

**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)

«___» лютого 2021 р.

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

«___» лютого 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 5-ти корпусної випарної установки

Виконав: здобувач 3ск курсу, групи ЗАКІТ-3-1ск

_____ Стаброник Євгеній Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ доцент, Клименко Олег Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ М'якшило О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

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

І.В.Ельперін

« 9 » листопада 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стаброніку Євгенію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної
випарної установки

керівник роботи Клименко Олег Миколайович, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 9 » листопада 2020 р. № 932-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 8 » лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно 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. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного 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. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 9 листопада 2020 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 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Стаброник Є. М.

_____ (підпис)

Керівник роботи Клименко О. М.

_____ (підпис)

Анотація

Темою даного дипломного проєкту є «Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки» на випарній станції (ВС) цукрового заводу.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки та графічного матеріалу.

В пояснювальній записці детально описано технологічний процес випарювання дифузійного соку на 5-ти корпусній випарній установці з підвищеним температурним режимом, описано та реалізовано систему автоматизації (СА) даного виробничого процесу, а також сформовано специфікацію на замовлення для використаних технічних засобів автоматизації (ТЗА) та побудовано схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів (ВМ) до програмованого логічного контролера (ПЛК) від компанії Schneider Electric – Modicon M340 та монтажну схему встановлення ТЗА – датчика тиску Метран-150CDR.

Алгоритм роботи та спеціальне програмне забезпечення для ПЛК Modicon M340 реалізовано на мові LD в середовищі розробки Unity Pro XL.

Для оператора-технолога в середовищі розробки Zenon v_7.2 розроблено людино-машинний інтерфейс (ЛМІ) SCADA-системи у вигляді мнемосхеми.

Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання (САР) проведено в середовищі Matlab пакеті Simulink.

Графічний матеріал містить:

- функціональну схему автоматизації (ФСА) (аркуш 1);
- схему підключення датчиків та ВМ до ПЛК Modicon M340 (аркуш 2);
- монтажну схему встановлення ТЗА – Метран-150CDR (аркуш 3).

Ключові слова: випарна станція, дифузійний сік, пара, сироп, тиск, температура, рівень, витрата, густина, Modicon M340, Метран-150, SITRANS TF2, APR-2200, APR-2200D, MAG 6000.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		4

Annotation

The topic of this diploma project is "Development of a system of automation of a 5-hull evaporator" at the evaporator station (VS) of a sugar factory.

The diploma project consists of an explanatory note and graphic material.

The explanatory note describes in detail the technological process of evaporation of diffusion juice on a 5-hull evaporator with high temperature, describes and implements the automation system (CA) of this production process, as well as formed a custom specification for used technical automation (TC) and built schemes of connection of sensors and actuators (VM) to the programmable logic controller (PLC) from the Schneider Electric - Modicon M340 company and the assembly scheme of installation of MAL - the Metran-150CDR pressure sensor.

The algorithm and special software for the Modicon M340 PLC are implemented in the LD language in the Unity Pro XL development environment.

For the operator-technologist in the development environment Zenon v_7.2 developed human-machine interface (LMI) SCADA-system in the form of a mnemonic.

Computer simulation of the automatic control system (ATS) was performed in the Matlab environment of the Simulink package.

Graphic material contains:

- functional scheme of automation (FSA) (sheet 1);
- scheme of connection of sensors and VM to the Modicon M340 PLC (sheet 2);
- wiring diagram for the installation of MAL - Metran-150CDR (sheet 3).

Key words: evaporating station, diffusion juice, steam, syrup, pressure, temperature, level, consumption, density, Modicon M340, Metran-150, SITRANS TF2, APR-2200, APR-2200D, MAG 6000.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							5
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації	11
1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.....	11
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	23
Розділ 2. Опис системи автоматизації	26
2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації.....	26
2.1.1. Вибір технічних засобів.....	28
2.1.1.1 Обґрунтування вибору датчика температури.....	28
2.1.1.2. Обґрунтування вибору датчика тиску.....	37
2.1.1.3. Обґрунтування вибору датчика рівня.....	40
2.1.1.4. Обґрунтування вибору датчика густини.....	43
2.1.1.5. Обґрунтування вибору датчика витрати.....	46
2.1.1.6. Обґрунтування вибору блоку ручного управління.....	49
2.1.1.7. Обґрунтування вибору пристрої плавного пуску двигуна.....	51
2.1.1.8. Обґрунтування вибору пневмоклапанів.....	51
2.2. Схема автоматизації.....	53
2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації.....	56
2.4. Конфігурація ПЛК та базових модулів.....	58
Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК	63
Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів	70
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для МПК)	73
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора-технолога	77
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	81
Висновок	87
Список використаної літератури	88

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							6
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Вступ

За даними ISO (міжнародної цукрової організації), щороку загальне світове споживання цукру збільшується приблизно на 2% в рік. Основними споживачами цукру є країни Азії та Африки, включаючи Індію. За останні 15 років загальний потенціал росту споживання в країнах Азії та Африки складає 2,5%.

За 2019/2020 маркетинговий рік (МР) в Україні було вироблено 1,48 млн. т. цукру. В сезоні працював 31 цукровий завод. В 2020/2021 МР станом на 04.01.2021 року виготовлено 1011,6 тис. т. цукру та перероблено 7,63 млн. т. цукрових буряків. Цього сезону в Україні стало до роботи 30 цукрових заводів.

Щоб виробництво цукру в Україні було прибутковим, необхідно робити акцент на ефективності та собівартості, оскільки на ціну впливати неможливо, адже вона встановлюється попитом і пропозицією, а не бажанням операторів ринку. Для зниження собівартості цукровиками проводиться планомірна робота із підвищення показників виходу цукру та зменшення витрат на паливно-енергетичні ресурси (ПЕР), оскільки саме вони складають найбільшу частку в структурі собівартості переробки цукрових буряків. Ефективне виробництво можливо побудувати за допомогою впровадження більш досконалих методів і засобів автоматизації для забезпечення найкращих техніко-економічних показників (ТЕП) на підприємствах.

Автоматизація технологічних процесів, мета якої полягає в підвищенні ефективності праці, покращенні якості продукції, що випускається, створенні умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва, є однією з найважливіших засобів зменшення витрат матеріалів та енергії, впровадження прогресивних методів управління підприємством.

Необхідність автоматизації виробництва, як і її ефективність, визначаються потребами управління виробництвом, що дає можливість досягти високих ТЕП за рахунок зменшення витрат кінцевого продукту, витрат сировини, палива, енергії. Ефективні автоматичні та автоматизовані системи управління різного рівня дають

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							7
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

можливість не лише забезпечувати підтримку окремих технологічних параметрів на заданому рівні, а й здійснювати оперативне управління з визначенням оптимальних технологічних режимів роботи як окремих об'єктів, так і технологічних комплексів.

Головною тенденцією розвитку автоматизації є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв (КІВ), що поєднують виробничі процеси та управління цим процесами на основі отримання необхідної інформації про виробництво, обмін якою відбувається з допомогою локальних мереж (ЛМ) та передається по різних рівнях ієрархії системи для забезпечення ефективного управління підприємством. В основі КІВ лежать автоматизовані технологічні комплекси (АТК).

На часі особливо актуальними стають досконалі системи автоматизації (СА), що дозволяють зменшити витрати енергоносіїв мінімум на 10..12%. До того ж, за даними діяльності передових фірм, 25% ефективності роботи підприємства досягається завдяки інформаційному забезпеченню і лише 6% – за рахунок нових технологій.

Цукрове виробництво відноситься до складних хіміко-технологічних систем, тому управління ним потребує нових підходів, ось перелік основних:

- створення розподілених мікропроцесорних автоматизованих систем управління технологічними процесами (РМАСУТП);
- використання програмно-технологічних комплексів (ПТК);
- створення АТК;
- побудову інтегрованих систем управління (ІСУ) та створення КІВ;
- інтелектуалізацію методів, засобів та систем управління, в тому числі використання методів штучного інтелекту, зокрема експертних систем;
- використання досконалих алгоритмів управління (адаптації, оперативної настройки, конфігурації та реконфігурації, регулювання на ковзних режимах, пошукової та безпошукової оптимізації та ін.).

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							8
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

В процесі автоматизації необхідно також вирішити непросту проблему розробки оптимальних структур систем управління для конкретних технологічних комплексів (ТК) та обробки інформації на основі ЛМ, а також їх програмного та технічного забезпечення.

Для кожного ТК чи окремо взятого технологічного агрегату існує оптимальний рівень автоматизації - не тільки кількість автоматично вимірюваних та регульованих параметрів, але й ефективність виконуваних функцій. Отже, ефективність СА доцільно вимірювати кількісною шкалою, як співставлення витрат та оптимальних ефектів в грошовому еквіваленті протягом всього життєвого циклу системи, тобто:

- витрати на створення СА;
- нормальна експлуатація СА;
- поступова деградація СА;
- ліквідація СА.

Необхідно враховувати також, що залежність ефекту від витрат на систему має не монотонний характер, оскільки при надмірному ускладненні системи витрати на неї можуть перевищувати ефект від її впровадження. Значний ефект дають алгоритми оптимального управління, адаптації, включення в систему інтелектуальних експертних систем.

Для умов цукрового виробництва значна кількість функцій може реалізуватись за допомогою ПТК, які складаються з мікропроцесорних контролерів (МПК) та персональних ЕОМ, об'єднаних ЛМ. При цьому вони дають можливість реалізувати оперативне управління ТК на основі обробки великих масивів інформації та досконалого програмного забезпечення (ПЗ). В першу чергу це пакет програм для створення автоматизованого робочого місця оператора (АРМ) оператора-технолога та організації його взаємодії з системою управління. В робочому режимі ПТК реалізує такий мінімальний набір функцій:

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							9
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- відображення інформації на екрані дисплея;
- оперативне управління процесом;
- сигналізація порушень;
- реєстрація та документування перед аварійних та аварійних ситуацій, а також дій оператора;
- виведення на дисплей та друк звітів та технологічних порушень за обрані відрізки часу;
- діалогове введення даних, які не вимірюються автоматично;
- отримання графіків, гістограм, трендів тощо.

Метою даного дипломного проекту є розробка СА 5-ти корпусної випарної установки без концентратора з підвищеним температурним режимом на станції випарювання цукрового заводу.

В наступних розділах проведено детальний аналіз процесу випарювання, на основі якого було встановлено завдання на розробку СА, побудовано функціональну схему автоматизації (ФСА) та сформовано специфікацію на прилади та засоби автоматизації (ЗА), описано та реалізовано схему підключення датчиків та ВМ до ПЛК Modicom M340, а також описано та реалізовано схему встановлення ТЗА - датчика тиску Метран-150CDR.

В середовищі розробки Unity Pro написано ПЗ для ПЛК Modicom M340, в програмному комплексі Zenon розроблено SCADA-систему для АРМ оператора-технолога, також проведено комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання (САР), в якому визначено оптимальну структуру САР та її дослідження.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							10
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації.

1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації.

Випарна станція (ВС) є основною ділянкою з точки зору формування теплових потоків та займає центральне місце на технологічній та тепловій схемах цукрового заводу, а також є найбільшим споживачем пари (див. рис.1). Від ефективності роботи ВС залежать продуктивність заводу, витрати ПЕР, втрати цукру, а також якісні та кількісні показники виходу цукру.



Рисунок 1. Випарна станція на прикладі Селищанського цукрового заводу (ТОВ «Панда»)

Основне призначення ВС – згущення сульфітованого очищеного соку 2-ї сатурації, що надходить з дифузійного відділення від початкової концентрації вмісту сухих речовин (СР) 12...16% до заданого значення вмісту СР 65-70%

					Кваліфікаційна робота			
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Стаброник Є.М.			Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки	Літ	Арк.	Акрушів
Керівник		Клименко О.М.					11	15
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

в сиропі на виході з останнього корпусу ВС, який далі подається у збірник перед вакуум-апаратами.

Важливою функцією ВС є генерація вторинної пари різних потенціалів згідно до теплової схеми заводу (для теплообмінної апаратури), постачання конденсату для парових котлів ТЕЦ та аміачної води для технічних потреб підприємства.

Так як процес випарювання соку є неперервним, а кількість соку, що надходить зі збірника перед ВС та відбір сокової пари з ВА-ів змінюється з часом, то підтримка оптимального режиму роботи ВС тільки за автоматичного управління процесом випарювання. Оптимальним вважається режим, що забезпечує задану продуктивність ВС при стабілізації рівня соку в ВА, що гарантує найкращі умови теплообміну і безперебійне живлення споживачів соковою парою необхідного потенціалу.

При згущенні соку випарюванням частина нецукрів випадає в осад, збільшується кольоровість соку і концентрація редукуючих в ньому речовин, тому отриманий сироп перед уварюванням у вакуум-апаратах необхідно піддати сульфитації і фільтрації. Проведення вказаних процесів можливе лише при концентрації СР не більше 65%, тобто поки сироп має ще достатню текучість.

