

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

_____ Андрій Форсюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 8 » червня 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 8 » червня 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
(код та назва спеціальності)
технології»

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

на тему: Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії
цукрового заводу

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2ск

_____ Дудка Кирило Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Киричук Сергій Андрійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ Лариса Загоровська
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

«31» березня 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дудка Кирило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу

керівник роботи ст.викл. Киричук Сергій Андрійович

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

затверджена наказом по університету від «31» березня 2022 р. №163-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «8» червня 2022 р

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації наведені в додатку до завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх необхідно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 2.4. Проектне компонування мікропроцесорного контролера. 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.1. Загальна схема підключення. 3.2. Розширені схеми підключення для окремих контурів. 4. Креслення встановлення технічних засобів. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного 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 (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічних засобів.

6. Дата видачі завдання 31 березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту, (роботи)	Примітка
1	<i>Видача та затвердження завдання</i>	<i>Перед переддипломною практикою</i>	
2	<i>Вибір технічних засобів вимірювання, ВМ та РО</i>	<i>1 тиждень</i>	
3	<i>Розробка схеми автоматизації</i>	<i>2 тиждень</i>	
4	<i>Розробка схеми встановлення технічного засобу</i>	<i>3 тиждень</i>	
5	<i>Компонування ПЛК, розробка схем підключення датчиків та ВМ до ПЛК</i>	<i>4 тиждень</i>	
6	<i>Вибір та аналіз реалізації алгоритму регулювання, розробка прикладного ПЗ для ПЛК</i>	<i>5 тиждень</i>	
7	<i>Розробка прикладного ПЗ для SCADA/HMI</i>	<i>6-7 тиждень</i>	

Здобувач Дудка К.О.

Керівник проекту Киричук С.А.

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі приводиться опис розробки системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії цукрового заводу.

Система автоматизації вакуум-апарату періодичної дії цукрового заводу розроблялася з використанням промислового логічного контролера Slio від виробника Vipa.

Детально розглянуто принципи монтажу технічного засобу автоматизації – датчик температури Метран 270. З використанням програмного забезпечення Trace Mode розроблена дисплейна мнемосхема для автоматизованого робочого місця оператора.

В кваліфікаційній роботі також приділено увагу програмуванню промислового логічного контролера.

Ключові слова: вакуум-апарат, автоматизація, Slio, Метран. Оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						4
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Abstract

In the qualification work the description of development of system of automation of the vacuum device of periodic action of sugar factory is given.

The system of automation of the vacuum device of periodic action of sugar factory was developed with use of the industrial logic controller Slio from the manufacturer Vipa.

The principles of installation of technical means of automation - temperature sensor Metran 270 are considered in detail. Using the Trace Mode software the display mnemonic for the automated workplace of the operator is developed.

The qualification work also pays attention to programming Industrial logic controller.

Keywords: vacuum apparatus, automation, Slio, Metran.

Зміст

Вступ.....	7
1. Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
2. Система автоматизації.....	19
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	19
2.2. Схема автоматизації.....	29
2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації.....	32
3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	34
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	34
3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	36
3.3 Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	37
4. Креслення встановлення технічних засобів.....	41
5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	43
6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога.....	46
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	46
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	48
Висновки.....	49
Список використаної літератури.....	50

									Лист
									6
		№ докум.	Підпис						

1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Вакуум-апарат (рис. 1.1) являє собою вертикальний циліндричний зварний посудину з комбінованим конічний днищем.



Рис. 1.1. Вакуум-апарати на підприємстві

Апарат складається з корпусу, сепаратора, що гріє камери, опорного днища і механічного циркулятор з приводом.

Верхня частина апарату (корпус) служить ємністю для уварювання продукту. Для візуального контролю за кипінням і рівнем, на корпусі апарату встановлений ряд оглядових вікон. У верхній частині корпусу, всередині апарату, встановлений колектор для пропарювання апарату між варіння. Для запобігання підвищенню тиску на кришці корпусу вакуум-апарату встановлюється патрубок для пружинного запобіжного клапана.

					Кваліфікаційна робота		
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Виконав		Дудка К.О.			Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу		
Керівник		Киричук С.А.				8	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск	
Сек. ЕК		Проскурка Е.С.					

У верхній частині корпусу з зовнішньої сторони на обичайку встановлюється патрубок для вентиля скидання вакууму з корпусу (рис. 1.2). У нижній частині апарату розташована гріюча камера з горизонтальними трубними ґратами і вертикальними трубками. Кінці кожної труби (верхній і нижній) заварені в трубні решітки. У центральній частині гріючої камери є циркуляційна труба, на якій приварені контрлопасти. Гріючий пар подається в камеру через патрубок. В процесі уварювання утфель в апараті циркулює, піднімаючись по кип'ятильним трубам і, опускаючись по циркуляційної трубі. Утворений при кипінні утфельний пар піднімається вгору, де на його шляху встановлений відцентровий сепаратор, в якому в результаті зміни напрямку і швидкості пара частинки утфеля, захоплені паром, осідають на стінках і потім стікають назад в апарат. Звільнений від крапель пар відводиться через патрубок. Гази, які не конденсуються відводяться з парової камери відтяжками. Конденсат відводиться з нижньої частини камери через зливні патрубки, які приварені до зовнішньої обичайці.



Рис. 1.2. Вакуум-апарат на підприємстві

Гріюча камера встановлюється на обичайку комбінованого опорного днища. У центральній частині зворотного конуса розташований опорний

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			9

фланець, на який встановлюється патрубок підведення цукрового сиропу в апарат. Для вивантаження утфелю з вакуум-апарата по лінії з'єднання конусів опорного днища діаметрально протилежно встановлюється патрубки для основного і додаткового його спуску. У верхній частині обичайки днища є пробний кран для відбору увареного утфелю. Для примусової циркуляції утфелю в апараті встановлений механічно циркулятор з мішалкою. На рисунку 1.3 приведено технологічну схему ВА.

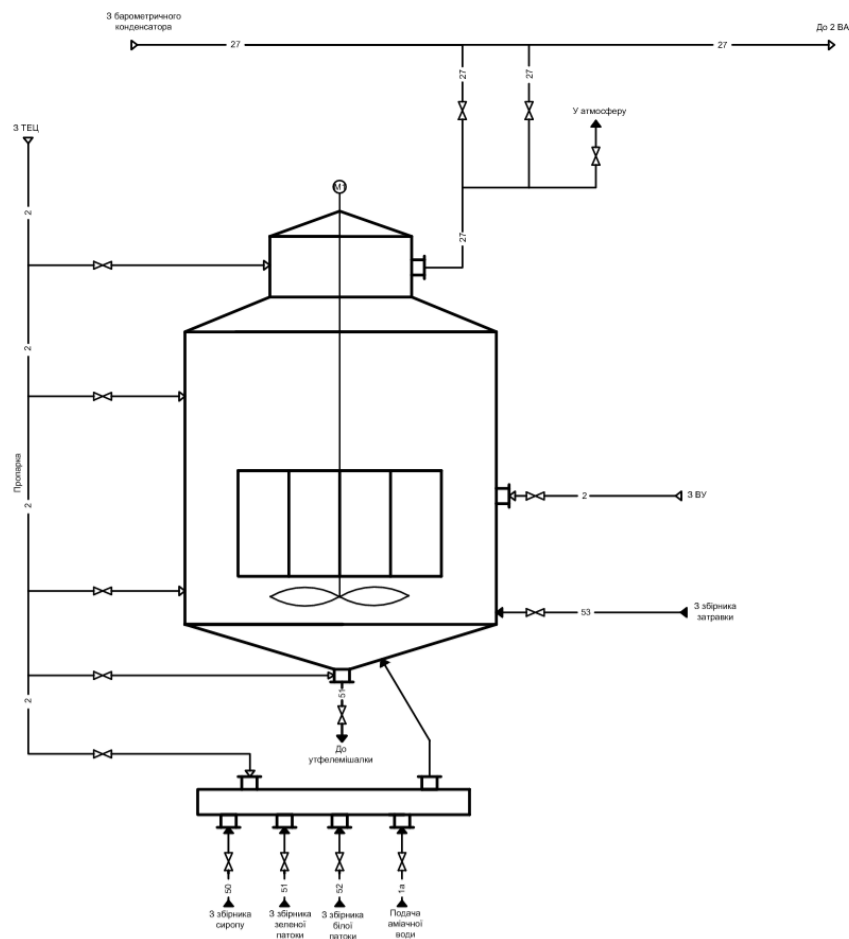


Рис. 1.3. Технологічна схема вакуум-апарату

Основні технологічні процеси, режими роботи апарату та їх характеристика.

