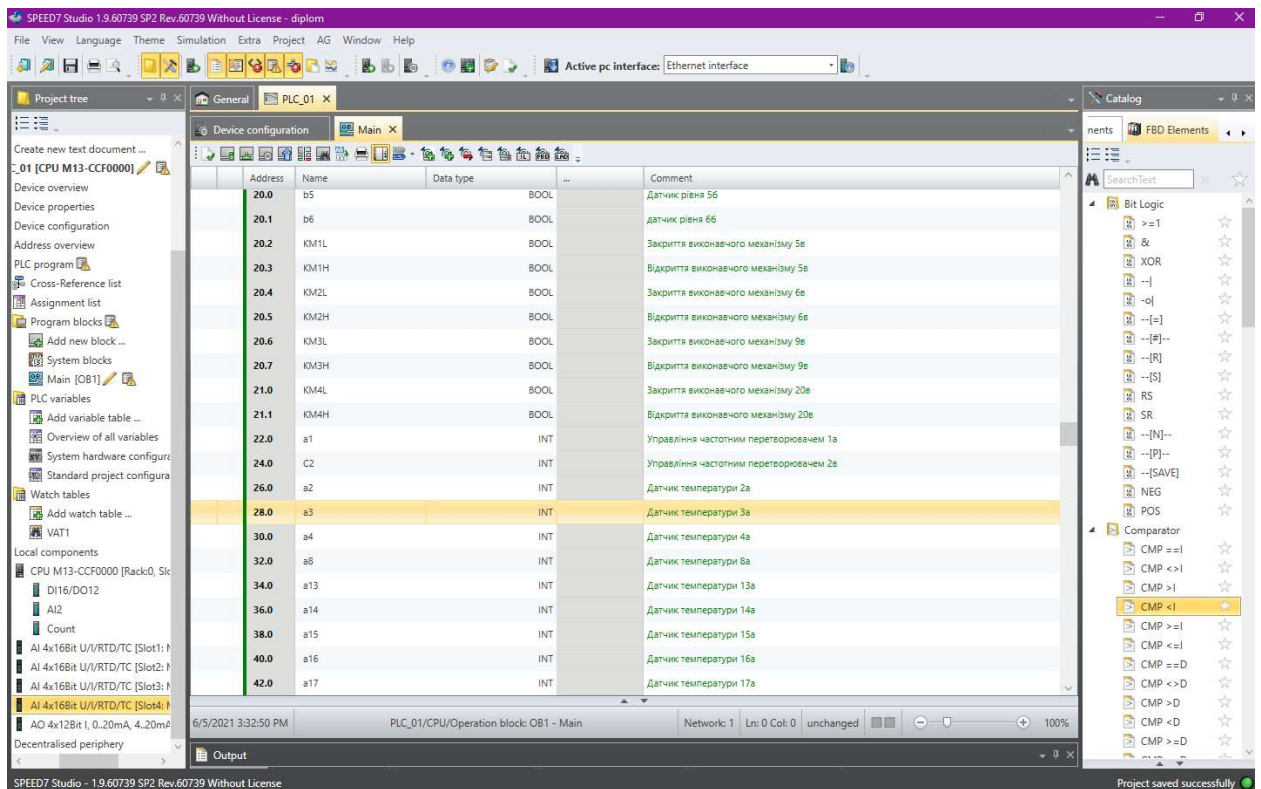


Рисунок 5.10 – символні позначення

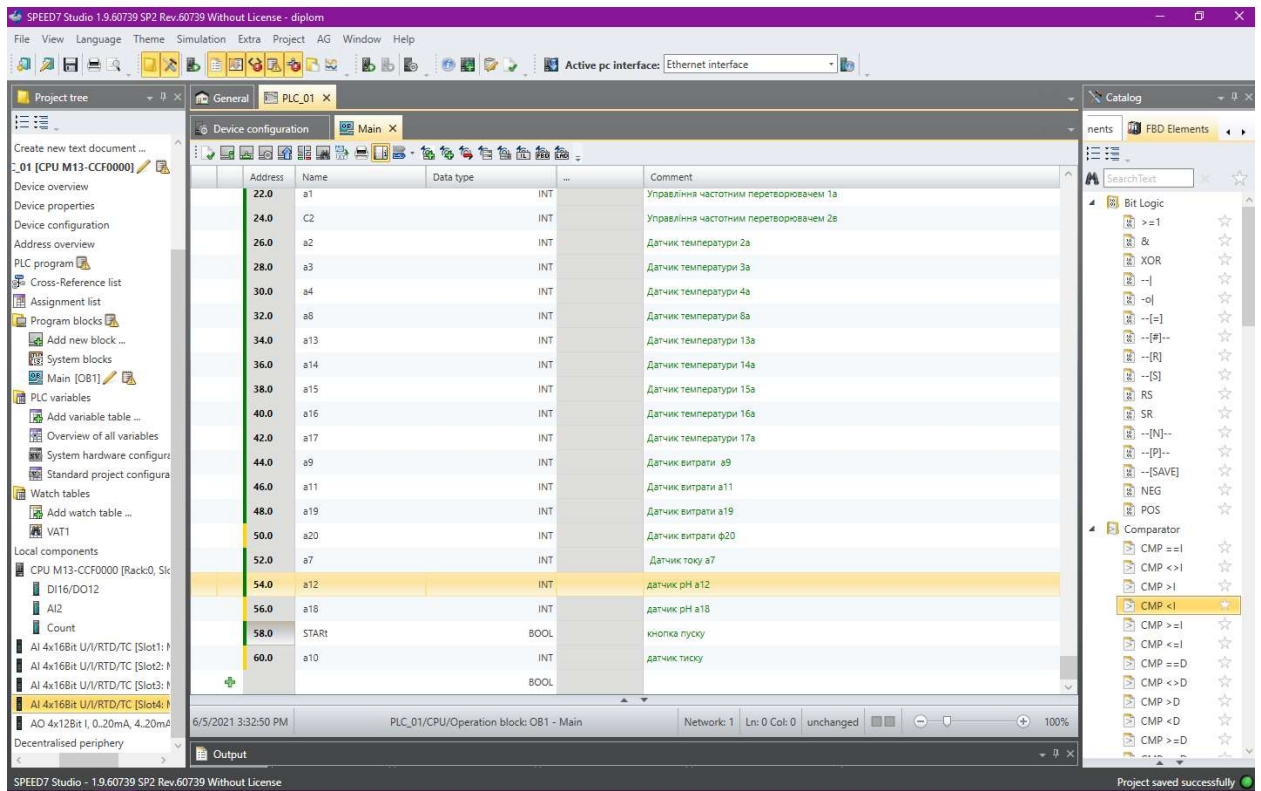


Рисунок 5.11 – символні позначення

**Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора  
технолога)**

**6.1. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.**

**Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.**

**Таблиця аналогових змінних**

Ім'я змінної	Адреса	Налаштування						
		Період опитування	Перетворення		Аварійні межі			
			Контрольні одиниці	Фізичні одиниці	Аварійний min	Перед аварійний min	Аварійний max	Перед аварійний max
рН виходу сірчаної кислоти	54.0	2с	0-65535	0-10.0рН	5.0	-	7.0	-
рН виходу олеуму	56.0	2с	0-65535	0-10.0рН	7.0	-	9.0	-
Температура води в кожусі печі	28.0	2с	0-65535	0-500 (°C)	-	-	-	-
Температура парив кожусі печі	30.0	2с	0-65535	0-500 (°C)	90	95	130	120

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мусієнко В.Є.			Розробка системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Пупена О.М.					56	6
Н. Контр.		Ельперін І.В.				-4-3		
Затв.		Проскурка Є.С.						

Температура пiчного газу на виходi печi	26 .0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-
Конвеєр подачi колчедану	22 .0	2с	0-65535	0- 100%	-	-	-	-
Вентилятор нагнiтача	24 .0	2с	0-65535	0- 100%	-	-	-	-
Датчик току електрофiльт ра	52 .0	2с	0-65535	0-7 А	-	-	7	6
Разходомiр подачi концентрату в сушильну вежу	44 .0	2с	0-65535	0-20 л/год.	14	14.5	16	15.5
Разходомiр подачi концентрату  В поглинальну вежу	50 .0	2с	0-65535	0-20 л/год.	16	16.5	18	17.5

Змн.	Арк.	№ докум	Пiдпис	Дата

Квалiфiкацiйна робота

Лист

57

Разходомір на виході сушильної вежі	46 .0	2с	0-65535	0-20 л/год.	-	-	-	-