Дифузійний сік згущується у випарних апаратах з трубчастою поверхнею теплообміну, що обігріваються насиченою парою з більш високою температурою, аніж температура кипіння соку. За рахунок градієнта температур теплота пари через поверхню нагріву передається соку. Гріюча пара омиває кип'ятільні труби ззовні і при контакті з зі стінкою конденсується, в результаті цього процесу виділяється теплота конденсації, яка передається через стінку соку, і, як наслідок, сік закипає. Відбувається обмін теплотою: гріюча пара віддає теплоту конденсації і видаляється з гріючої камери, а вода із соку, отримавши теплоту випаровування, виводиться у вигляді вторинної пари.

Якість роботи ВС оцінюють за густиною сиропу на виході з останнього 5-го корпусу багатокорпусної випарної установки (БВУ) ВС, яка підтримується на

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							12
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

рівні 65-70% СР. При зниженні густини сиропу витрата пари на випаровування різко підвищується, так як довипарювання води у вакуум-апаратах проводять з подвійною витратою пари. Сироп густиною більше 65% СР гірше фільтрується та уварюється. Одночасно з контролем основних параметрів роботи ВС вимірюють цілий ряд допоміжних величин:

- температуру та витрату соку на 1-й корпус;
- тиск і температуру ретурної пари в колекторі;
- вихід сиропу з останнього 5-го корпусу БВУ ВС;
- рівні у збірниках конденсату.

Оптимальні умови роботи ВС забезпечуються шляхом контролю та регулювання по корпусах цілого ряду параметрів.

Тиск і температура в корпусах БВУ.

Підтримуються на певному рівні в залежності від співвідношення площі поверхні теплообміну цих корпусів, паровідбору на технологічні потреби і вакууму, що створюється в вакуум-конденсаційній установці (ВКУ).

Корисна різниця температур та температурна депресія.

Рушійною силою процесу теплообміну є різниця температур між температурою гріючої пари та температурою соку, що нагрівається в ВУ.

Збільшення температури кипіння цукристих розчинів (соку) відносно температури кипіння води, що призводить до зниження інтенсивності кипіння соку є температурною депресією.

В 1-му і 2-му корпусах корисна різниця температур приймається не менше 6°C, в наступних корпусах (3-й, 4-й та 5-й) – 10-12°C. Збільшення корисної різниці температур в останніх 3-х корпусах виникає із-за необхідністю підвищення коефіцієнта теплопередачі, що обумовлено збільшенням в'язкості соку, що згущується. Чим більший у ВА з багатократною циркуляцією температурний перепад між гріючою парою і киплячим соком, тим вища швидкість циркуляції соку і коефіцієнт теплопередачі, тим менші розміри апарата, а також тривалість перебування соку в апараті та утворення накипу.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		13

Рівень в 1...5 корпусах БВУ.

Для підтримання стабільного технологічного режиму випаровування потрібно підтримувати оптимальні значення рівнів по корпусах БВУ.

При зниженні рівня циркуляція соку погіршується, верхня частина трубок оголяється, сік починає інтенсивно кипіти і, попадаючи на оголену поверхню нагріву пригоряє, що призводить до підсиленого відкладення накипу.

Перевищення рівня соку по відношенню до оптимального викликає збільшення циркуляції та зниження коефіцієнтів теплопередачі, в результаті чого продуктивність ВС різко падає. Надмірне підвищення рівня соку може призвести до переповнення корпусу та переливу частини соку в парову камеру наступного корпусу.

Саме тому рівень підтримується на такому рівні, щоб верхня трубна решітка тільки омивалася киплячим соком. Оптимальний рівень некиплячого соку в кип'ятильних трубах ВУ, який контролюється за спеціальними пристроями, розподіляється по корпусах БВУ наступним чином (% до висоти кип'ятильних труб):

- 1-й корпус – 25...30%;
- 2-й корпус – 30...35%;
- 3-й корпус – 30...40%;
- 4-й корпус – 40...50%;
- 5-й корпус – 50...70%.

При різкому зниженні рівня соку в трубах, наприклад в 1-му корпусі до 20% і нижче, верхня частина кип'ятильних труб не буде омиватися соком, що призведе до зниження продуктивності апаратів і пригорання сахарози на внутрішніх стінках труб.

Якщо рівень соку перевищить оптимальне значення, буде знижуватися інтенсивність теплопередачі, як наслідок погіршиться циркуляція соку і виникає ймовірність переливання продукту в парову камеру наступного корпусу.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		14

В процесі утворення накипу на поверхнях теплообміну рівень соку підвищують на (% до висоти кип'ятильних труб):

- 1-й корпус – 5%;
- 2-й корпус – 10%;
- 3-й корпус – 15%;
- 4-й корпус – 15%;
- 5-й корпус – 15%.

Ритмічна робота ВС забезпечує подальшу ритмічність матеріальних (сиропних і теплових) потоків, особливо це важливо для продуктового відділення, куди з ВС поступають сироп, а також гріюча пара.

На роботу ВУ і споживання гріючої (відпрацьованої) пари основний вплив чинять такі фактори, як сахаристість буряко-цукрової стружки, відбір дифузійного соку, концентрація СР в сиропі і його чистота та інші.

Середня тривалість згущення соку у ВУ з апаратами з природною циркуляцією, складає 45-60хв. При зниженні продуктивності заводу, завищеній площі поверхні нагріву випарних апаратів, недостатньому паровідборі відбуваються відхилення від нормального режиму роботи ВУ, відповідно середня тривалість перебування соку у ВУ зростає до 120 хв. Результатом цього стає погіршення технологічних показників сиропу:

- зниження рН та термостійкості;
- збільшення кольоровості і втрати сахарози;
- утворення кристалоїдного осаду.

Ці процеси найбільш інтенсивно протікають в термолабільному соці (нестійкому до впливу температури). Зниженням рівня рН та лужності призводить до підвищення втрат сахарози від її розкладу, що тягне за собою втрати у виході цукру. Збільшення рН призводить до окислення та корозії поверхні теплообміну ВУ, а утворення накипу у вигляді осаду з нерозчинного карбонату кальцію погіршує теплообмін всередині ВУ, в результаті зростає і витрата гріючої пари на

обігрів ВУ. Тому треба контролювати вищезгадані параметри, що досягається дотриманням всіх показників технологічного процесу в допустимих межах.

На ВС застосовується принцип багаторазового використання пари, на якому побудовані всі ВС цукрових заводів.

Вторинну пару, що відбирається і з корпусів ВУ на технологічні потреби ще називають екстра-парою (тобто додатковою). Теплота конденсації гріючої пари і теплота випаровування вторинної пари приблизно однакові, тому 1 кг гріючої пари, що надходить в випарний апарат, здатний випарити біля 1 кг води з соку (за умови, що сік заздалегідь підігрітий до температури кипіння). На практиці витрата гріючої пари на випарювання 1 кг води дещо інша і залежить від кількості корпусів ВУ (див табл. 1):

Таблиця 1

Число корпусів	Витрата гріючої пари (кг) на випаровування 1 кг води
1 корпус	1,1
2 корпус	0,57
3 корпус	0,4
4 корпус	0,3
5 корпус	0,27

При випарюванні соку лише в одному випарному апараті на випаровування 98,5 кг води буде використана приблизно аналогічна кількість гріючої пари, додатково знадобиться ще біля 50 кг пари для нагріву різних продуктів проміжного характеру. Сумарно виходить 148,5 кг пари на 100 кг переробленого цукрового буряка.

При спалюванні 1 кг умовного палива з теплотою згорання 29310 кДж з води виділиться 8 кг пари. Витрата умовного палива при цьому складе $148,5/8=18,6$. Щоб знизити значення витрати на цукровому заводі і застосовується принцип багатократного використання теплоти гріючої пари (див. рис. 2).

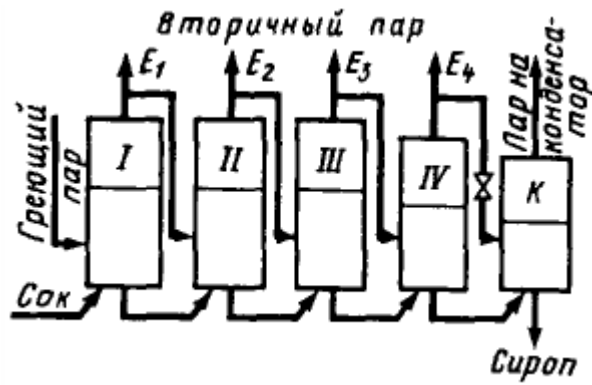


Рисунок 2. Схема багатократного використання грючої пари

З цих міркувань і підвищується кратність випаровування, тобто замість однієї ВУ використовується БВУ, що складається з декількох послідовно з'єднаних випарних апаратів (в даному дипломному проєкті це 5-ти корпусна ВУ без концентратора з підвищеним температурним режимом). Підвищення температури кипіння дифузійного соку в 1-му корпусі до 129°C дає можливість знизити витрату теплоти до 0,94 ГДж на 1 т. буряку.

В результаті багатократного випаровування грючої пари у ВУ і раціонального споживання теплоти утфельної пари, конденсатів і т.д., витрата умовного палива на цукровому заводі знижується з 18,5 до 6,5...5,5 кг на 100 кг цукрового буряку, тобто виходить десь трьох кратна економія палива.

Вторинна пара із ВУ забезпечує виконання наступних технологічних процесів:

- згущення очищеного соку до до 65-70% вмісту СР;
- уварювання утфелю в продуктовому відділенні;
- нагрівання проміжних продуктів до температури, передбаченої технологічним регламентом;
- постачання конденсату на теплоелектроцентраль (ТЕЦ) для живлення парових котлів;
- забезпечення заводу гарячою водою для технічних потреб.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

В дипломному проєкті в якості об'єкта автоматизації (див. рис. 3) зазначена БВУ, яка складається з 5-ти корпусів (4, 5, 6, 7, 8).

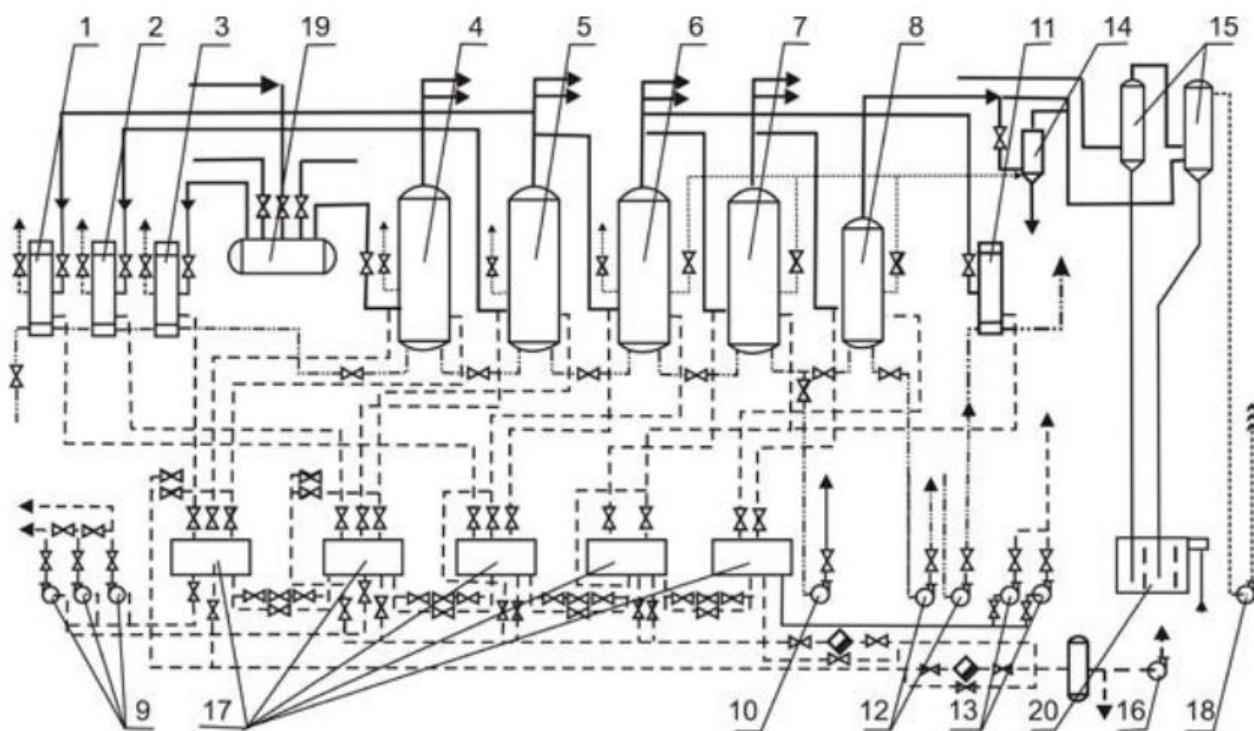


Рисунок 3. Принципова схема ВУ

Використовується 5-ти корпусна ВУ без концентратора з підвищеним температурним режимом, скомпонована з апаратів з багатократною природною циркуляцією соку, її рекомендований температурний режим наведено в табл. 2.