Процес уварювання утфеля I ведеться періодично та складається з декількох стадій.

1. Згущення до «проби». Так називається початкове випаровування води з сиропу, поки не вийде пересичений розчин, в якому вже можна «завести» кристал - утворити достатню кількість центрів кристалізації. Це початкове

склі малопомітний слід. Коли ж сироп згущений «до проби», перед заведенням кристалів, краплі сиропу повільно стікають по зорових склі, залишаючи на них великий слід.

Проба «на волосся» складається в тому, що беруть краплю сиропу між сухими пальцями (великим і вказівним), потім пальці розсовують, при тому, між пальцями утворюється нитка (волосся) сиропу. Поки сироп ще рідкий, утворюється лише коротка нитка, яка при збільшенні відстані між пальцями рветься. При згущенні сиропу появляється більш довша нитка. Якщо згущення, достатньо для заведення кристалів, то нитка сиропу не рветься і при великій відстані між пальцями.

3. Затравка. Приманку у вигляді цукрової пудри вносять в кількості близько 30-40г через пробний кран. Крім заданих з пудрою кристалів, з'являються багато нових центрів кристалізації. При великій кількості пудри кристали виходять більш рівними і заводяться швидше. Велике значення має ступінь пересичення розчину в момент започаткування кристала. Нормальним пересичення має бути близько 1,25 (лабільна зона) для утфелю 1 кристалізації (при концентрації 82-83% СР). При збільшенні перенасичення центри кристалізації з'являються дуже швидко і в надмірній кількості. Якщо перенасичення дуже невелике, то, навпаки, період кристалізації надмірно збільшується. Нормально достатню кількість кристалів має з'явитись черс 2-5 хв з моменту внесення пудри в апарат.

Додавши пудру, апаратник бере проби через кожні 0,5- 1 хв. і чекає, коли з'явиться достатня кількість кристалів, що визначається зазвичай на око. Тим часом це дуже важливий момент. Якщо кристалів буде заведено мало, то вийде великий цукор, якщо багато - дрібний цукор.

Великим вважається цукор, що містить в 1г менше 2000 кристалів, і дрібним – в якому більш 5000 кристалів. У в даний час прийнято варити цукор тільки невеликий, або з кристалами розміром менше середнього, так як з цим пов'язаний темп уварювання. При високих темпах уварювання цукор не успіває викристалізуватися, якщо кристали великі і мають малу сумарну поверхню

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						12
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			



Рис. 1.4. Кристали цукру

Звичайно, тут має місце небезпека розчинити кристал (рис. 1.4) або уповільнити його зростання при необережному надмірному відкритті сиропного вентиля. Тому при варінні на безперервній підкачці особливо важливого значення набуває контроль концентрації уварювальної маси за допомогою кондуктометра.

У міру поступового викристалізування цукру міжкристального сиропу стає все нижче і нижче.

Температура сиропу, який підкачується, і відтік повинна бути завжди на 3-5 °С вище температури утфелю в апараті. Це запобігає появі борошна, крім того, сприяє швидкому перемішуванню підкачки сиропу з усією масою утфеля у апараті.

При підвищеній температурі сиропу він в розрідженому просторі вакуум-апарату закипає в наслідок самовипаровування і бульбашками з'явленого пару швидко перемішується з утфелем.

Коли в апараті залишилося місце лише для відтіків, то підкачку сиропу припиняють і починають підкачувати білий віддтік.

5. Згущення утфелю. Завдання тут полягає в тому, щоб залишити малу кількість води, довести утфель, отже, до максимальної концентрації-92,0- 92,5% вмісту СР.

6. Спуск і пропарювання. При спуску утфеля з температурою, наприклад, 80°C в холодну мішалку температура його швидко падає на 5-6°C, що відповідає підвищенню коефіцієнта пересичення майже на 0,1. При цьому є небезпека появи «муки». Для того, що б це не сталося рекомендується утфель при спуску обприскувати водою, нагрітою до 75°C, розраховуючи кількість води, що додається (близько 0,5% до маси утфеля) так, щоб отримати коефіцієнт перенасичення віддтіку, близьким до 1,00.

Утфель, спущений в мішалку негайно направляють з центрифуги для пробілки, не даючи йому далі охолоджуватися, тобто кристалізуватися.

Вакуум-апарати відносяться до технологічного обладнання, але в той же час це найбільші споживачі пари із випарної установки. На цукрових заводах України використовуються виключно вакуум-апарати періодичної дії – набирається в апарат сироп, згущується до стану пересичення, в розчині заводяться кристали, які потім нарощуються до необхідної величини шляхом випаровування води із розчину та підкачування свіжих порцій розчину. Після закінчення варки утфель – суміш кристалів цукру та міжкристального розчину вивантажується із вакуум-апарату та піддається подальшій обробці.

Вакуум-апарати періодичної дії дозволяють отримувати більш якісний цукор, але вони мають дуже нерівномірне споживання пари протягом циклу варки, що має негативний вплив на роботу випарної установки та всієї теплової схеми цукрового заводу.

Конструкція вакуум-апарата – це питання оптимізації двох функцій випаровування води із розчину та кристалізації цукру з досягненням бажаної якості продукції, тобто розміру кристалів цукру і чистоти утфелю.

Для вакуум-апаратів оптимальної конструкції, мають бути виконані наступні основні вимоги:

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№	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
1	Вакуум-апарат	Температура в апараті	220 С ± 10С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив тен підігріву	
		Тиск розрідження	0.8МПа ± 5кПа	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стан	Вплив на клапани створення вакууму	
		Рівень	80% ± 5%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі сиропу, білої та зеленої патоки, аміачної води	
		В'язкість	~100% ± 1.5%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани подачі сиропу, білої та зеленої патоки, аміачної води	
		Тиск в трубопроводі і подачі вторинної	120кПа ± 5%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління 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
		пари					
		Пропарка		Регулювання	Стан	Вплив на клапани подачі пари	
		Частота обертів двигуна мішалки	50 об/хв ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос подачі води	

2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Температура

На рисунку 2.1 зображений датчик температури Метран 270, що складається з первинного перетворювача і вбудованого в головку датчика вимірювального перетворювача, що перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал (УВС) постійного струму 4-20 мА. Призначений для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким.



Рис 2.1. – Термометр опору з УВС Метран 270

Технічні характеристики:

- вихідний сигнал 4-20 мА;
- первинні перетворювачі - ТЗ (100М, 50М) з можливістю вимірювання температури до 180 ° С;
- захисні арматури жароміцні і корозійностійкі;

					Кваліфікаційна робота				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів		
Виконав		Дудка К.О.			Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу				
Керівник		Киричук С.А.						19	16
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						НУХТ АК-4-2ск	
Сек. ЕК		Проскурка Е.С.							

- виконання-загальнопромислове; - ExiaIICT5, ExiaIICT6 з видом вибухозахисту "іскробезпечне електричне коло" - "ia"; -1ExdIICT5, 1ExdIICT6 з видом вибухозахисту "вибухонепроникна оболонка d".