Разходомір на виході поглинальної вежі	48 .0	2с	0-65535	0-20 л/год.	-	-	-	-
Датчик тиску в сушильній вежі	60 .0	2с	0-65535	0-40 кПа	-	-	6	5
Температура на виході електрофільт ру	32 .0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-
Температура на виході сушильної вежу	34 .0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-
Температура контактного апарату зона 1	38 .0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Температур а контактного апарату зона 2	44.0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-
Температур а контактного апарату зона 3	40.0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-
Температур а на вході в поглинаючу вежу	36.0	2с	0-65535	0-500 ( °C)	-	-	-	-

**Таблиця дискретних змінних**

Ім'я змінної	Адреса	Настроювання			
		Період опитування		Зміст приставки	
				Перехід в 0	Перехід в 1
Датчик заповнення циклону	20.0	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Датчик заповнення електрофільтру	20.1	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Клапан очистки циклону	20.3	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Клапан очистки електрофільтру	20.5	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Відкриття подачі концентрату в сушильної вежі	20.7	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Закриття подачі концентрату в сушильної вежі	20.6	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Відкриття подачі концентрату в поглинаючу вежу	20.1	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено
Закриття подачі концентрату в поглинаючу вежу	21.0	1с	інформаційний	Вимкнено	Ввімкнено

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.