Сульфітований сік з відділення дифузії за допомогою насоса подається через підігрівники (1, 2, 3) у 1-й корпус (4) ВУ, який обігривається відпрацьованою (ретурною) парою парової турбіни. Частково згущений сік перетікає в 2-й корпус, де з соку випарюється ще деяка частина води і так до останнього (5-го) корпусу і вже у вигляді сиропу (концентрованого цукрового розчину з вмістом СР 65%) насосом (9) відкачується із 5-го корпусу.

Для міжкорпусної фільтрації сироп після 4-го корпусу насосом (12) направляють на сульфитацію, де змішують із клеровкою жовтого цукру, сульфітують, потім насосом (10) через підігрівник (11) – відправляють на фільтрування і після фільтрування насосом (13) подають у 5-й корпус БВУ, звідки

згущений до заданого вмісту СР (65%) сироп насосом (9) подають у збірник перед вакуум-апаратами.

Таблиця 2

Показник	Корпуси ВУ				
	1	2	3	4	5
Температура, °С					
гріючої пари	136	127,5	119	110	99
кипіння соку	129	121	112	102	90,5
вторинного пару	128,5	120	111	100	86,5
конденсату	134	125,5	117	108	96
корисна різниця температур, °С	7	6,5	7	8	8,5
зниження температурної депресії, °С	0,5	1	1	2	4
Тиск пари, МПа					
Відпрацьованої	0,312	0,251	0,192	0,143	0,098
вторинної	0,258	0,198	0,148	0,101	0,061
зниження температури в паропроводах, °С	1	1	1	1	1

Для обігріву 1-го корпусу і теплообмінників (підігрівників) соку останньої групи перед БВУ використовується відпрацьована пара з парових турбін і редукована пара парових котлів (технологічна пара), суміш якої відбирають з парового колектора ТЕЦ. Це так звана гріюча пара. Перегрівання технологічної пари ліквідують, розпилюючи воду в потоці перегрітої пари за допомогою редуційно-охолоджувальної установки (РОУ).

Кожен наступний корпус обігривається вторинною парою попереднього. Вторинна пара, що утворилася в 1-му корпусі, направляється на обігрів 2-го корпусу, вторинна пара з 2-го корпусу – на обігрів 3-го корпусу, вторинна пара 3-го корпусу – на обігрів 4-го корпусу, вторинна пара 4-го корпусу – на обігрів 5-го корпусу. Пара останнього (5-го) корпусу направляється в конденсатор. Суміш газів, що при цьому не конденсується, відкачують повітряним насосом, який створює розрідження, що призводить до зниження температури кипіння соку в цьому апараті.

Вторинна пара (екстра-пара), що відбирається і з корпусів ВУ направляється на технологічні потреби заводу згідно прийнятого розподілу пари (див. табл. 3).

Таблиця 3

Споживачі теплоти	Межі нагрівання продукту, °С		Джерело теплоти (корпус ВУ)
	Мін.	Макс.	
Парові камери похилого шнекового дифузійного апарату	45	72	III
Теплообмінник перед преддефекатором	30	47	Утфельна пара
Група теплообмінників холодного дефекованого соку:			
I	47	64	Конденсат
II	65	75	V
III	75	90	IV
Теплообмінники соку 1-ї сатурації перед фільтрацією	82	87	IV
Група теплообмінників соку перед 2-ю сатурацією:			
I	82	87	IV
II	87	92...97	III
Група теплообмінників соку перед ВУ:			
I	88	100	III
II	100	110	II
III	110	120	I
IV	120	129	Відпрацьована пара
Збірники сиропу перед вакуум-апаратами	75	85	II
Вакуум-апарати утфелю I, II, III кристалізації	-	-	II
Збірники відтоків	55	85	Відпрацьована пара чи пар з 1-го корпусу
Клерувальний апарат	-	-	Те ж саме

Вторинну пару **5-го** корпусу БВУ використовують у пароконтактних підігрівниках (**14**) для нагріву жомопресової і живильної води для дифузійної установки, а решту вторинної пари направляють у конденсатор (**15**), з якого неконденсуючі гази відкачують вакуум-насосом (**16**). Конденсат вторинної пари із **5-го** корпусу та вакуум-апаратів (утфельна пара) у суміші із охолоджуючою водою під дією явища гравітації відводиться у збірник барометричної води.

Конденсати з апаратів, що використовують пару, відводять у збірники конденсату (гідравлічні колонки **17**), де вони групуються за принципом рівних

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		20

тисків. Конденсат відпрацьованої і вторинної пари 1-го корпусу БВУ відкачують насосами (18) у ТЕЦ без зниження температури при наявності деаераторів (пристроїв очистки рідини від небажаних газових сумішей) підвищеного тиску і з температурою не вище 104...107°C, якщо деаератори працюють під атмосферним тиском. В останньому випадку температуру конденсатів знижують у збірниках-випаровувачах або гідравлічних колонках за рахунок відведення пари самовипаровування у гріючу камеру відповідного корпусу (на ступінь нижче). Надлишок конденсату, що повертається із ТЕЦ, подається в збірник (гідравлічну колонку) конденсату 3-го корпусу.

Конденсати вторинної пари 2-го, 3-го і 4-го корпусів проходять послідовно через збірники (гідравлічні колонки) відповідних корпусів, потім направляються до збірника конденсату останнього 5-го корпусу (19), а з нього, через теплообмінник дифузійного або преддефекованого соку, відкачуються насосом (20) до заводського збірника конденсатів (аміачного ящика), звідкіля використовуються для технологічних потреб.

Неконденсуючі гази із гріючих камер ВА, підігрівників і вакуум-апаратів відводять:

- з камер, що працюють під тиском гріючої пари вище атмосферного, через регулюючі вентиля в атмосферу;
- з камер, що працюють під атмосферним тиском або розрідженням, через регулюючі вентиля в спеціальний трубопровід-колектор, що з'єднується з барометричним конденсатором.

Заданий режим роботи ВУ регулюється зміною тиску відпрацьованої (гріючої) пари або збільшуючи кількість вторинної пари, що виводиться в вакуум-конденсаційну установку (ВКУ).

За основу приймаються параметри вторинної пари 2-го корпусу БВУ, яким обігриваються найважливіші об'єкти заводу – вакуум-апарати. Якщо концентрація СР в сиропі недостатня, розрідження та надходження пари в ВКУ збільшують, і, якщо при цьому знижується температура вторинної пари 2-го корпусу БВУ, тоді

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							21
<i>Змн.</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

підвищують параметри відпрацьованої пари. Хоча це інколи і призводить до перевитрати пари, але в результаті можна отримати більш концентрований сироп.

При перебоях з подачею дифузійного соку на БВУ, у збірник очищеного соку подається конденсат або хімічно очищена вода. Відразу як сік перестане надходити і при відсутності достатньої кількості конденсату та хімічно очищеної води, подачу відпрацьованої пари в 1-й корпус БВУ припиняють.

На ВУ від рівня рН соку залежить величина корозії кип'ятильних труб.

Якщо на випарювання надходить сік з $\text{pH} \geq 9$ то корозія труб незначна, тобто глибина корозійних раковин не перевищує 0,16 мм. При подачі на випарювання соку з рН 8,2...8,5 глибина язвової корозії може досягати 1 мм. Відповідно, очищений сік, особливо термолабільний, не потрібно піддавати глибокій сульфатації. Тому рекомендується в сік перед ВУ додавати сульфат натрію (0,02...0,03 % до маси буряку), що сприятиме стабілізації рН і термостійкості соку, а також зниженню інтенсивності корозії металу.

При піноутворенні в соку у випарні апарати вводиться піногасник, наприклад рослинна олія, тваринні жири вводити не рекомендується, бо це сприяє забрудненню поверхні теплообміну. В процесі утворення накипу на поверхні теплообміну, щоб забезпечити оптимальну корисну різницю температур в корпусах БВУ, знижують тиск вторинної пари в апаратах, що знижує і температуру кипіння соку. Після цього підвищують тиск відпрацьованої пари, що подається на 1-й корпус ВУ, так як температура вторинної пари має бути достатньою для забезпечення нормальної роботи споживачів пари (уварювання утфелю, нагрівання сиропу і інші).

Коли шар накипу досягне товщини, за якої подальше підвищення тиску відпрацьованої пари в 1-му корпусі стає неможливим із-за підвищення протитиску на турбіні понад допустиме значення або із-за підвищення температури кипіння соку в 1-му корпусі, ВУ зупиняють і поверхню теплообміну піддають хімічній очистці від накипу.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		22

4.1.1. Розробка завдання на систему автоматизації.

Схема автоматизації 5-ти корпусної випарної установки з підвищеним температурним режимом має забезпечувати такі функції:

Система автоматизації ВС забезпечує:

- стабілізацію рівнів соку по 1-5 корпусам ВС;
- стабілізацію тиску сокової пари 1-го та 2-го корпусів ВС;
- стабілізацію розрідження в 5-му корпусі БВУ;
- подачу аміачної води в збірник соку перед ВС при падінні рівня в 1-му корпусі БВУ;
- вимірювання температури по 1-5 корпусам ВС;
- контроль тиску пари та перепаду тиску між паровою камерою і надсоковим простором в 1-му корпусі ВС;
- вимірювання густини сиропу, що відкачується на подальшу переробку у вакуум-апаратах;
- контроль витрати соку, що надходить на переробку та сиропу, що відкачується 5-го корпусу ВС.

На основі них сформовано завдання на розробку системи автоматизації (див. табл. 4).

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							23
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 4

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації керуючої дії
1	Збірник дифузійного соку перед підігрівачами	Рівень соку	100 % рівня	Контроль	Відображення, сигналізація, слідкування за рівнем	АРМ оператора, вплив на клапан 7г, вплив на 8е
2	Трубопровід подачі соку перед групою підігрівачів	Витрата соку	$215 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
3	Трубопровід подачі пари з РОУ	Тиск гріючої пари	0,312 МПа	Контроль	Відображення та реєстрація	АРМ оператора
4	Трубопровід на виході з ВС	Витрата сиропу	$40,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	Контроль	Відображення та реєстрація	АРМ оператора
5	Трубопровід на виході з ВС	Густина сиропу	$1,32 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
6	1-й корпус ВС	Температура сокової пари	136°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
7	2-й корпус ВС	Температура сокової пари	127,5°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
8	3-й корпус ВС	Температура сокової пари	119°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
9	4-й корпус ВС	Температура сокової пари	110°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
10	5-й корпус ВС	Температура сокової пари	99°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора
11	1-й корпус ВС	Різниця тисків між гріючою і соковою парою	0,054 МПа	Контроль	Сигналізація	АРМ оператора

Продовження таблиці 4

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації куруючої дії
12	1-й корпус ВС	Рівень	25...30%+5 %	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 9е, 7г
13	2-й корпус ВС	Рівень	30...35%+1 0%	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 10е
14	3-й корпус ВС	Рівень	35...40%+1 5%	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 11е
15	4-й корпус ВС	Рівень	40...50%+1 5%	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 12е
16	5-й корпус ВС	Рівень	50...70%+1 5%	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 13е
17	1-й корпус ВС	Тиск	0,258 МПа	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 2е
18	2-й корпус ВС	Тиск	0,198 МПа	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 2е
19	5-й корпус ВС	Тиск вторинної пари	0,061 МПа	Контроль, стабілізація	Відображення, реєстрація	АРМ оператора, вплив на клапан 4г

Розділ 2. Опис системи автоматизації

2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації

Проведення аналізу існуючих вітчизняних та закордонних СА дозволяє визначитися з вибором необхідної СА, яка буде забезпечувати досягнення найкращих ТЕП серед наявних на сьогодні в промисловості аналогічних об'єктів виробництва. До слова, обрана СА має не тільки відповідати прийнятим в даній галузі технологічним вимогам, а й враховувати майбутнє вдосконалення та модернізацію обладнання технологічних процесів та особливості розвитку ТЗА. Це дозволяє проводити перебудову ТООУ (технологічного об'єкта управління) та СА без суттєвих затрат. Оптимальний рівень автоматизації визначається у відповідності до поставленого завдання з врахуванням техніко-економічного обґрунтування необхідності та доцільності автоматизації.

Головною тенденцією розвитку автоматизації є створення комп'ютерно-інтегрованих виробництв, в яких поєднуються виробничі процеси та управління ними на основі отримання потрібної інформації, яка передається за допомогою мереж, що зв'язують між собою різні робочі станції та різних рівнях ієрархічної системи управління.