Тиск



Рис. 2.2. Датчик тиску Метран-150

Датчики тиску серії Метран 150 (рис. 2.2) призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами в різних галузях промисловості, в тому числі в харчовій. Забезпечують безперервне перетворення вимірюваних величин - тиску надлишкового, абсолютного, тиску-розрідження, різниці тисків, гідростатичного тиску нейтральних і агресивних середовищ в уніфікований струмовий вихідний сигнал і цифровий сигнал на базі HART-протоколу.

Технічні характеристики:

- основна приведена погрешность до $\pm 0,075\%$;
- стабільность до $\pm 0,075\%$ від максимального верхньої межі вимірювання за 1 рік;
- міжповірочний інтервал 5 років;
- діапазон вимірювання різниці тиску до 13,1789 мпа;
- діапазон вимірювання тиску до 68,947 мпа;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
						20
		№ докум.	Підпис			

- матеріали розділової мембранинерж. сталь 316l, сплав hastelloy, тантал;
- стандартна самодіагностика;
- вибухозахищене виконання;
- дисплей-індикатор з можливістю використання локального інтерфейсу оператора;
- вихідний сигнал 4-20ма HART®, 0-5ма;
- гарантійний термін експлуатації до 5 років.

Особливості:

- конструкція модуля сенсора по типу сорplanar забезпечує гнучкість у виборі варіанту приєднання датчика до процесу: різні виконання фланців, складання з вентиляними блоками або виносними розділовими мембранами 1199;
- виконання датчиків тиску метран 150 для температури навколишнього середовища до мінус 55 ° с дозволяє використовувати їх без обігрівальних пристроїв;
- наявність жк-індикатора з локальним інтерфейсом оператора дозволяє за місцем установки датчика швидко і без додаткових пристроїв виробляти зміни в налаштуваннях датчика;
- кисневе виконання.

В'язкість

У зв'язку з складною технологією вакуум-апаратів використано кондуктометр та ротаційний віскозиметр, в зв'язку з тим, що вони працюють при різних значеннях в'язкості та при різних тисках.



Рис. 2.3. Кондуктометр ВАП-6 з чутливим елементом

Кондуктометр (рис. 2.3) необхідний для вимірювання в'язкості рідин в загальному діапазоні від 20 до 200 Па•с і автоматизації аналітичного контролю в технологічних процесах.

Технічні характеристики:

- температура аналізованої рідини від 0 до +100 о С;
- тиск аналізованої рідини - не перевищує 1,6 МПа;
- межа допустимого значення основної зведеної похибки $\pm 5\%$ від модуля дельти меж вимірювання при нормальних умовах;
- вихідний сигнал 4-20 мА;
- вид вибухозахисту - «іскробезпечне електричне коло»;
- живлення від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою (50 ± 1) Гц;
- споживану електричну потужність - не перевищує 20 Вт.



Рис. 2.4. Ротаційний віскозиметр LAMY Rheology RM 100 L з чутливим елементом

Промисловий віскозиметр (рис 2.4) складається з двох роздільних блоків - вимірювальний блок встановлюється в трубопровід, голова віскозиметра може бути вмонтована в панель управління цеху. Відстань між двома блоками інлайн віскозиметра Lamy RM100 L Touch може становити від 5 до 15 м.

Віскозиметр ротаційний потоковий (inline) RM100 L Touch дозволяє контролювати в'язкість продукту в режимі реального часу при проходженні його по трубопроводу. Коротко про головне:

- точність +/- 1% діапазону, як у стаціонарних віскозиметрів;
- яскравий, зручний, 7-дюймовий сенсорний екран4
- необмежена кількість швидкостей обертання до 600 об / хв4
- спеціальні осередки і циліндричні шпинделі мають геометрію, аналогічної коаксіальної системі DIN ISO 3219;
- меню російською мовою;
- високий крутний момент до 13 мНм;
- температурний датчик може бути приєднаний до віскозиметру окремо;
- з'єднання з комп'ютером, збереження даних на USB-накопичувач;

- діафрагма, що котиться, пропонує підвищену точність та зменшення гістерезису порівняно з розтягуванням діафрагми;
- зовнішні упори ходу легко регулюються для запобігання перевертання клапана поза повністю сидячим або повністю відкритим положенням;
- можливе пряме кріплення аксесуара регулюючого клапана при необхідності одного зовнішнього пневматичного з'єднання.



Рис. 2.6. Пневматичний циліндр Camozzi 40M2T60A0600

Циліндри пневматичні Серії 40 (рис. 2.6) відповідають стандарту DIN / ISO 6431. На поршні даних циліндрів встановлені постійні магніти.

Положення поршня виначається магнітними датчиками положення, що закріплюються на циліндрі.

Технологічний індикатор



Рис. 2.7. Технологічний індикатор ITM-110

		№ докум.	Підпис	

Одноканальний мікропроцесорний індикатор ІТМ-110 (рис. 2.7) призначений для вимірювання одного вхідного фізичного параметра (температура, тиск, витрата, рівень і т. д.), обробка, перетворення, використання математичних функцій і відображення на вбудованому цифровому дисплеї. Він виконує роль блока живлення для датчика, з яким працює.

Технічні характеристики:

- 1 універсальний аналоговий вхід;
- 1 аналоговий вихідний сигнал;
- 2 дискретні виходи для сигналізації;
- живлення приладу – 220 В;
- вбудований блок живлення 22 В (використовується для живлення датчика);
- інтерфейс RS-485;

Електропневматичний перетворювач



Рис. 2.8. Електропневматичний перетворювач ЕП-3324

Електропневматичний перетворювач (рис. 2.8) призначений для перетворення уніфікованого безперервного сигналу постійного струму в уніфікований пропорційний пневматичний безперервний сигнал.

Технічні характеристики ЕП-3324:

- вхідний сигнал - від 4 мА до 20 мА;

- номінальний тиск повітря харчування - 140 кПа;
- основна похибка - 1%;
- клас точності - 1,0;
- витрата повітря харчування - не більше 2 л / хв;
- витрата повітря харчування на виході - не менше 30 л / хв;
- вхідний опір виробів перетворювачі ЕП-3324 при температурі від + 20 ° С до + 25 ° С для вхідного сигналу - не більше 130 Ом;
- вихідний пневматичний аналоговий сигнал - від 20 кПа до 100 кПа.

Частотний перетворювач



Рис. 2.9. Частотний перетворювач DELTA MS300

Нова серія DELTA MS300 (рис. 2.9) - це новий дизайн, поєднання зручного і компактного пристрою, з можливістю розширення функціональності, крім того, інтерфейс настройки і параметрування вдосконалений і доведений до варіанту вибору груп налаштувань (управління конвеєром / або вентилятором / або насосом і так далі), вбудованій ПЛК і порт USB вже на борту, при цьому розробники на шляху народження нового виробу пам'ятали і дбали про те, щоб виріб відповідало бюджетного сегменту ринку, адже його завдання, прийти на зміну перетворювачів старої доброї серії VFD-E. Заміна вдалася, адже на потужностях від 11кВт і вище, приводи MS300 дешевше VFD-E. Молодші моделі трохи дорожче, але близькі за вартістю.

- Вбудований ЕМС фільтр класу А (С2).
- Угруповання параметрів по застосуваннях полегшує настройку за рахунок угруповання тільки необхідних для конкретної області застосування параметрів.

2.2. Схема автоматизації.

Вакуум-апарат відноситься до специфічних об'єктів автоматизації, це пов'язано з його складною технологією.

В даній схемі передбачений контроль та регулювання температури сиропу в апараті. Термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом Метран 270 (1а), встановлений у вакуум-апараті, вихідний сигнал якого 4..20мА прямує на технологічний індикатор ІТМ-110 (1б), що відображає значення температури та проводить живлення на датчик. Сигнал з технологічного індикатора поступає на контролер VIPA SLIO. Регулювання здійснюється а допомогою ПЛК, вихідний аналоговий сигнал прямує на електропневматичний перетворювач ЕП-3324 (1в), що перетворює уніфікований струмовий сигнал у пневматичний 20..100кПа. Цей сигнал поступає на виконавчий механізм SAMSON 3278 (1г), який регулює подачу втоинної пари в апарат. У даному контурі передбачена сигналізація верхнього рівня температури у зв'язку з тим, що температура, вища за 80*С передбачає розчинення кристалів.