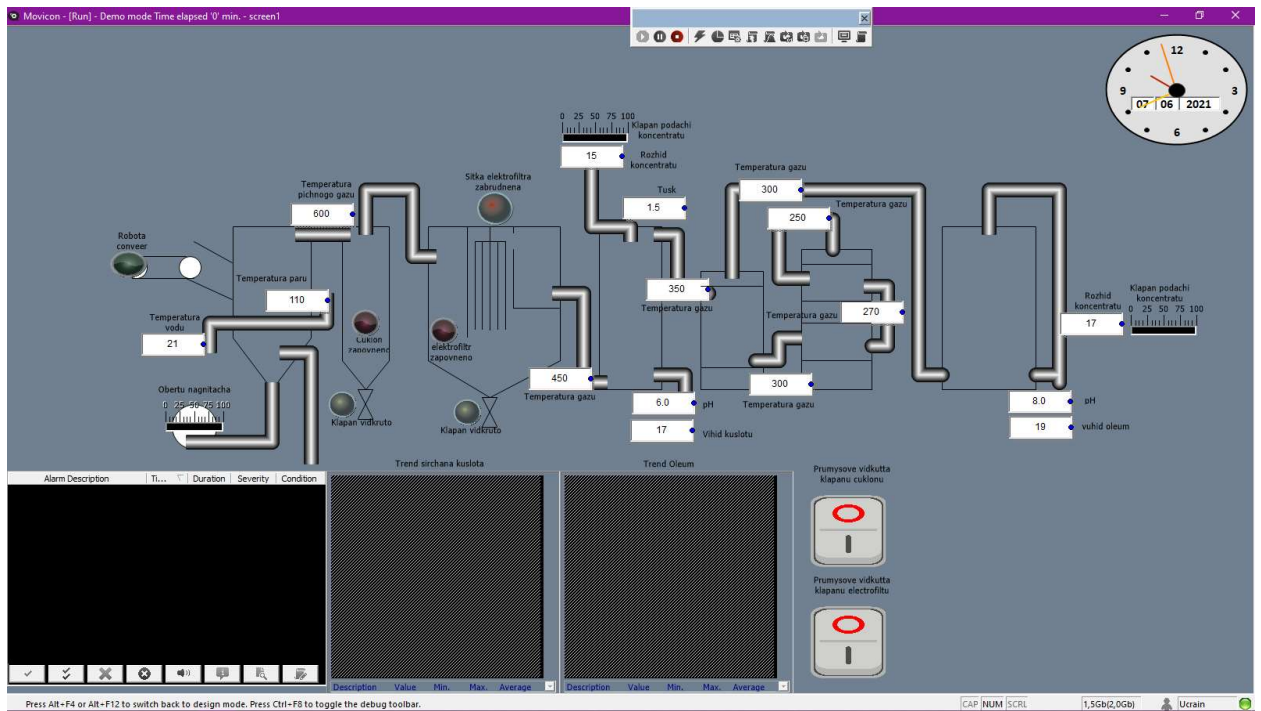


Рисунок 6.2.1 – вигляд SCADA системи

В SCADA системі виведено всі параметри, тренди вироблення сірчаної кислоти та олеуму, вікно тривоги та годинник.

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

## Висновок

В кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматизації виробництва сірчаної кислоти.

При розробці системи в якості керуючого органу було використано промисловий логічний контролер(ПЛК).

При автоматизації процесу було використано ПЛК фірми YASKAWA серії VIPA MICRO PLC, дисплейна мнемосхема процесу розроблялась в середовищі Movicon 11.6.

Розроблена система автоматизації дозволяє збільшити якість виробництва сірчаної кислоти та олеуму, зменшити обсяги витрат на лабораторні дослідження якості вихідного продукту та зменшити обсяги затрат на послідуєчий ремонт за рахунок вибору недорогого та надійного обладнання.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62



11. Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
12. Ельперін І.В. Промислові контролери [Текст]: навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
13. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
14. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
15. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO [Текст]: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с
16. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
17. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
18. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
19. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.

20. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovnoi Literatury, 2014.- 240 p.
21. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
22. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
23. Методи сучасної теорії управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
24. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
25. Системний аналіз складних систем управління. Практикум. [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
26. Методи сучасної теорії управління [Текст] : підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
27. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
28. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

29. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035-6
30. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
31. Кишенько В. Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
32. Кишенько В. Д. Інтелектуальні системи [Текст]: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
33. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
34. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
35. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості [Текст]: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

36. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		67