За допомогою комп'ютерних технологій можна автоматизувати переважну більшість таких завдань сучасних підприємств, як от, наприклад, бухгалтерський облік, господарчі задачі та інше. В основі комп'ютерно-інтегрованих виробництв лежать автоматизовані технологічні комплекси.

Доцільно виділити деякі з основних підходів до управління цукровим виробництвом:

- створення автоматизованих технологічних комплексів (АТК);
- використання програмно-технологічних комплексів (ПТК);

Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розробив	Керівник	Стаброник Є.М.	Клименко О.М.		Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки	Літ	Арк.	Акрушів
							26	37
Зав. каф.	Секр. ЕК	Ельперін І.В.	Проскурка Є.С.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск		

- створення розподілених мікропроцесорних автоматизованих систем управління технологічними процесами (РМАСУТП);
- побудова (інтегрованих систем управління) ІСУ та (комп'ютерно-інтегрованих виробництв) КІВ та ін.

Для кожного технологічного комплексу (ТК) чи окремо взятого технологічного агрегату забезпечується оптимальний рівень автоматизації, при цьому має дотримуватися ефективність виконуваних функцій даною СА.

В цукровому виробництві значна кількість функцій може реалізуватися та виконуватися за допомогою ПТК, що складаються з мікропроцесорних контролерів (МПК) та персональних ЕОМ, об'єднаних мережами. При цьому ПТК дають можливість реалізувати оперативне управління ТК на основі обробки великих масивів інформації та досконалого програмного забезпечення.

Максимальний ефект від автоматизації досягається і при використанні СІМ-підходу (розшифровується як Computer Integrated Manufacturing System). За такого підходу здійснюється узгоджене управління двома основними класами процесів: технологічними та організаційно-економічними, тобто бізнес-процесами. Перспективи автоматизованого управління такими процесами пов'язані зі створенням інтегрованих багаторівневих систем з розвиненими обчислювальними мережами, які об'єднуються в одну корпоративну мережу.

На даний момент на ринку закріпилася ERP-концепція, яка де-факто є стандартом для ІСУП та реалізує систему планування ресурсами підприємства. Це як і виробництво та збут продукції, так і бухгалтерський облік, робота з постачальниками та ін). Для управління зовнішніми ресурсами виділяють такі питання розвитку розширеного виробничого ланцюга, як от, наприклад, ведення бази постачальників та замовників - SCM (Supply Chain Management). Для цього реалізується новітня технологія управління за стандартами CSRP (Customer Synchronized Resource Planning). Системою контролюється повний цикл випуску продукції (від виготовлення до реалізації).

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							27
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Головна задача, що постає перед ERP-системою - це забезпечення оптимізації та підлаштування процесів організації виробництва та функціонування підприємства у середовищі, що постійно змінюється.

В залежності від типу підприємств, обсягу виробництва, ІСУП класифікуються на локальні, малі, середні та великі.

Для малих підприємств з невеликим обсягом виробництва та простими виробничими процесами ERP-системи не розробляються. Причина цьому - обмежені ресурси та незначним ефектом від їх впровадження. Для найбільших підприємств цукрової промисловості ефективними є малі та середні інтегровані системи, а також автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ).

2.1..1 Вибір технічних засобів.

2.1.1.1 Обґрунтування вибору датчика температури.

Температура є однією з найбільш часто вимірюваних фізичних величин. Ключовим елементом будь-якої системи вимірювання і контролю температури є первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент). Від точності та інших основних параметрів перетворювача багато в чому залежать показники всієї системи в цілому. На сьогодні існує велике різноманіття датчиків температури, найбільш поширеними серед яких є термопари, напівпровідникові термістори і термометри опору.

Термометр опору складається з одного або кількох термочутливих елементів і внутрішніх з'єднувальних проводів, поміщених в герметичний захисний корпус, а також зовнішніх клем і виходів, призначених для підключення до вимірювального приладу. Чутливий елемент термометра опору являє собою резистор, виконаний із металічної проволочки або плівки, з виходами для кріплення з'єднувальних проводів, що мають відому залежність електричного

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		28

опору від температури. Основні переваги термометрів опору в порівнянні з іншими типами датчиків температури:

- висока точність;
- широкий діапазон робочих температур;
- лінійність номінальної статичної характеристики;
- високе значення температурного коефіцієнта опору;
- відносно не висока вартість.

Основні матеріали для виготовлення чутливих елементів термометрів опору це – платина (Pt), мідь (Cu), нікель (Ni) та їх сплави. На практиці найчастіше застосовуються платинові термометри опору, що мають найвищу стабільність характеристик, стійкість до впливу агресивних середовищ та широкий діапазон робочих температур.

Вітчизняними виробниками випускаються такі термометри опору (див. табл. 5):

Таблиця 5

Тип термометра опору	Номінальне значення опору (цифра в позн.) при °C, R_0 , Ом	Максимальний діапазон вимірювання, °C	Температурний коефіцієнт α , °C ⁻¹
Платиновий	Pt10, Pt50, Pt100, Pt500, Pt1000	-196..+600	0,00385, 0,00391
Нікелевий	Cu50, Cu100	-180..+200	0,00428
Мідний	Ni	-60..+180	0,00617

Температура по корпусам ВС в даній СА контролюється вимірювальним перетворювачем температури від фірми SIEMENS - SITRANS TF2 (див. рис. 4).

Компоновка SITRANS TF2:

- термометр опору Pt100 в захисній трубці з нержавіючої сталі;
- корпус із нержавіючої сталі з класом захисту IP-65;
- вбудований, параметризований 3-ма клавішами вимірювальний перетворювач температури з (рідко-кристалічним дисплеєм) РКД.

Ступінь герметичності виробу IP-65 в даному випадку означає:

- повний захист персоналу від випадкового дотику з струмоведучими і рухомими частинами, що перебувають під оболонкою і повний захист від проникнення пилу;
- захист від водяних струменів (струмінь води, яка викидається в будь-якому напрямку на оболонку не чинить шкідливої дії на виріб).



Рисунок 4. Перетворювач температури SITRANS TF2

Використання: індикація та контроль вимірюваної температури за місцем.

Виконання:

- радіальне, тип А (дисплей розміщений паралельно захисній трубці та може обертатися максимально на $\pm 120^\circ$);
- осьове, тип В (дисплей розміщений перпендикулярно до захисної трубки та може обертатися максимально на 360°).

Сфера застосування: індикація та контроль вимірюваної температури за місцем встановлення. Використовується у всіх технологічних областях (хімія, енергетика, системи тепло- та водозабезпечення, станції очистки стічних вод, харчова, металургічна та цементна промисловості, фармацевтика та біотехнології).

Принцип дії SITRANS TF2 показаний на рис. 5.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		30



Рисунок 5. Принцип дії перетворювача температури SITRANS TF2

Живлення зовнішнього датчика температури Pt100 здійснюється джерелом живлення постійного струму I_K , таким чином через датчик відбувається падіння напруги, що відповідне до температури.

Падіння напруги перетворюється на АЦП (A/D) в цифровий сигнал.

На мікроконтролері (μC) цифровий сигнал лінеаризується і оцінюється відповідно до зафіксованих у EEPROM-пам'яті даних. Підготовані значення відображаються на РКД.

Також значення через ЦАП (D/A) і перетворювач струм/напруга (U/I) перетворюються в лінійний сигнал струму I_A (4 ... 20 мА) по температурі.

Основні технічні характеристики SITRANS TF2 перелічені в табл. 6.

Таблиця 6

Назва показника	Показник	Значення
Принцип вимірювання	термометр опору	Pt100 клас B, DIN IEC 751
Вхід	вимірювана величина	температура
	макс. діап. вимірювання	-50 °C до +200 °C
Вихід	сигнал струму	4..20 mA, 2-х провідний
	нижня межа струму	3,6 mA
	верхня межа струму	23 mA
	захист від	Сплутування полюсів, перенапруги, короткого замикання
	макс. навантаження	12 В/0,023 А
	характеристика	Лінійна за температурою
Час циклу вимірювання:		≤ 100 мс
Умови використання	Зовнішня температура	-25 до +85 °C
	Клас захисту	IP65 по EN 60529
	Тиск, макс. значення	4 МПа
Живлення	Напруга на клеммах	12 до 30 В пост. струму

На рис. 6 показана схема підключення комплекту вимірювального перетворювача температури SITRANS TF2.

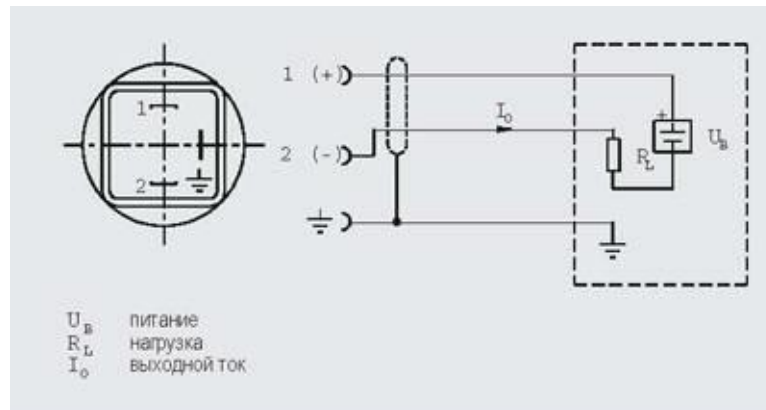


Рисунок 6. Схема підключення SITRANS TF2

Термометр опору Pt100 підключений до перетворювача температури SITRANS TF2 через вимірювальний перетворювач температури SITRANS TK-L (див. рис. 7).

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							32
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



Рисунок 7. Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TK-L

Принцип дії вимірювального перетворювача температури SITRANS TK-L показано на рис. 8.

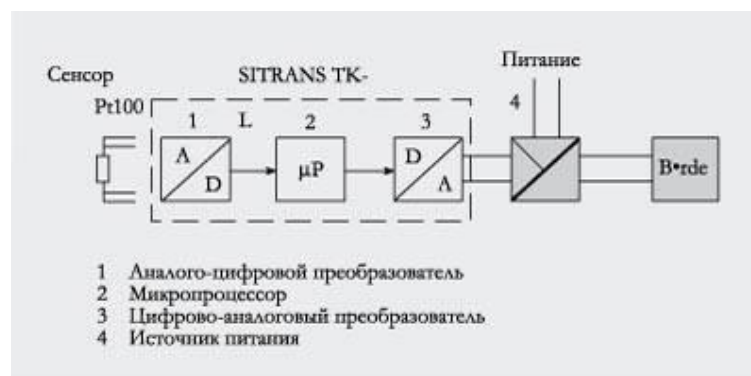


Рисунок 8. Принцип дії SITRANS TK-L

Сигнал, що подається з Pt100 по 2-х провідній схемі підсилюється на вхідному каскаді. Напруга, що пропорційна вхідній величині поданого сигналу, перетворюється в АЦП (1) в цифрові сигнали. В мікропроцесорі (2) ці сигнали перераховуються у відповідності до характеристики датчика і іншими параметрами (демпфірування, опір лінії та ін.). Підготовлений сигнал перетворюється в ЦАП (3) в постійний струм 4..20 мА. Джерело живлення (4) знаходиться в контурі вихідного сигналу.

Схема підключення термометра опору Pt100 до перетворювача температури SITRANS TK-L показана на рис. 9.

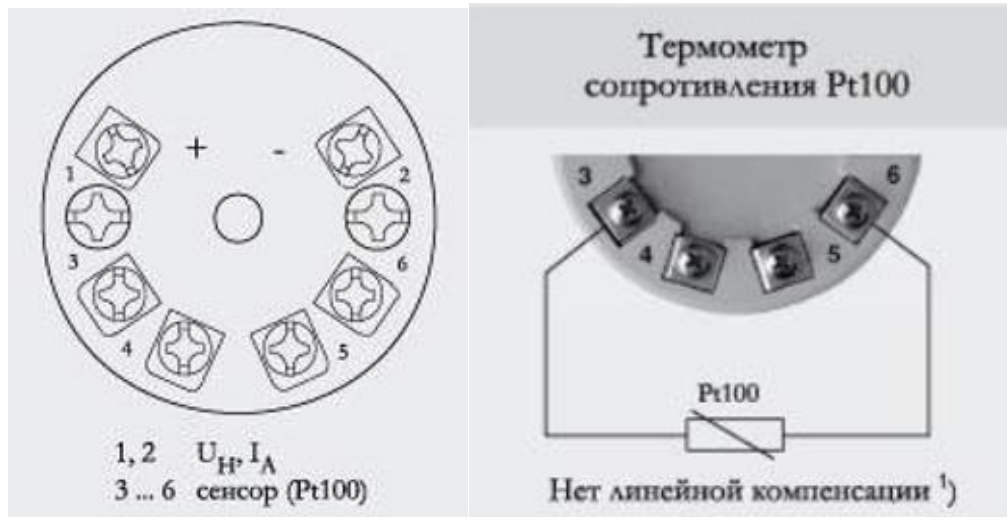


Рисунок 9. 2-х провідна схема підключення термометра опору Pt100 до SITRANS TK-L.