Контур регулювання тиску розрідження здійснено програмно. У вакуум-апараті встановлений датчик тиску розрідження Метран-100-ДВ (2а), струмовий сигнал з якого поступає на технологічний індикатор ІТМ-110 (2б), що відображає значення температури та проводить живлення на датчик. Сигнал з технологічного індикатора поступає на контроллер VIPA SLIO. Регулювання здійснюється а допомогою ПЛК, вихідний дискретний сигнал прямує на пневматичний циліндр Camozzi 40M2T60A0600 з електропневматичним розподільником серії К8 (2г), який керує подачу малого вакууму в апарат. Після цієї процедури відкривається великий вакуум, реалізований через інший дискретний вихід ПЛК, сигнал якого керує пневматичним циліндром Camozzi

						<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
							29
		№ докум.	Підпис				

40M2T160A0600 з електропневматичним розподільником серії K8 (2e). Стравка відбувається на базі пневматичного циліндра Camozzi 40M2T60A0600 з електропневматичним розподільником серії K8 (2з). Вихідний дискретний сигнал з контролера поступає на розподільник, який керує спрацюванням циліндра, який відкриває та закриває трубопровід стравки вакууму. Передбачена сигналізація нижнього рівня.

Контур контролю та регулювання рівня. В нижній частині апарату встановлений мембранний датчик тиску Метран 3051 (3а). Рівень вимірюється гідростатичним методом. Гідростатичні рівнеміри вимірюють тиск стовпа рідини і перетворюють його в значення рівня, оскільки гідростатичний тиск залежить від величини рівня і щільності рідини і не залежить від форми і обсягу резервуара. Сигнал з датчика поступає на технологічний індикатор ITM-110 (3б), що відображає значення температури та проводить живлення на датчик. Сигнал з технологічного індикатора поступає на контроллер VIPA SLIO. Регулювання здійснюється а допомогою ПЛК, вихідний аналоговий сигнал прямує на електропневматичний перетворювач ЕП-3324 (3в), він перетворює струмовий сигнал на пневматичний, який йде на виконавчий механізм SAMSON 3278 (3г), який регулює подачу сиропу в апарат. Допоміжні патрубки з подачі продукту I та II кристалізації здійснюються аналогічно (позиції для ЕП 3д, 3ж; для виконавчих механізмів – 3е, 3з). Оператор контролює подачу якого продукту треба подати в апарат за рахунок в'язкості в апараті. Підкачки відбуваються періодично. Спочатку апарат заповнюють на 30%, після цього уварюють сироп до досягнення рівня в 25%, потім підкачка на 10-15%, далі – уварювання і так відбувається циклічно до заповнення апарату до 98-100%, після чого відбувається уварювання на одному рівні. Після уварювання командний сигнал з ПЛК, аналогічно попереднім (позиції 3к, 3л, відповідно) регулює рівень за допомогою зливу утфеля в утфелемішалку. У даному контурі передбачена сигналізація верхнього та нижнього рівня.

Також схемою передбачений контроль та регулювання в'язкості. Цей параметр тісно взаємодіє з рівнем в апараті, так як процес заповнення апарату

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
						30
		№ докум.	Підпис			

регулюється рівнем та в'язкістю, в зв'язку з тим, що заповнення відбувається поступово. Регулювання на рівень відбувається програмно на клапані подачі сиропу, продуктів I та II кристалізації в апарат. У вакуум-апараті встановлений чутливий елемент кондуктометра ВАП-6 (4а), сигнал якого йде на блок перетворення та відображення (4б). Уніфікований струмовий сигнал 4..20мА поступає на контролер. Аналогічно попередньому, встановлений ротаційний віскозиметр LAMY Rheology RM 100 L (4в, 4г). Регулювання по зниженню в'язкості відбувається за допомогою подачі аміачної води в апарат. З ПЛК сигнал поступає на електропневматичний перетворювач ЕП-3324 (4в), після перетворення сигналу в пневматичний він йде на виконавчий механізм SAMSON 3278 (4г), який регулює подачу аміачної води.

Схема передбачає контроль тиску в трубопроводі подачі вторинної пари з випарної установки. За місцем розташований датчик тиску Метран 150 (5а), уніфікований сигнал з якого йде на технологічний індикатор ІТМ-110 (5б) для відображення рівня тиску. Сигнал з індикатора йде на контролер. У даному контурі передбачена звукова та світлова сигналізація верхнього рівня.

Схемою автоматизації передбачена автоматична пропарка апарату, здійснена програмно. Дискретні виходи з ПЛК VIPA SLIO поступають на пневматичний циліндр Camozzi 40M2T60A0600 з електропневматичним розподільником серії K8 (6а, 6б, 6в, 6г, 6д), які відкривають трубопроводи подачі пари з ТЕЦ по зонам. Таким чином відбувається очищення ВА.

Керування мішалкою здійснено автоматично. Електродвигун, який стоїть над вакуум-апаратом дає оберти мішалці. Програмне управління мішалкою здійснено на базі аналогового вихідного сигналу ПЛК, який поступає на частотний перетворювач DELTA MS300 (7а), який керує обертами двигуна мішалки.

У даному проекті передбачена програмна затравка в апарат, що зменшує відповідальність оператора. Відповідно до програми контролер подає сигнал на пневматичний циліндр Camozzi 40M2T60A0600 з електропневматичним розподільником серії K8 (8а), який відкриває та закриває клапан.

2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації.

№ п\п	Найменування и технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниці	Потреба за проектом	Примітка
1	2	3	4	5	6
Прилади по місцю					
1а	Термометр опору Метран 270 50М Вихідний сигнал 4-20 mA	270 50М	Шт.	1	Метран, постачальник "ПриборТрейд", Україна
2а	Датчик тиску Вихідний сигнал 4-20mA або 0-5 mA	150-CDR	Шт..	1	Метран, постачальник "ПриборТрейд", Україна
3а	Мембранний перетворювач тиску Метран 3051 Вихідний сигнал 4-20mA або 0-5 mA	3051	Шт.	1	Метран, постачальник "ПриборТрейд", Україна
4а	Кондуктометр з чутливим елементом Вихідний сигнал 4-20mA	ВАП-6	Шт.	1	ОАО Автоматика, Україна
4в	Ротаційний віскозиметр з чутливим елементом Вихідний сигнал 4-20mA	RM 100 L	Шт.	1	Lamy Rheology, Франція
5а	Датчик тиску Метран Вихідний сигнал 4-20mA або 0-5 mA	150-ДИ	Шт.	1	Метран, постачальник "ПриборТрейд", Україна
1г, 3г, 3е, 3з, 3л, 4е	Пневматичний виконавчий механізм Вхідний сигнал 20..100 кПа	3278	Шт.	6	SAMSON, Німеччина
2г, 2з, 6а, 6б, 6в, 6г, 6д, 8а	Пневматичний циліндр з розподільником серії К8 Діаметр циліндру 60 мм	40M2T60A0600	Шт.	8	Samozzi, Італія
2е	Пневматичний циліндр з розподільником серії К8 Діаметр циліндру 160 мм	40M2T160A0600	Шт.	1	Samozzi, Італія

Прилади на щиті

1б, 2б, 3б, 5б	Технологічний індикатор	ІТМ-110	Шт.	4	Мікрол, Україна
1в, 3в, 3д, 3ж, 3к, 4в	Електропневматичний перетворювач Вхідний сигнал - 4-20mA Вихідний пневматичний аналоговий сигнал – 20-100кПа	ЭП-3324	Шт.	6	Постачальник Газенергоавтоматика, Україна
7а	Частотний перетворювач	MS300	Шт.	1	Delta, США

3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Документація на замовлення мікропроцесорного контролера (МПК) тісно пов'язана із завданням на виготовлення щитів і пультів, оскільки в щитових конструкціях розміщується сам мікропроцесорний контролер, так і його модулі.