Функції: перетворення вимірюваного значення температури від термометрів опору Pt100 в уніфікований сигнал постійного струму 4..20 мА.

Виконання: без гальванічної розв'язки, що значно здешевшує вартість комплекту.

Монтаж: вмонтований в головку зонда типу В (DIN 43 729).

Додаткові можливості: програмування через ПК.

Спосіб підключення: 2-х провідна схема.

Для конфігурування SITRANS TK-L використовується програмне забезпечення SIPROM TK в комбінації з модемом для SITRANS TK. Компактність конструкції перетворювача температури SITRANS TK-L дозволяє проводити дооснащення в місцях, де проводиться вимірювання або для заміни аналогових вимірювальних перетворювачів.

Комплект поставки:

- для вибухонебезпечних зон (в Ех-виконанні);
- для звичайних виробничих умов (без Ех-виконання).

В табл. 7 описані основні характеристики SITRANS TK-L.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 7.

Назва показника	Показник	Значення
Термометр опору		
Вхід	Вимірювана величина	Температура
	Тип входу	Pt100 (DIN IEC 751)
	Характеристика	Лінійна по температурі
	Тип підключення	2-х, 3-х, 4-х провідне
	Точність вимірювання до 250°C	0,25 °C
	Цикл вимірювання	0,7с
	Діапазон вимірювання	-200..850 °C
	Опір кабелю, макс.	20 Ω
	Напруга перевантаження	± 35 В пост. струму
	Придушення завад	50 і 60 Гц
	Вихід	Вихідний сигнал
Живлення		8..35 В пост. струму, 8..28 В пост. струму при Eх
захист		Від переплутання полюсів
Робочі умови	Зовнішні умови	
	температура	-40..+85 °C
	Відн. вологість повітря	< 98%, конденсат
Конструктивні особливості	Корпус	IP40
	Клеми	IP00

На рис. 10 показаний термометр опору Pt100.

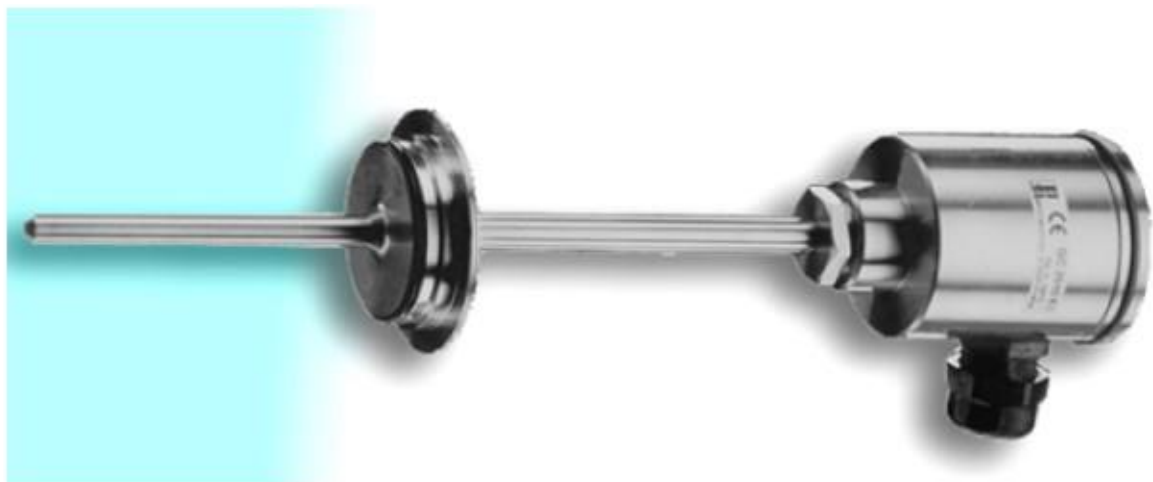


Рисунок 10. Термометр опору Pt100

Термометр опору вмонтовують в резервуари і трубопроводи для вимірювання температури. Завдяки міцній конструкції він може застосовуватися в багатьох технологічних процесах харчової, фармацевтичної та біотехнічної промисловостей. Поставляється з вбудованим в головку вимірювальним перетворювачем.

Принцип роботи.

Термометр опору складається зі змінної вимірювальної вставки. Вимірювальна вставка включає 1 чи 2 вимірювальні резистори Pt100, які по 2-х, 3-х чи 4-х провідній схемі з'єднані з цоколем на з'єднувальній головці. Залежна від температури вимірювання зміна опору може реєструватися вимірювальним перетворювачем і перетворюється в стандартний сигнал постійного струму 4..20мА.

В табл. 8 наведені основні технічні дані.

Таблиця 8.

Назва показника	Значення
Конструкція	Змінна вимірювальна вставка зі з'єднувальною головкою і захисною арматурою
З'єднувальна головка	Польовий корпус, гвинтова кришка, нержавіюча сталь 1.4301, клас захисту IP 67
Захисна трубка	Нержавіюча сталь 1.4571, захисна трубка 9x1 чи 11x2
Вимірювальна вставка	Нержавіюча сталь, змінна, вимірювальний резистор Pt100 по DIN 43762
Точність вимірювального резистора	На вибір клас А або клас В у відповідності до DIN EN 60751
Інтеграція вимірювального перетворювача	Вимірювальний перетворювач для Pt100 може бути вмонтований в з'єднувальну головку
Під'єднання до процесу	<ul style="list-style-type: none"> • DIN 11851 зі шліцевою накладною гайкою • З'єднання з фіксатором по DIN 32676 • З'єднання з фіксатором по ISO 2852 • Varivent • Neumo BioControl • сферична вварна гільза цил./кул. 30x40 мм • асептичне з'єднання

2.1.1.2. Обґрунтування вибору датчика тиску.

Не менш важливим параметром, що характеризує перебіг технологічного процесу є тиск. Вимірювання тиску полягає у встановленні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно виконувати задля технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. Цей параметр використовується також при непрямих вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо. В системі СІ за одиницю тиску обрано Паскаль (Па).

У більшості випадків первинні перетворювачі тиску мають неелектричний вихідний сигнал у вигляді сили або переміщення і об'єднані в один блок з вимірювальним приладом. Якщо результати вимірювань необхідно передавати на відстань, то застосовують проміжне перетворення цього неелектричного сигналу в уніфікований електричний або пневматичний. При цьому первинний і проміжний перетворювачі об'єднують в один.

Датчики тиску Метран-150 (див. рис. 11) призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами і забезпечують неперервне перетворення тиску (надлишкового, абсолютного, різниці, гідростатичного тисків нейтральних та агресивних середовищ) робочих середовищ (рідини, пари, газу) в уніфікований струмовий сигнал для дистанційної передачі та цифровий сигнал на базі HART-протоколу.



Рисунок 11. Приклади датчиків тиску Метран-150

Вищевказані датчики тиску можуть використовуватися в пристроях, призначених для перетворення значення рівня рідини, витрати рідини, пари чи газу в уніфікований струмовий сигнал для дистанційної передачі та цифровий сигнал на базі HART-протоколу.

Датчики мають реалізацію як для вибухобезпечних, так і для вибухонебезпечних зон. Вибухозахисні датчики мають 2 види захисту:

- вибухозахист «вибухонепроникна оболонка»;
- вибухозахист «іскробезпечне електричне коло».

В даному дипломному проєкті використані 2 види датчиків Метран-150:

- 150CDR – для вимірювання різниці тисків гріючої і сокової пари 1-го корпусу ВС та розрідження в 5-му корпусі ВС; даний перетворювач тиску може перелаштовуватись під вимірювання розрідження;
- 150ТА – вимірювання тиску сокової пари в 1-му та 2-му корпусах ВС та в трубопроводі подачі гріючої пари з РОУ.

Основні технічні характеристики датчиків тиску Метран-150, що використовують в дипломній роботі, наведено в табл. 9.

Таблиця 9.

Модель	Код діапазону	Верхній межа вимірювання, кПа		Тиск перевантаження, МПа
		P_{min}	P_{max}	
150ТА	2	20 (10,4)	1000 (1034)	10
150CDR	2	1,25 (0,63)	63	25

Датчики випускають з 2-ма типами вихідних сигналів:

- 4..20 мА по протоколу HART(код вихідного сигналу А);
- 0..5 мА (код вихідного сигналу В).

Датчик має програмовану характеристику вихідного сигналу у відповідності до функції перетворення вхідної величини: лінійну чи за законом квадратного кореня. По-замовчуванню датчики випускаються з налаштуваннями

на лінійно зростаючу характеристику, але в процесі експлуатації може бути встановлена будь-яка характеристика вихідного сигналу.

Датчики стійкі до впливу:

- атмосферного тиску (84,0..106,7 кПа);
- температури навколишнього середовища (-40..+80°C);
- відносної вологості навколишнього повітря 100% за температури +35°C і більш низьких температурах з конденсацією вологи.

Ступінь захисту від впливу пилу і води - IP66.

Будова і принцип дії.

Датчик складається із сенсора та електронного перетворювача. Сенсор складається з вимірювального блоку і плати АЦП. Тиск подається в камеру вимірювального блоку, перетворюється в деформацію чутливого елемента та, відповідно, зміну електричного сигналу. Електронний перетворювач виконує перетворення електричного сигналу у відповідний вихідний сигнал.

На рис. 12 показана 2-х провідна схема підключення датчика тиску Метран-150 з уніфікованим сигналом постійного струму 4..20 мА.

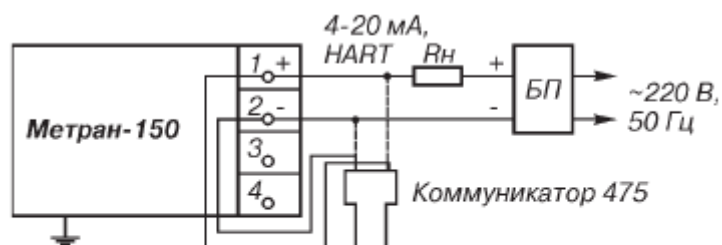


Рис. 6. Выходной сигнал 4-20 мА (2-х-проводная линия связи).

Рисунок 12. 2-х провідна схема підключення датчика тиску Метран-150.

Допустимі опори навантаження наведені на рис. 13.

Выходной сигнал, мА	Сопротивление нагрузки	
	Rmin, Ом	Rmax, Ом
0-5	0	Rmax ≤ 100(U-10)-100
4-20	0 при U ≤ 36В Rmin ≥ 50 (U-36) при U > 36 В	Rmax ≤ 42(U-12)-20 (Rmax ≤ 43,5(U-10,5))

Рисунок 13. Допустимі значення опорів навантаження,

де U – напруга живлення.

При роботі з датчиком тиску по HART-протоколу мінімальне вихідне значення опору блоку іскрозахисту має бути не менше 250 Ом.

Споживча потужність для датчика з вихідним сигналом 4..20 мА – 0,8 Вт.

2.1.1.3. Обґрунтування вибору датчика рівня.

Для вимірювання рівня в випарних апаратах та збірнику соку використовуються інтелектуальні дифманометри з мембранними роздільниками APR-2200 Aplisens (див. рис. 14), які підключаються по протоколу HART.



Рисунок 14. Інтелектуальний дифманометр з мембранними розподільниками Aplisens APR-2200.

Інтелектуальні перетворювачі тиску типу APR-2200 AL призначені для неперервного вимірювання різниці тисків газів, пари та рідини із застосуванням мембранних роздільників середовища, з точками відбору імпульсів тиску, віддалених одне від одного на декілька метрів, в уніфікований сигнал (4...20 мА, 0..5 мА, 0..20 мА) + HART-протокол по 2-х, 3-х та 4-х провідним лініям.

Типовим застосуванням є гідростатичне вимірювання рівня, густини і границі фаз в закритих резервуарах, а також вимірювання перепаду тиску на

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		40

фільтрах, різниці тисків між середовищами на пастеризаторах та ін. Різні типи мембранних розділювачів надають можливість виконати виміри там, де необхідні спеціальні приєднання до процесу, а саме: висока температура, в'язкість, агресивність середовища відносно до матеріалів корпусу і мембрани перетворювача, гігієнічні вимоги і т.д., що в свою чергу гарантує точність вимірювання і довгий термін експлуатації.

Перетворювачі призначені для роботи з вторинною реєструючою та показуючою апаратурою, регуляторами та іншими пристроями автоматики і системами управління, що працюють з уніфікованим вхідним сигналом 4...20 мА, 0..5 мА, 0..20 мА. Застосовуються в системах автоматичного контролю, управління та регулювання технологічних процесів.

Принцип дії.

Електричний сигнал з вимірювальної головки, пропорційний значенню вимірюваного тиску з поправками на температурний режим роботи надходить на вхід АЦП і перетворюється в цифрову форму. В цифровій формі сигнал передається через оптоелектронну гальванічну розв'язку на основну плату. Мікропроцесор основної плати зчитує виміряні значення і, використовуючи вбудований алгоритм підрахунку, і вже на основі цих значень обчислює значення тиску та температури. Обчислене значення змінної процесі відображається на вбудованому LCD-дисплеї. Цифрове значення виміряного тиску перетворюється в аналоговий сигнал 4..20 мА, в залежності від обраної конфігурації. Вбудований модем BELL202 та інтегрований комунікаційний шлюз HART rev5, забезпечує обмін з перетворювачем, за допомогою конвертора підключеного до ПК з відповідним програмним забезпеченням або за допомогою комунікатора. На виході перетворювача встановлено протизавадний фільтр і елементи захисту від пеернапруги. Блок-схема перетворювача відображена на рис.16.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		41

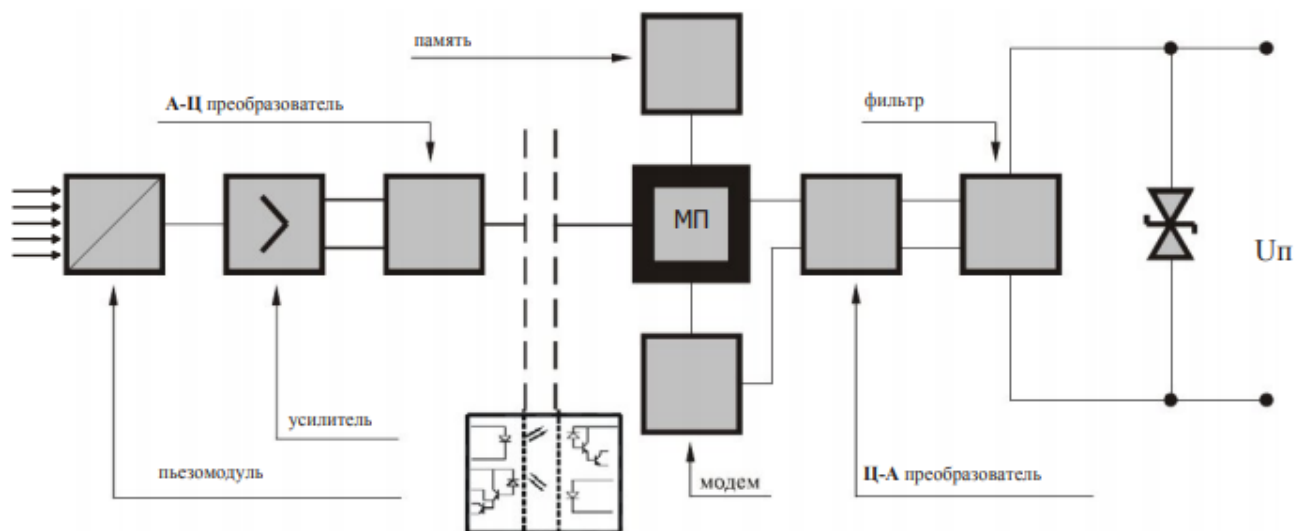


Рисунок 16. Блок-схема перетворювача тиску APR-2200

На рис. 17 відображений діапазон вимірювання перетворювача APR-2200.

Основной диапазон	Мин. установл. ширина измерит. диапазона	Расстояние между разделителями по вертикали	Максимальная установл. ширина измерительного диапазона учитывая действительное расстояние между разделителями по вертикали (м)	Допускаемое статическое давление
(-16 ÷ 16) кПа	0,1 м Н ₂ О	≤ 1,7 м	[1 + (расст. между разделителями по верт. × 0,94)] м Н ₂ О	4 МПа
(-50 ÷ 50) кПа	0,5 м Н ₂ О	≤ 6 м	[5 + (расст. между разделителями по верт. × 1,04)] м Н ₂ О	4 МПа
(-160 ÷ 200) кПа	1,5 м Н ₂ О	≤ 15 м	[20 + (расст. между разделителями по верт. × 1,04)] м Н ₂ О	4 МПа
(-160 ÷ 1600) кПа	100 кПа	≤ 15 м	1600 кПа	4 МПа

Рисунок 17. Діапазон вимірювання перетворювача тиску APR-2200

Межа допустимої наведеної похибки: $\pm 0,1\%$ від основного діапазону вимірювань.

Діапазон температур навколишнього середовища: $-50..+75^{\circ}\text{C}$.

Відносна вологість повітря: 0..90%.

Ступінь захисту: IP-65.

Напруга живлення: 12..45 В пост. струму, для Ex-виконання – 13,5..28 В.

Вихідний сигнал:

- APR-2200 ALW (ALW/Ex) – 4..20 мА (2-х провідна лінія);
- APR-2200 ALE – 4..20 мА (2-х провідна лінія); 0..5 мА, 0..20 мА (3-х провідна лінія).

Комунікація: з використанням сигналу 4..20 мА, за допомогою комунікатора КАР-03 або модема.

Опір: (для обміну даними з HART) – 250..1100 Ом.

Спеціальне виконання:

- Ex – іскробезпечне виконання;
- Exd – вибухозахищений корпус (тільки APR-2200ALW);
- 10 МПа, 16 МПа – допустимий статичний тиск.

На рис. 18 показана конфігурація перетворювача APR-2200 для вимірювання рівня в резервуарі.

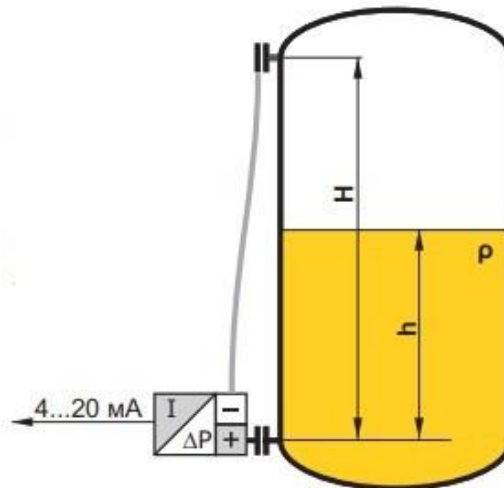


Рисунок 18. Приклад використання APR-2200 для вимірювання рівня в резервуарі.

2.1.1.4. Обґрунтування вибору датчика густини.

Для вимірювання густини сиропу на виході з ВС використовується інтелектуальний перетворювач різниці тиску APR-2200D фірми Aplisens з мембранними роздільниками (див. рис. 19), які підключаються по протоколу HART, мають межі вимірювання, які настраюються довільно і набір додаткових налаштувань. Довжина з'єднувальних трубок між перетворювачем і мембранами вказується при замовленні (до 15 м).

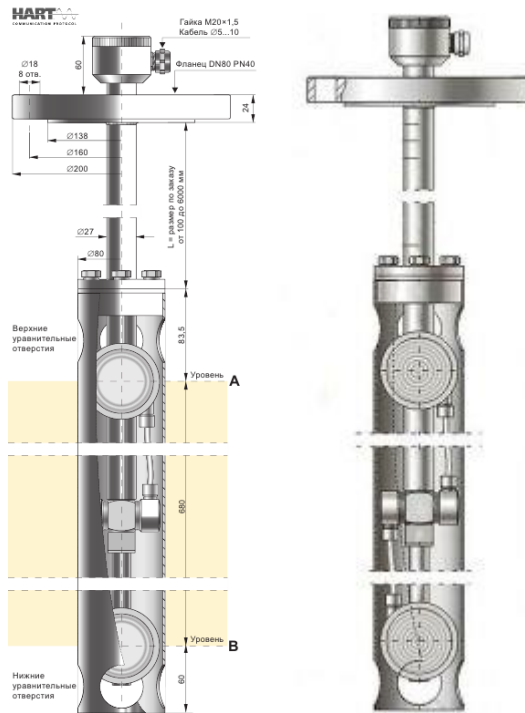


Рисунок 19. Перетворювач різниці тиску APR-2200D

На рис. 20 описано діапазони вимірювання APR-2200D.

№	Основной диапазон (FSO)	Основной диапазон по отношению к измеряемой плотности	Минимальная устанавливаемая ширина измерительного диапазона	Возможность перемещения начала измерительного диапазона
1	-7...0 кПа	0...1000 кг/м ³	100 кг/м ³	0...900 кг/м ³
2	-7...7 кПа	0...2000 кг/м ³	200 кг/м ³	0...1800 кг/м ³

Рисунок 20. Діапазон вимірювання перетворювач APR-2200D

Основна зведена похибка $\pm 0,1\%$ і цифрова компенсація додаткових похибок дозволяють використовувати ці перетворювачі для досить точного вимірювання густини для подальшого розрахунку вмісту сухих речовин.

Гідростатичний густиномір APR-2200D сконструйований на основі інтелектуального перетворювача різниці тисків з двома дистанційними роздільниками APR-2200. Рознесені на фіксовану відстань, мембранні роздільники змонтовані разом з перетворювачем різниці тисків в захисній трубі діаметром 80 мм. Робоче положення густиноміра - вертикальне, при цьому дзеркало вимірюваного середовища повинно знаходитися вище верхніх вирівнювальних отворів труби.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Вхідним сигналом для густиноміра є гідростатичний тиск, що створюється стовпом вимірювального середовища, розміщеним між рівнями, що відповідають осям розділювачів.

Для монтажу густиноміра на резервуарах, що знаходяться під тиском, використовується стандартний фланець DN80 4МПа. Монтувати густиномір на резервуарах без надмірного тиску можна за допомогою довільного кронштейна, забезпечивши вертикальне положення осі датчика.

Основні технічні характеристики.

Межа допустимої наведеної похибки: $\pm 0,1\%$ для основного діапазону.

Додаткова похибка, викликана зміною температури навколишнього середовища:

- $< \pm 0,1\%$ (основного діапазону)/ 10°C .
- $< \pm 2\%$ мінімального діапазону у всьому діапазоні термокомпенсації.

Діапазон термокомпенсації: $-30..+60^\circ\text{C}$.

Живлення: PZ 10,5...36 В/ ALW 10...55 В (Ех 12..28 пост. струму).

Вихідний сигнал: 4...20 мА (2-х провідна лінія).

Діапазон температури навколишнього середовища: $-40..+80^\circ\text{C}$.

На рис. 21 показана схема підключення перетворювача різниці тисків APR-2200D.



Рисунок 21. Схема підключення перетворювача APR-2200D

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							45
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2.1.1.5. Обґрунтування вибору датчика витрати.

Для вимірювання витрати соку на випарювання у ВС та сиропу на виході з ВС використовується електромагнітний витратомір MAGFLO MAG 6000 (див. рис. 22).



Рисунок 22. Електромагнітний витратомір MAGFLO MAG 6000

Електромагнітні витратоміри MAGFLO забезпечують надійне вимірювання електропровідних рідин з високою точністю (0,25..0,5%) в широкому діапазоні вимірювання.

Принцип вимірювання витрати витратоміром MAG 6000 (див. рис. 23) ґрунтується на законі електромагнітної індукції Фарадея.

$$U_M = B \cdot v \cdot d \cdot k$$

U_M – індукована речовині вимірювальна напруга, що виникає вертикально до магнітного поля і напрямку потоку. Вона знімається на двох точкових електродах.

B – магнітна індукція, що пронизує протікаючу речовину вертикально до напрямку потоку.

v – швидкість потоку речовини.

d – внутрішній діаметр вимірювальної труби.

k – коефіцієнт пропорційності чи постійна датчика.

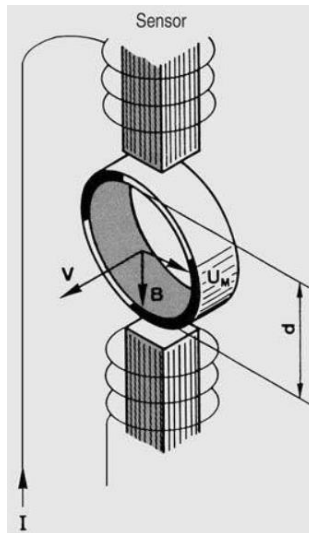


Рисунок 23. Принцип роботи витратоміра MAGFLO MAG 6000

Магнітно індуктивний витратомір MAG 6000 загалом складається:

- магнітонепровідної вимірювальної трубки з електронепровідною поверхнею, діаметрально змонтованої на трубі;
- послідовно підключених котушок збудження;
- мінімум 2-х електродів, що через стінку труби контактують з вимірюваною речовиною.

Збуджуючі котушки, що обтікаються струмом, створюють пульсуюче електромагнітне поле з магнітною індукцією B перпендикулярно до осі труби.

Це електромагнітне поле пронизує магнітонепровідну вимірювальну трубку і вимірювану речовину, що протікає в трубці. Ця речовина повинна мати мінімальну електропровідність.