Основним документом при замовленні МПК є замовна специфікація в якій вказується модель, опис модулів та їх кількість.

Таблиця 3.1. Вибрані модулі для ПЛК Vipa Slio

№ п/п	Найменування блока, його параметри	Кільк.
VIPA SLIO CPU 014 (014-CEF0R00)	Процесорний модуль	1
SM 031 (031-1BD40)	Модуль аналогового входу (8)	1
SM 031 (031-1BB40)	Модуль аналогового входу (4)	1
SM 021 (021-1BD00)	Модуль дискретного входу (8)	1
SM 022 (022-1BF00)	Модуль дискретного виходу (8)	2
SM 032 (032-1CD40)	Модуль аналогового виходу (8)	2
PM 007 (007-1AB10)	Модуль живлення	1

Аналогові входи. До 8-ми канального модуля аналогових входів SM 031 (031-1BB40) підключаються датчики температури, тиску (2) та рівня з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, який є найбільш гарним з точки зору струмових сигналів (при обриві лінії буде 0, що вказує на проблему). До 4-х канального вхідного модуля підключені кондуктометр та віскозиметр з аналогічним попередньому вихідним сигналом в 4-20 мА.

					Кваліфікаційна робота				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів		
Виконав		Дудка К.О.			Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу				
Керівник		Киричук С.А.						34	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.							
Сек. ЕК		Проскурка Е.С.							
					НУХТ АК-4-2ск				

Аналогові виходи. До 8-ми каналних модулів аналогових виходів SM 032 (032-1CD40) підключається електропневматичні перетворювачі з струмовим уніфікованим сигналом 4-20 мА для управління пневматичними виконавчими механізмами, що управляють: подачею пари у апарат, білою, зеленою патоками, сиропом, аміачної води, спуском з апарату; та регулюванням частоти мішалки.

Дискретні входи. До 8-ми каналного модуля дискретних входів SM 021 (021-1BD00) підключаються кнопки квіткування та з'єму звукової сигналізації.

Дискретні виходи. До 8-ми каналних модулів дискретних виходів SM 022 (022-1BF00) підключаються сигнальні арматури для світлової сигналізації, реле для замикання контактів на звукову сигналізацію та розподільників пневматичних клапанів.

3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Живлення датчиків здійснено через технологічний індикатор ІТМ-110. Принцип вимірювання покладений в тому, що датчик виступає змінним резистором для кола. Відповідно, через закон Ома змінюється вихідний сигнал з датчика, відрегульований на 4..20мА, що є уніфікованим струмовим сигналом. Вихідний сигнал з індикатора прямує до аналогового входу ПЛК VIPA SLIO.

На низьких діапазонах в'язкості використано кондуктометр ВАП-6, чутливий елемент якого підключається до вторинного приладу безпосередньо, так само, як і на великих діапазонах – ротаційний віскозиметр LAMY Rheology RM 100 L. Вихідні сигнали є уніфіковані, вони з цих приладів поступають на аналогові входи ПЛК відповідно.

Вихідні дискретні сигнали контролера реалізують сигналізацію та керування пневматичними циліндрами. Дискретний плюс, що є 24В підключається до приладів (сигнальні арматури та розподільвачі циліндрів) безпосередньо, а мінус поступає через паралельне з'єднання від блока живлення ПЛК.

Аналогові вихідні сигнали слугують для забезпечення роботи мішалки та пневматичних виконавчих механізмів. Управління мішалки здійснено через частотний перетворювач, який визначає задану кількість обертів двигуну, пов'язану з технологією процесу. А регулювання пневматичних виконавчих механізмів SAMSON 3278 здійснено пневматично. Вихідний сигнал ПЛК перетворюється у уніфікований пневматичний (20..100кПа) через електропневматичний перетворювач ЕП-3324, який слугує регулюючим сигналом виконавчого механізму.

У схемі передбачена звукова сигналізація, вона виконана через контакти реле. Тобто вихідний сигнал заживлює реле, через контакти якого поступає живлення дзвоника. Вимкнення здійснено через кнопку на дискретний вихід. Також передбачено квіткування, реалізованого аналогічно з'єму звукової сигналізації.

3.3 Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур контролю та регулювання температурою в апараті.

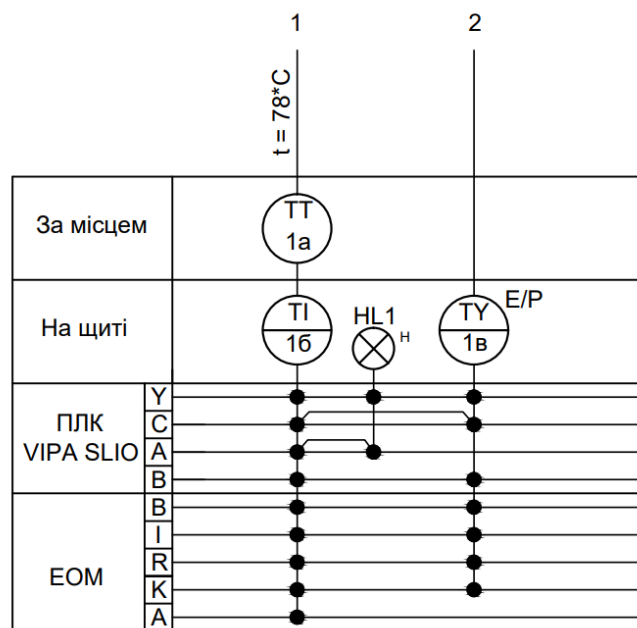
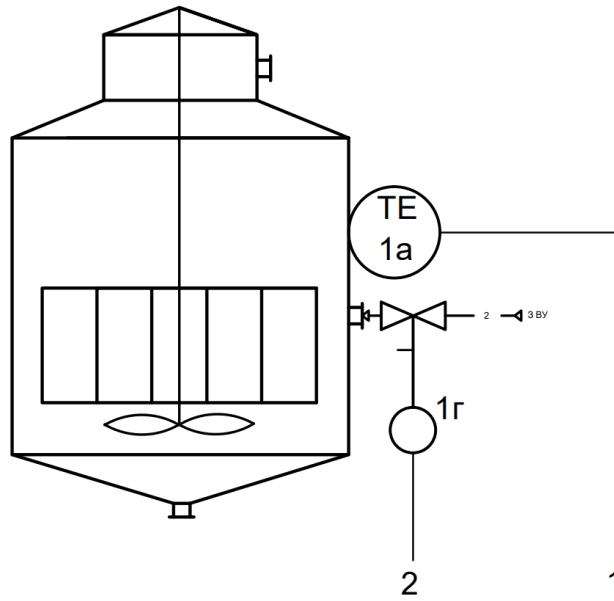