Відповідно до закону електромагнітної індукції Фарадея, в електропровідній вимірюваній речовині створюється напруга U_M , пропорційна швидкості потоку v і вимірюваної речовини, магнітній індукції B та інтервалу електродів d (внутрішній діаметр трубопроводу).

Напруга сигналу U_M знімається електродами, що контактують з вимірюваною речовиною і проводиться через ізолюючу стінку труби. Напруга сигналу U_M , що пропорційна швидкості потоку, перетворюється відповідним вимірювальним перетворювачем в стандартні сигнали, наприклад, 4..20 мА.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		47

Сам витратомір складається з:

- датчика витрати типу MAG1100 чи MAG3100 (Дуб-2000);
- електронного перетворювача сигналів типу MAG 6000

Витратоміри налаштовуються за допомогою системи меню з використанням вбудованої клавіатури і дисплея та мають пропорційні витрати струмовий і частотно-імпульсний сигнали, а також програмований релейних вихід. Витратомір може мати функції дозування та спеціальний блок очистки електродів.

Сфера застосування - хімічна, харчова, целюлозно-паперова промисловості, а також в сфері водокористування та тепломереж. Для цього і розроблено спеціальне виконання витратомірів – харчове, для води, вибухобезпечне.

Основні технічні характеристики перетворювачів сигналів типу MAG 6000.

Похибка: 0,25%.

Струмовий вихід:

- струм – 0..20 мА, 4..20 мА;
- навантаження – <800 Ом;
- постійна часу – 0.1..30 с, регульована.

Цифровий вихід:

- частота – 0..10 кГц;
- постійна часу – 0.1..30 с, регульована;
- активний – 24 В пост. струму, 30 мА, $1 \text{ кОм} \leq R_{\text{нав}} \leq 10 \text{ кОм}$;
- пасивний – 3..30 В пост струму, макс. 110 мА, $200 \text{ Ом} \leq R_{\text{нав}} \leq 10 \text{ кОм}$.

Реле:

- перемикається;
- навантаження 42 В змін. струму, 2 А/24 В пост. струму, 1 А.

Цифровий вхід:

- 11..30 В пост. струму, $R_i = 4.4 \text{ кОм}$;
- час активації – 50 мс;

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							48
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- струм: $I = 2,5 \text{ мА}$ (11 В пост. струму), $I = 7 \text{ мА}$ (30 в пост. струму).

Гальванічна разв'язка: всі входи і виходи ізольовані.

Температура навколишнього середовища: $-20^{\circ}..+50^{\circ}\text{C}$.

Клас захисту корпусу: IP67, IP20.

Допустиме механічне навантаження (вібрація): 18-1000 Гц, 3g, по всім напрямкам.

Напруга живлення:

- 115..230 В змін. струму +10% ...-15%, 50..60 Гц;
- 11..30 В пост. струму або 11..24 В змін. струму.

Електроспоживання:

- 230 В змін. струму – 9ВА;
- 24 В пост. струму – 6 Вт, $I_N = 250 \text{ мА}$, $I_{ST} = 8 \text{ А}$ (30 мс);
- 12 В пост. струму – 5 Вт, $I_N = 400 \text{ мА}$, $I_{ST} = 4 \text{ А}$ (250 мс).

Зв'язок (комунікаційні модулі): HART, ProfibusPA, ProfibusDP, CANopen, DeviceNet.

2.1.1.6. Обґрунтування вибору блоку ручного управління.

Для ручного управління клапаном подачі пари в контурі стабілізації тиску сокової пари 1-го та 2-го корпусів ВС використовується Блок ручного управління БРУ-110 (див. рис. 24).

Призначення БРУ-110: перемикання кіл управління виконавчими пристроями і механізмами, індикація режимів роботи, індикація положення кіл управління, а також вимірювання та індикація одного технологічного параметра.

Функції:

- вимірювання та індикація технологічного параметра (із сигналізацією відхилень) і сигналу положення ВМ;
- ручне чи дистанційне перемикання з автоматичного режиму на ручний і навпаки;

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							49
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- кнопочве управління імпульсними ВМ;
- кнопочве управління аналоговими ВМ;
- індикація режимів управління;
- індикація сигналів регулюючого пристрою з імпульсним вихідним сигналом (сигнали типу $>$, $<$ і сигнали ШІМ-модулятора).



Рисунок 24. Блок ручного управління БРУ-110

Основні технічні характеристики БРУ-110 наведені в табл.10.

Таблиця 10.

Технічна характеристика	Значення
Аналогові вхідні сигнали:	
К-ть аналогових входів	2
Типи - уніфіковані	0..5мА ($R_{ВХ} = 400 \text{ Ом}$); 0..20 мА, 4..20 мА ($R_{ВХ} = 100 \text{ Ом}$); 0..10В ($R_{ВХ} > 25\text{кОм}$)
Аналогові вихідні сигнали:	
К-ть аналогових виходів	1
Тип вихідного аналогового сигналу	0..5 мА ($R_{НАВ} \leq 2\text{кОм}$), 0..20 мА, 4..20 мА ($R_{НАВ} \leq 500 \text{ Ом}$), 0..10В ($R_{НАВ} \geq 2\text{кОм}$)
Інтерфейс підключення: RS-485 по протоколу Modbus, макс. довжина – 1,2км	
Напруга живлення	
Постійний струм	$\sim 220 (+22 \dots -33)\text{В}$, (50 \pm 1) Гц
Змінний струм	24 В
Споживча потужність від мережі змінного струму	не більше 8,5 ВА
Струм споживання по живленню 24 В	не більше 200 мА
Умови експлуатації	
Тип корпусу	IP30
Темп. навк. серед.	-40°C..+70°C

2.1.1.7. Обґрунтування вибору пристрої плавного пуску двигуна.

Також для плавного пуску двигунів подачі соку на ВС і викачки сиропу з ВС використані пристрої плавного пуску (див. рис. 25)



Рисунок 25. Пристрій плавного пуску ATS01 12A 400В

Основні технічні характеристики ATS01 наведені в табл. 11.

Таблиця 11.

Показник	Значення
Призначення	Асинхронні двигуни
Номінальна напруга живлення	380..415 В – 10..10 %
Потужність двигуна, кВт	5,5 кВт, 3-фаз. на 380..415 В
Номінальний струм пускача	12 А
Ступінь захисту	IP20
Температура навколишнього середовища	-10..+40 °С, 40...50 °С (зі зниженням струму на 2 % на °С)

2.1.1.8. Обґрунтування вибору пневмоклапанів.

Для регулювання рівня в корпусах ВС використовуються електропневмоклапани компанії Fisher серії easy-e ET (див. рис. 26).



Рисунок 26. Клапан EZ з приводом 657 і цифровим контролером DVC6000

Клапани EZ є прохідними клапанами з вбудованими торцевими з'єднаннями, направляючою і швидкозмінним тримом. Застосовуються в хімічній та нафтопереробній промисловості, або в обладнанні, де необхідне управління незмазуючими, в'язкими або іншими низькотехнологічними рідинами.

Основні технічні характеристики.

Тип приєднання до процесу:

- клапани з чавунним корпусом – фланець класу 12a з плоским торцем або 250 зі з'єднувальним виступом (RF) за стандартом ASME B16.1;
- клапани з корпусом із вуглеводної і нержавіючої сталі – фланець зі з'єднувальним виступом (RF) або фланці під кільце овального перерізу (RTJ) класів 150, 300, 600 за стандартом ASME B16.5; різьбові або приварні – В за стандартом ASME B16.11; приварні встик – всі, що задовільняють стандартам ASME B16.25, ASME B16.34.

Максимальний тиск на вході:

- клапани з чавунним корпусом – 125B, 250B за ASME B16.1;
- клапани з корпусом із вуглеводної і нержавіючої сталі – 150, 300, 600 за стандартом ASME B16.34.

Параметри потоку: рівнопроцентний, швидкого відкриття, лінійний.

Напрямок потоку: вгору через сідло.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		52

2.2. Схема автоматизації

Система автоматизації ВС забезпечує:

- стабілізацію рівнів соку по 1-5 ВА ВС;
- стабілізацію тиску сокової пари 1-го та 2-го корпусів ВС;
- стабілізацію розрідження в 5-му корпусі БВУ;
- подачу аміачної води в збірник соку (з відділення дефекосатурації) перед ВС при падінні рівня в 1-му корпусі БВУ;
- вимірювання температури по 1-5 корпусам ВС;
- контроль тиску пари та перепаду тиску між паровою камерою і надсоковим простором в 1-му корпусі ВС;
- вимірювання густини сиропу, що відкачується на подальшу переробку у вакуум-апаратах;
- контроль витрати соку, що надходить на переробку та сиропу, що відкачується 5-го корпусу ВС.

При стабілізації рівнів у випарних апаратах ВС забезпечуються найкращі умови для теплопередачі, що підвищує продуктивність роботи ВС. Регулювання рівнів здійснюється за принципом продольної стабілізації. Збурення, що виникають в будь-якій зоні системи, послідовно передаються на 1-й корпус ВС. Якщо кількість соку, що надходить на ВС, є недостатньою для забезпечення мінімального рівня у випарних апаратах, системою передбачена подача аміачної води в збірник соку (VI) перед ВС. Будь який контур регулювання реалізований з використанням:

- інтелектуального дифманометра з мембранними роздільниками APR-2200 Aplisens (9а, 10а, 11а, 12а, 13а);
- пневматичного позиціонера (9е, 10е, 11е, 12е, 13е), що входить в комплект клапана Fisher easy-e ET;
- нормованого підсилювача для відбору меншого сигналу (11е, 12д).

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		53

Сигнал з перетворювача (12б) надходить на АЦП дифманометра APR-2200, далі на монітор АРМ оператора-технолога і АЦПУ (12в) і на регулюючий канал контролера Modicon M340 (12г) з виходом на ЦАП контролера і регулюючий клапан (12є) Fisher easy-e ET (позначення елементів контуру наведені для САР рівня в 4-му корпусі БВУ).

Аміачну воду в збірник соку перед ВС подають при оголенні поверхні обігріву випарних апаратів. Різниця тисків між гріючою і соковою парою 1-го корпусу ВС найбільш точно фіксує початок попереднього режиму. При оголенні поверхні нагріву теплопередача від пари до киплячої рідини різко зменшується, а тиск гріючої пари зростає, при цьому тиск сокової пари падає. Ці процеси призводять до збільшення перепаду тиску. Росту перепаду тиску відповідає збільшення навантаження ВА, що і служить сигналом для ввімкнення подачі аміачної води в сокову камеру ВА.

В розглянутому вузлі при зниженні рівня соку в збірнику (VI) до мінімального значення, сигнал від датчика рівня (8а) замикає контакт нормуючого перетворювача-підсилювача (7б). Якщо при цьому рівень в 1-му корпусі нормальний (сигнал від датчика 9а), тоді жодних змін в колі управління не відбувається. При мінімальному значенні рівня в 1-му корпусі замикається ще один контакт перетворювача (7б). Для контролю тиску ретурної пари передбачено використання пневмоперетворювача тиску (5а), сигнал від якого надходить на вхід АЦП контролера Modicon M340, на монітор і на АЦПУ (6б). При зростанні перепаду тиску в 1-му корпусі замикається 3-й контакт перетворювача (7б), що служить сигналом для увімкнення подачі аміачної води.

Схема подачі аміачної води складається з:

- мембранного сигналізатора (7а), що подається на вхід з АЦП контролера Modicon M340;
- регулюючий канал контролера Modicon M340 з виходом через ЦАП контролера і регулюючий клапан (7г);

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		54

- блок ручного управління БРУ-110 (7в) і АРМ оператора-технолога для вибору режимів управління.

Тиск сокової пари 1-го корпусу БВУ стабілізується за жорсткою програмою. Зі зростанням відкладення накипу на поверхні нагріву ВА задане значення тиску періодично підвищують задля збереження необхідної продуктивності ВС.

Контур стабілізації тиску включає в себе:

- пневматичний перетворювач тиску (2а);
- нормуючі підсилювачі-перетворювачі (2б, 2в);

Сигнал з перетворювачів подається на вхід з АЦП контролера Modicon M340. У перетворювачах виконується операція множення сигналу на постійний коефіцієнт та відбір більшого з сигналів (цей сигнал надходить і від перетворювача (3а), встановленого на 2-му корпусі ВС, далі сигнали подаються на монітор АРМ оператора-технолога і АЦПУ щита управління (2г), і на регулюючий канал контролера Modicon M340 (2д), що виконує ПІ-закон регулювання з виходом через ЦАП контролера на клапан (2е). Тиск підтримується завдяки регулюванню надходження ретурної пари в парову камеру 1-го корпусу ВС. В контурі передбачено також ручне дистанційне управління регулюючим клапаном (2е) подачі гріючої пари на ВС з пульта ПКТ і АРМ оператора-технолога.