Рис. 3.1. Схеми автоматизації контуру контролю та регулювання температури

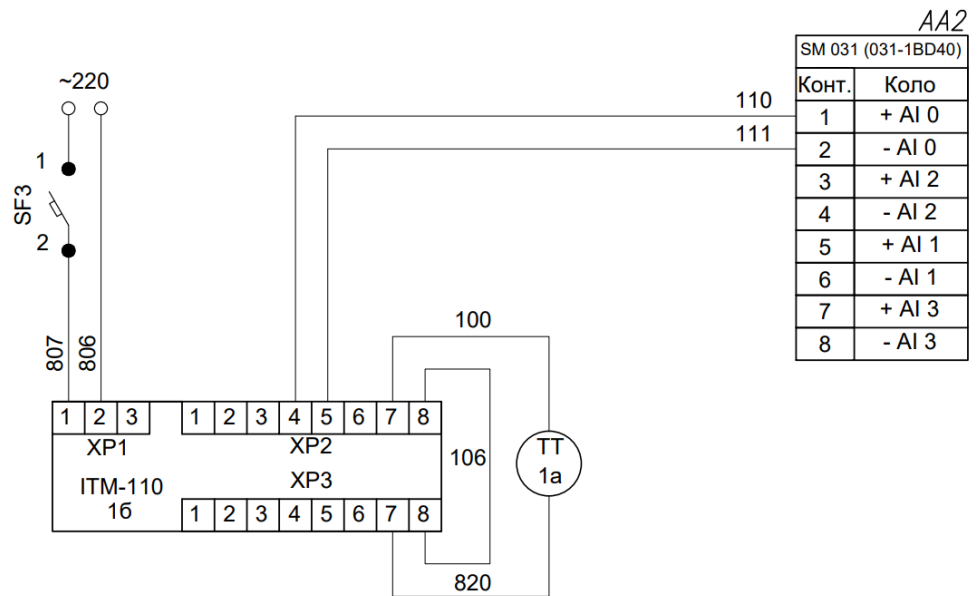


Рис. 3.2. Принципова розширена схема підключення датчика температури до технологічного індикатора ІТМ-110, та його до модуля аналогових входів ПЛК SM 031 (031-1BD40)

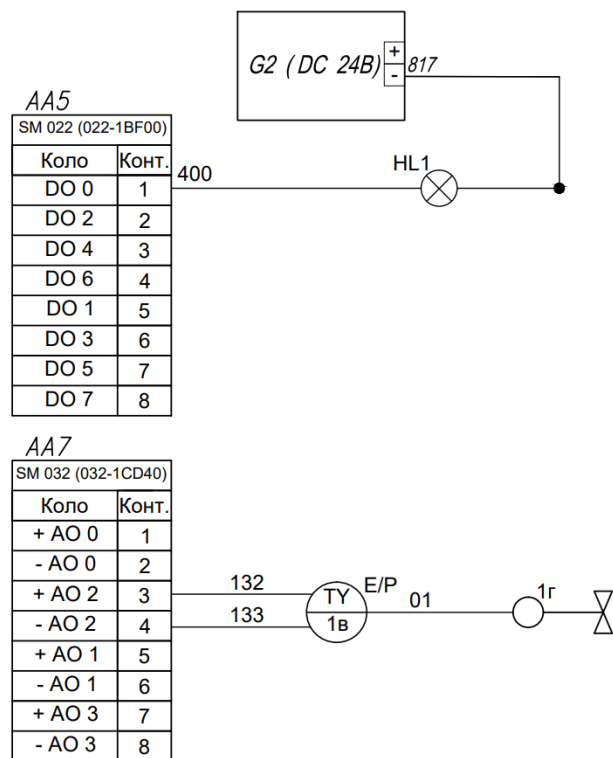


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення сигнальної арматури до дискретного вихода ПЛК SM 022 (022-1BF00) та пневматичного виконавчого механізму до ЕПП, та його до аналогового вихідного модуля SM 032 (032-1CD40).

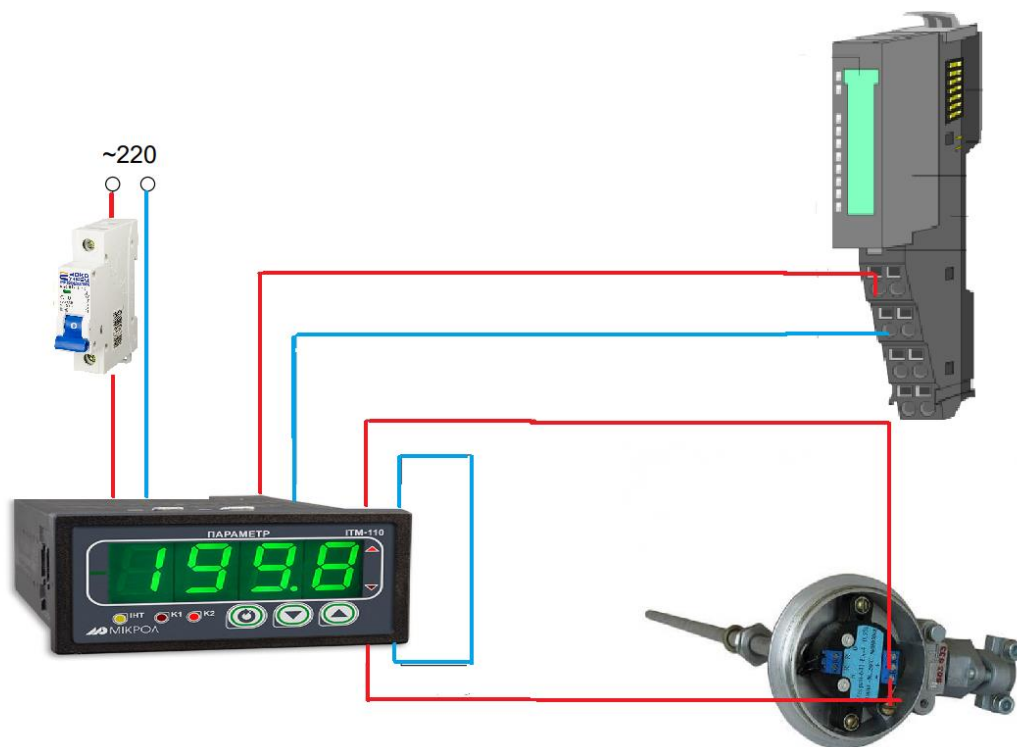


Рис. 3.4. Графічна схема підключення термометру Метран 270 до технологічного індикатора ІТМ-110 до аналогового входу ПЛК

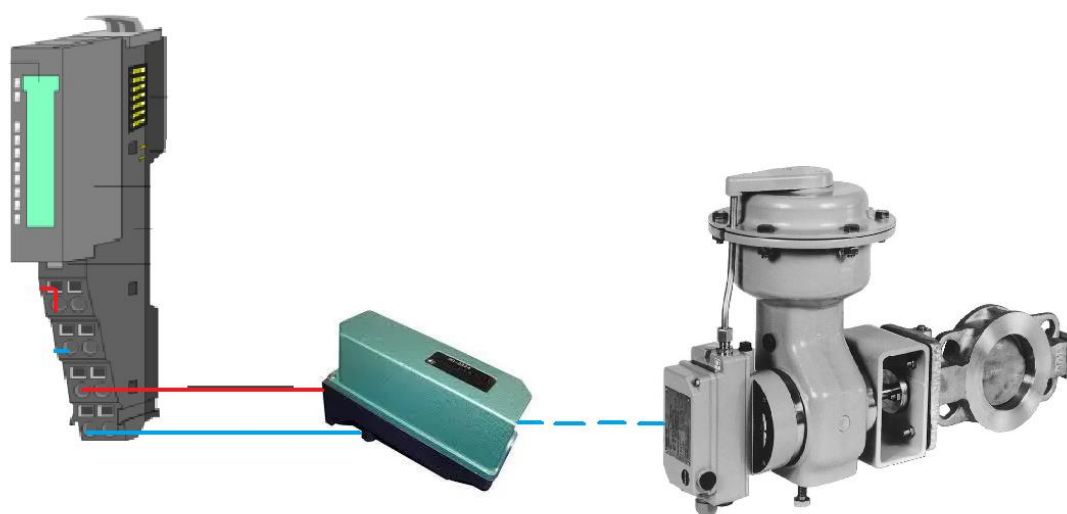


Рис. 3.4. Графічна схема підключення пневматичного виконавчого механізму до аналогового виходу ПЛК

Термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом Метран 270 (поз. 1а), встановлений у вакуум-апараті, вихідний сигнал якого 4..20мА прямує на технологічний індикатор ІТМ-110 (поз. 1б), що відображає значення

										Лист
										39
		№ докум.	Підпис							

температури та проводить живлення на датчик. Сигнал з технологічного індикатора поступає на контролер VIPA SLIO. Регулювання здійснюється а допомогою ПЛК, вихідний аналоговий сигнал прямує на електропневматичний перетворювач ЭП-3324 (поз. 1в), що перетворює уніфікований струмовий сигнал у пневматичний 20..100кПа. Цей сигнал поступає на виконавчий механізм SAMSON 3278 (поз. 1г), який регулює подачу втоинної пари в апарат. У даному контурі передбачена сигналізація верхнього рівня температури у зв'язку з тим, що температура, вища за 80*С передбачає розчинення кристалів.

4. Креслення встановлення технічних засобів

Вимірювання температури в апараті здійснено через датчик температури з вихідним уніфікованим сигналом Метран 270. Вигляд датчика зображено на рисунку 4.1.



Рис. 4.1. Термометр опору з УВС Метран 270

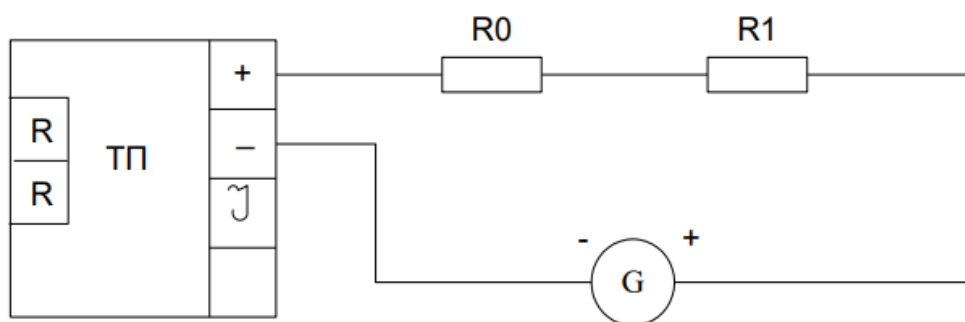


Рис. 4.2. Метод підключення датчика Метран 270 до блоку живлення
 Монтаж термоперетворювача до блоку живлення наведено в рисунку. ТП монтується у будь-якому положенні, зручному для обслуговування. При монтажі ТП рекомендується враховувати габаритні та приєднувальні розміри.

					Кваліфікаційна робота			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Дудка К.О.			Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					41	2
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Сек. ЕК		Проскурка Е.С.						

Перед монтажем Метран-270-12-Ехд, -13-Ехд, -16, -16-Ех1а, -17, -17-Ех1а необхідно від'єднати висновки ТП від клем ІІ, провести монтаж, а потім підключити висновки ТП до клем ІІ відповідно до маркування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						42
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

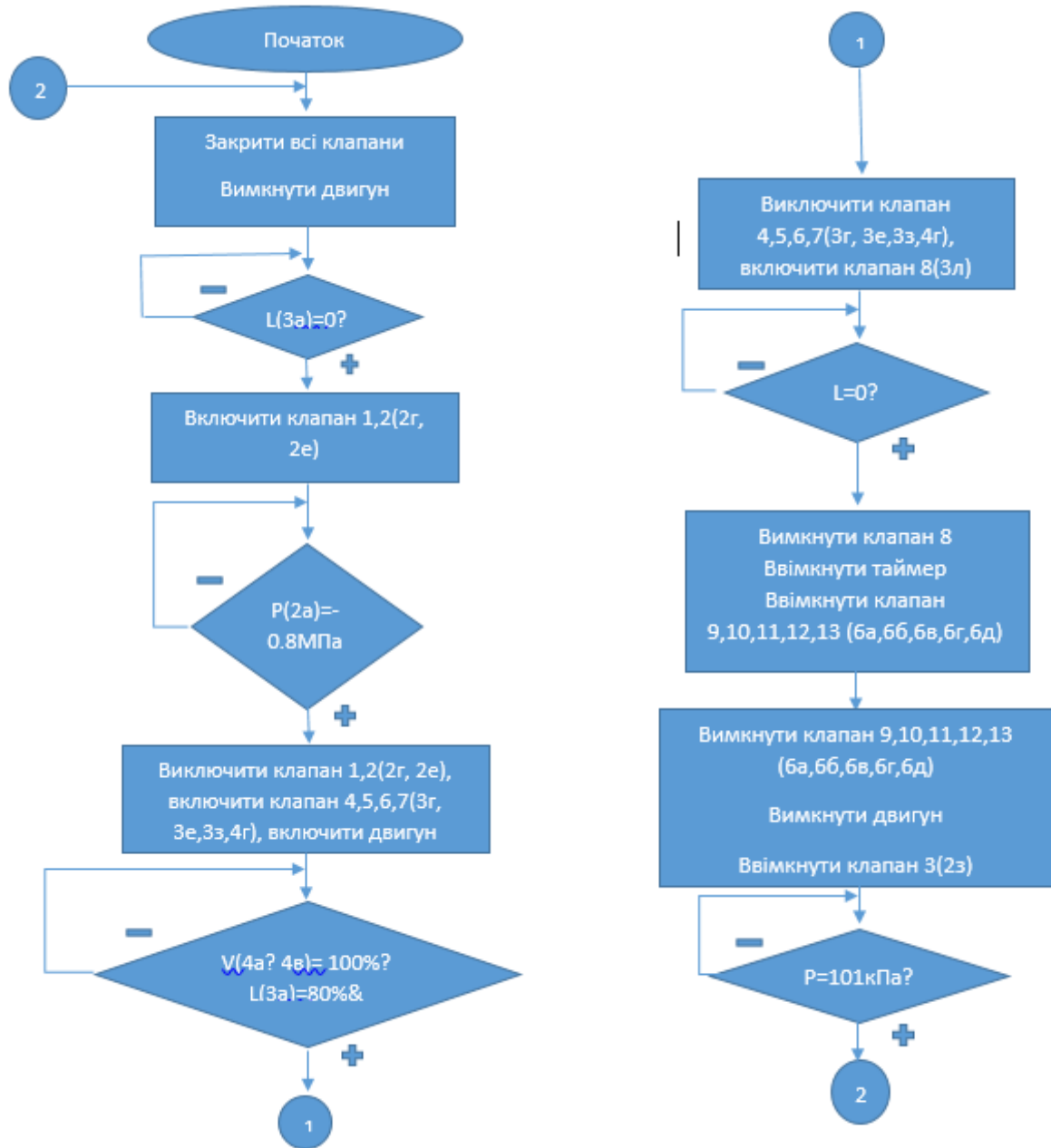


Рис. 5.1. Алгоритм програми користувача

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Виконав		Дудка К.О.			Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					43	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Сек. ЕК		Проскурка Е.С.						

Змінні програми для ПЛК представляються в табл. 5.1

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
T	%IW0.1.0	Температура в апараті
Pa	%IW0.1.1	Тиск розрідження в апараті
L	%IW0.1.2	Рівень в апараті
V	%IW0.1.3	В'язкість в апараті
Pt	%IW0.1.4	Тиск в трубопроводі подачі вторинної пари
K11	%Q0.2.0	Клапан створення малого вакууму
K12	%Q0.2.1	Клапан створення великого вакууму
K13	%Q0.2.2	Клапан стравки в атмосферу
K14	%QW0.3.0	Клапан подачі сиропу
K15	%QW0.3.1	Клапан подачі зеленої патоки
K16	%QW0.3.2	Клапан подачі білої патоки
K17	%QW0.3.3	Клапан подачі аміачної води
K18	%QW0.3.4	Клапан зливу
K19	%Q0.2.3	Клапани пропарки

Програма створена на мові FBD:

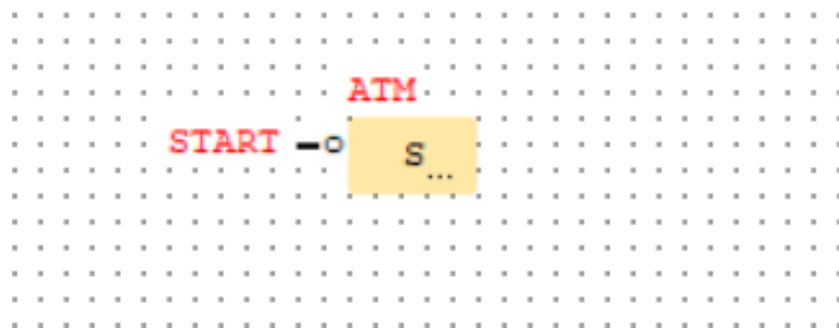
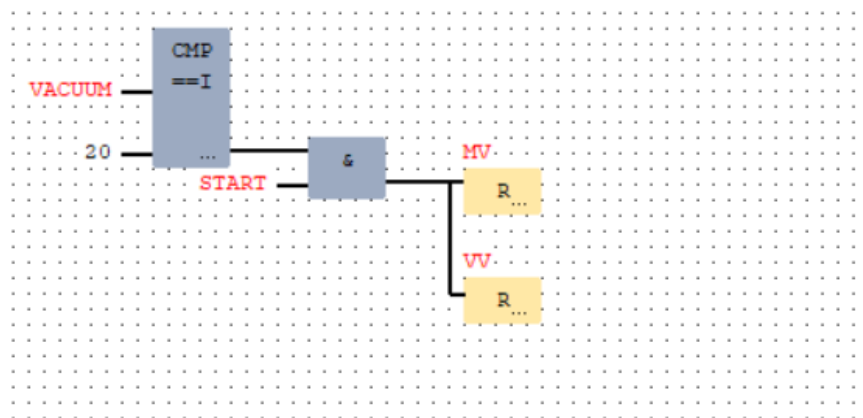
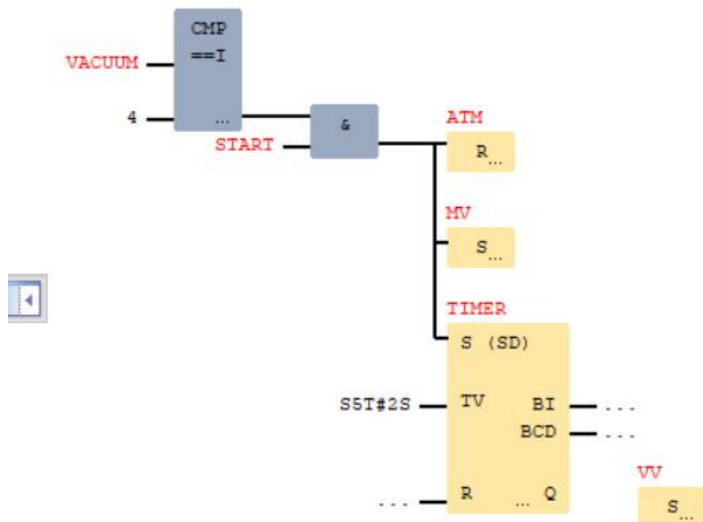


Рис. 5.2. Програма у середовищі WinPLC7 для ПЛК

		№ докум.	Підпис	

6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога.

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

Одним з останніх пунктів перед впровадження системи в експлуатацію є створення SCADA системи. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерське управління і збір даних) — програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. При розробці людино-машинного інтерфейсу оператора технолога було використано програмний продукт SCADA Trace Mode 6

SCADA Trace Mode 6 складається з інструментальної системи - Інтегрованої середовища розробки і з набору виконавчих модулів. Інструментальна система використовується на робочому місці розробника АСУ. У ній створюється набір файлів, який називається проектом Trace Mode.

Таблиця 6.1. Змінні та їх настройки

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
T	%IW0.1.0	0	10000	-100	150	INT
Pa	%IW0.1.1	0	10000	-10	10	INT
L	%IW0.1.2	0	10000	0	100	INT
V	%IW0.1.3	0	10000	0	100	INT
Pt	%IW0.1.4	0	10000	0	300	INT
K11	%Q0.2.0	0	1	0	1	BOOL
K12	%Q0.2.1	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота		
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Виконав	Дудка К.О.				Розробка системи автоматизації вакуум апарату періодичної дії цукрового заводу		
Керівник	Киричук С.А.						
						46	3
Зав. каф.	Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Сек. ЕК	Проскурка Е.С.						

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
K13	%Q0.2.2	0	1	0	1	BOOL
K14	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
K15	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
K16	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT
K17	%QW0.3.3	0	10000	0	100	INT
K18	%QW0.3.4	0	10000	0	100	INT
K19	%Q0.2.3	0	1	0	1	BOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейні мнемосхеми оператора допомагають візуально спостерігати за всіма процесами, що відбуваються в апараті.

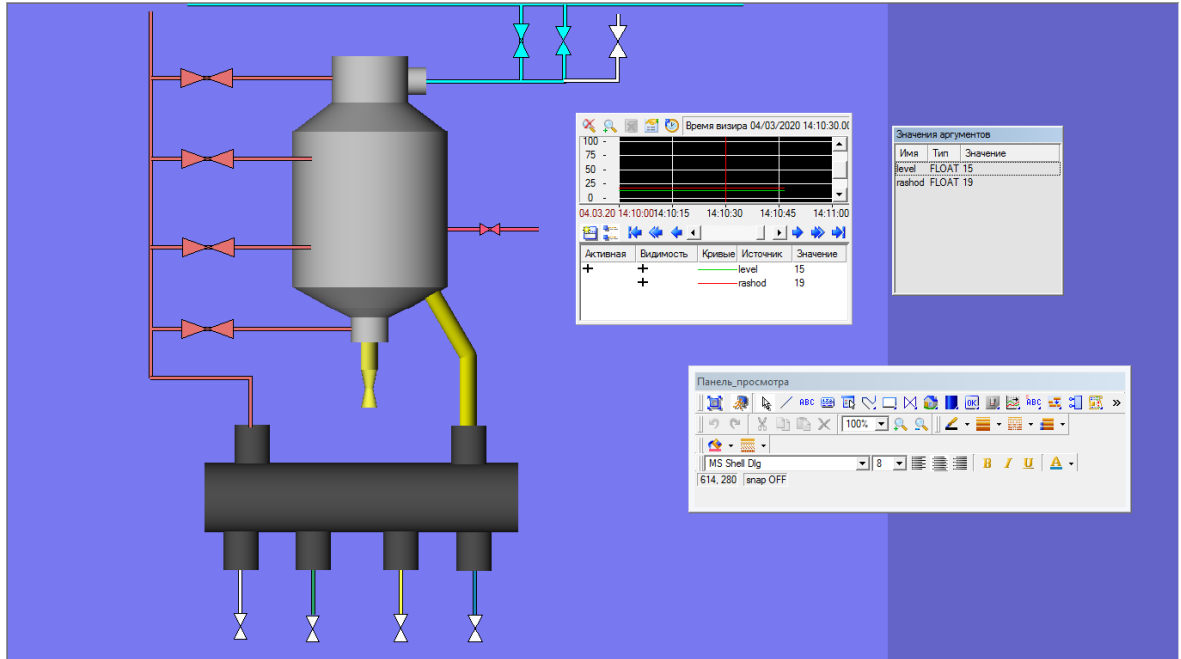


Рис. 6.1 Мнемосхема вакуум-апарату

		№ докум.	Підпис	

Висновки

В ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено систему автоматизації вакуум-апарату цукрового заводу на базі мікропроцесорного контролера «ПЛК VIPA SLIO», а саме були вирішені наступні функціональні задачі: покращення якості підтримки основних технологічних параметрів, заміна морально та фізично застарілих засобів автоматизації, реалізація сучасних алгоритмів управління, полегшення праці операторів та обслуговуючого персоналу.

В загальному описанні системи представлені основні дані про функціональну структуру, принцип дії та технічне забезпечення програмно-технічного комплексу вакуум-апарату. Розроблені креслення по автоматизації. Запропоновані основні рішення по встановленню приладів, та апаратури. Вибрані прилади для управління технологічним процесом і техніко-економічно обгрунтовані. Розроблені контури контролю і управління параметрів технологічного процесу.

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.