Контроль температури в корпусах БВУ здійснюється за допомогою монітора і АЦПУ з виходом на щит управління і АРМ оператора-технолога, на які надходять сигнали від термоперетворювачів опору Pt100 через вмонтовані в головку термоперетворювача АЦП SITRANS ТК-L, що входять в комплект термометрів опору SITRANS TF2, встановлених на кожному ВА.

Розрідження в 5-му корпусі ВС підтримується вимірювальним перетворювачем різниці тисків Метран-150 (4а) з інтегрованим в комплект АЦП, сигнал від якого надходить на монітор і АЦПУ (4б) щита, а також на регулюючий канал контролера Modicon M340 (4в) з виходом через ЦАП контролера на регулюючий клапан (4г), встановлений на лінії подачі пари.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							55
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Густина сиропу на виході з ВС є одним із основних параметрів, що характеризують роботу ВС. Вимірювання густини інтелектуальним перетворювачем різниці тисків APR-2200D фірми Aplisens з мембранними роздільниками (14а) і вбудованим АЦП (14б), працюючим в комплекті з АЦПУ (14в) на щиті управління і АРМ оператора-технолога.

Контроль витрати соку, що надходить на переробку та сиропу після ВС здійснюється електромагнітними витратомірами MAGFLO MAG 6000. Датчики (15а, 16а) встановлені на промислових комунікаціях з виходом на АЦП датчиків (15в) та (16б) і на АЦПУ та монітор (15г) щита управління та АРМ оператора-технолога.

2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Таблиця 12.

№ позиції	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка	Од. вимірюв.	К-сть	Виробник
1-1, 1-2, 1-3, 1-4,1-5	Перетворювач температури SITRANS з термоперетворювачем опору Pt100	SITRANS, TF2	шт.	5	SIEMENS
2а,3а,5а	Датчик тиску Метран-150	Метран-150, ТА	шт.	3	ЗАТ "Промислова група "Метран", м.Челябінськ
4а, 6а		Метран-150, CDR	шт.	2	

Продовження Таблиці 12

№ позиції	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка	Од. вимірюв.	К-сть	Виробник
8а, 9а, 10а, 11а, 12а, 13а	Вимірювальний перетворювач рівня (інтелектуальний) з мембранними розподільниками APR-2200	APR-2200, ALW	шт.	6	ТОВ "Група Компаній Аплісенс", м.Тернопіль
14а	Інтелектуальний гідростатичний перетворювач густини APR-2200D	APR-2200D, ALW	шт.	1	
7в	Блок ручного управління БРУ-110	БРУ-110	шт.	1	ТОВ "Мікрол", Україна
15а, 16а	Електромагнітний витратомір MAG-6000	MAGFLO, MAG-6000	шт.	2	SIEMENS
2є, 8є, 9є, 10є, 11є, 12є,13є	Електропневмоклапан Fisher	easy-є, EZ	шт.	7	Emerson Electric Co., США
	ПЛК Modicon M340	M340	шт.	1	ТОВ "Шнейдер Електрік Україна"
	Пристрій плавного пуску асинхронного двигуна ATS01	ATS01	шт.	2	

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

57

2.4. Конфігурація ПЛК та базових модулів.

Перелік входів/виходів згідно створеної в дипломному проєкті СА:

- 26 аналогових входи;
- 8 аналогових виходи;
- 2 дискретні виходи.

Для потреб СА 5-ти корпусної випарної установки було обрано ПЛК Modicon M340 (див. рис. 27).



Рисунок 27. ПЛК Modicon M340

Modicon M340 – компактний ПЛК з високою адаптивністю, гнучкістю і широким діапазоном функціональних можливостей. Середовище розробки для ПЛК: Unity PRO.

Застосування:

- складне обладнання (пакувальне, текстильне, для транспортування матеріалів, вантажопідйомні машини);
- виробництво;
- інфраструктура.

Переваги:

- багатофункціональний CPU – 7 тис. інструкцій/с;

- багатозадачна система для гарантованого відгуку;
- USB порт програмування, підключення HMI;
- додаткові порти: Ethernet, CANopen, Modbus;

Пам'ять:

- для програмного коду – 70 тис. інструкцій;
- додаткове файлове сховище – 16 Мб з FTP-доступом;
- створення резервної копії програми на карті пам'яті.

ПЛК Modicon M340 конфігурується з таких модулів:

1. Блок живлення VMXCP2000 (див рис. 28)



Рисунок 28. Блок живлення VMX CPS 2000.

Основні характеристики:

серія – Modicon X80;

напруга живлення – 100..240 В змінного струму;

потужність на виході:

10,8 Вт 24 В пост. струму – живлення датчика;

16,8 Вт 24 В пост. струму – живлення CPU і модуля вводу/виводу;

8,3 Вт 3,3 В пост. струму – живлення логічних схем модуля вводу/виводу.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

2. Модуль CPU BMX P34 2020 (див рис. 29)



Рисунок 29. Модуль CPU BMX P34 2020.

Основні характеристики:

серія – Modicon M340;

тип – модуль процесора;

особливості – Transparent Ready, CANopen;

кількість шасі – 4;

кількість слотів – 11;

характеристики дискретних входів/виходів CPU:

- 1024 I/O multi-rack configuration;
- 704 I/O single-rack configuration.

характеристики аналогових входів/виходів CPU:

- 256 I/O multi-rack configuration;
- 66 I/O single-rack configuration.

кількість каналів додатків – 36;

моніторинг:

- Diagnostic counters Modbus;
- Event counters Modbus.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

3. Модулі аналогових входів ВМХ АМІ 0810 (див рис. 30)



Рисунок 30. Модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0810

Основні характеристики:

серія – Modicon X80;

тип підключення - 28 пінів 1 connector;

ізоляція між каналами – ізольовані;

рівень входу – High level;

кількість аналогових входів – 8;

тип аналогового входу:

- струм +/- 20 мА, 0..20 мА, 4..20 мА;
- напруга +/- 10 В, +/- 5 В, 0..10 В, 0..5 В, 1..5 В.

4. Модулі аналогових виходів ВМХ АМО 0410 (див рис. 31)



Рисунок 31. Модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0410

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							61
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Основні характеристики:

серія – Modicon X80;

тип – модуль аналогових виходів

тип підключення - 20 пінів 1 connector;

ізоляція між каналами – ізольовані;

кількість аналогових виходів – 4;

тип аналогового виходу – струм 0..20 мА, 4..20 мА, напруга +/-10 В

5. Модуль дискретних виходів BMX DDO 1602 (див рис. 32)



Рисунок 32. Модуль дискретних виходів BMX DDO 1602

Основні характеристики:

серія – Modicon X80;

тип – модуль дискретних виходів;

кількість дискретних виходів – 16 у відповідності з EN/IEC 61131-2;

тип дискретного входу – Solid state;

логіка дискретного виходу – Positive;

напруга на виході – 24 В 19..30 В постійного струму;

струм на виході – 0,5 А.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		62

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При побудові принципової електричної схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК було використано наступну нумерацію ланцюгів живлення:

- 800..809 – ланцюги живлення змінного струму 240 В;
- 900..967 – ланцюги живлення постійного струму +24 В;
- 100..130 – вхідні струмові сигнали 4..20 мА від датчиків до вхідних аналогових модулів ПЛК;
- 200..213 – вихідні сигнали управління 4..20 мА від аналогових модулів ПЛК до ВМ;
- 0900..0915 – ланцюг живлення тиском 140 кПа від компресорної станції для електропневмоперетворювачів та ВМ;
- 0100..0106 – ланцюги управляючих сигналів 0..100 кПа з електропневмоперетворювачів на ВМ.

Модулі вводу/виводу ПЛК Modicon M340 підібрано відповідно до кількості сигналів:

- 20 аналогових вхідних сигналів;
- 7 аналогових вихідних сигналів;
- 2 дискретні вихідні сигнали.

На рис. 33 показано приклад підключення датчика температури 1-го корпусу BC (1-1) SITRANS TF2 до аналогового 8-ми каналного входу ВМХ АМІ 0810 ПЛК Modicon M340.

Підключення до аналогового модуля відбувається через 28-контактний конектор за 2-х провідною схемою.

Живлення датчиків температури здійснюється за допомогою 8-ми каналного блоку живлення (БЖ) Метран-608, напруга на вході якого ~220 В,

					Кваліфікаційна робота			
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Стаброник Є.М.			Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки	Літ	Арк.	Акрушів
Керівник		Клименко О.М.					63	7
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

а на виході - +24 В постійного струму.

Сигнал від термоперетворювача опору Pt100, що підключений до перетворювача SITRANS TF2 за допомогою вбудовано нормуючого перетворювача SITRANS TK-L в уніфікованій формі (4..20 мА) передається на вхід аналогового модуля BMX AMI 0810 для обробки програмою ПЛК.

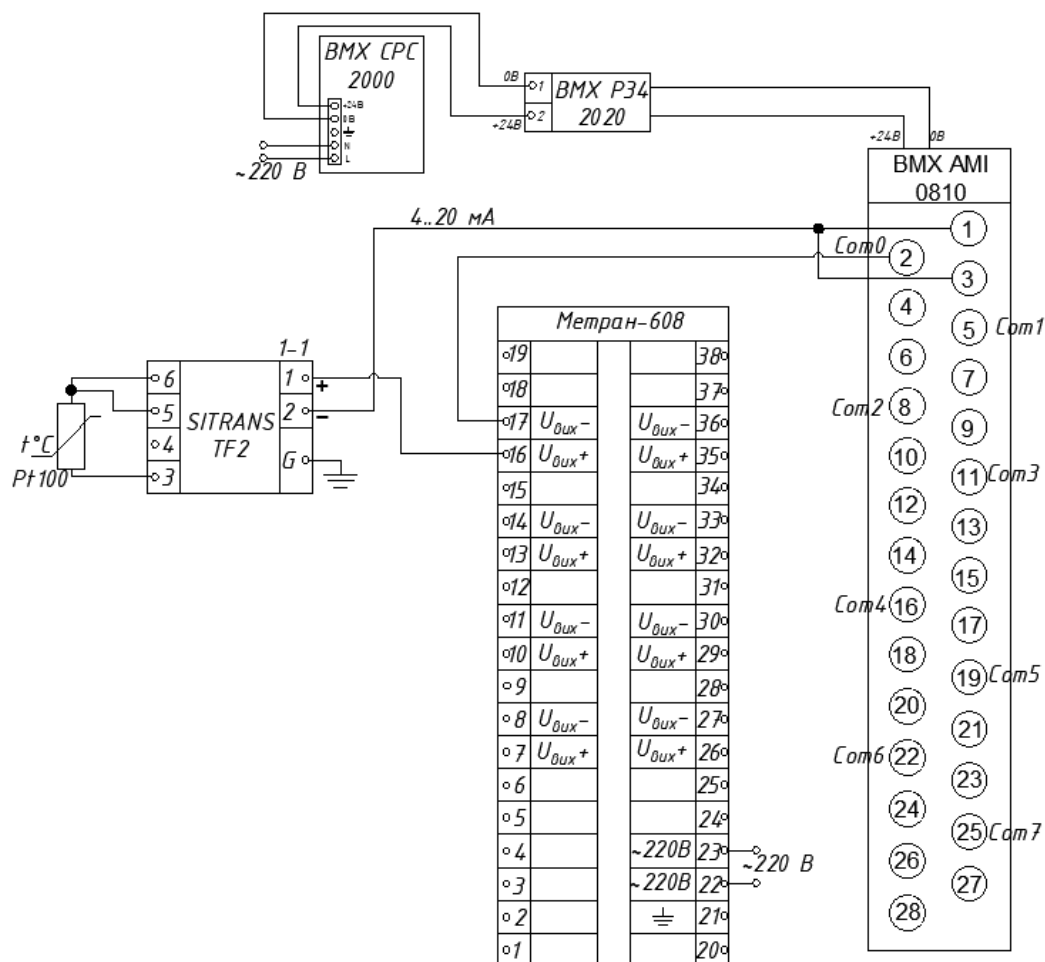


Рисунок 33. Підключення датчика температури до ПЛК.

На рис. 34 відображено приклад схеми підключення електромагнітного витратоміра MAGFLO MAG 6000 до аналогового входу BMX AMI 0810 ПЛК Modicon M340. Підключення до аналогового модуля відбувається через 28-контактний конектор за 2-х провідною схемою.

Живлення витратомірів здійснюється за допомогою 8-ми каналного блоку живлення (БЖ) Метран-608 з вхідним значенням напруги на вході ~220 В, та +24 В постійного струму на виході.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Виміряне значення витрати з допомогою датчика витрати MAG1100 передається на електронний перетворювач сигналів MAG 6000, перетворюється в уніфікований струмовий сигнал (4..20 мА) та передається на вхід аналогового модуля ВМХ АМІ 0810 для подальшої обробки програмою ПЛК.

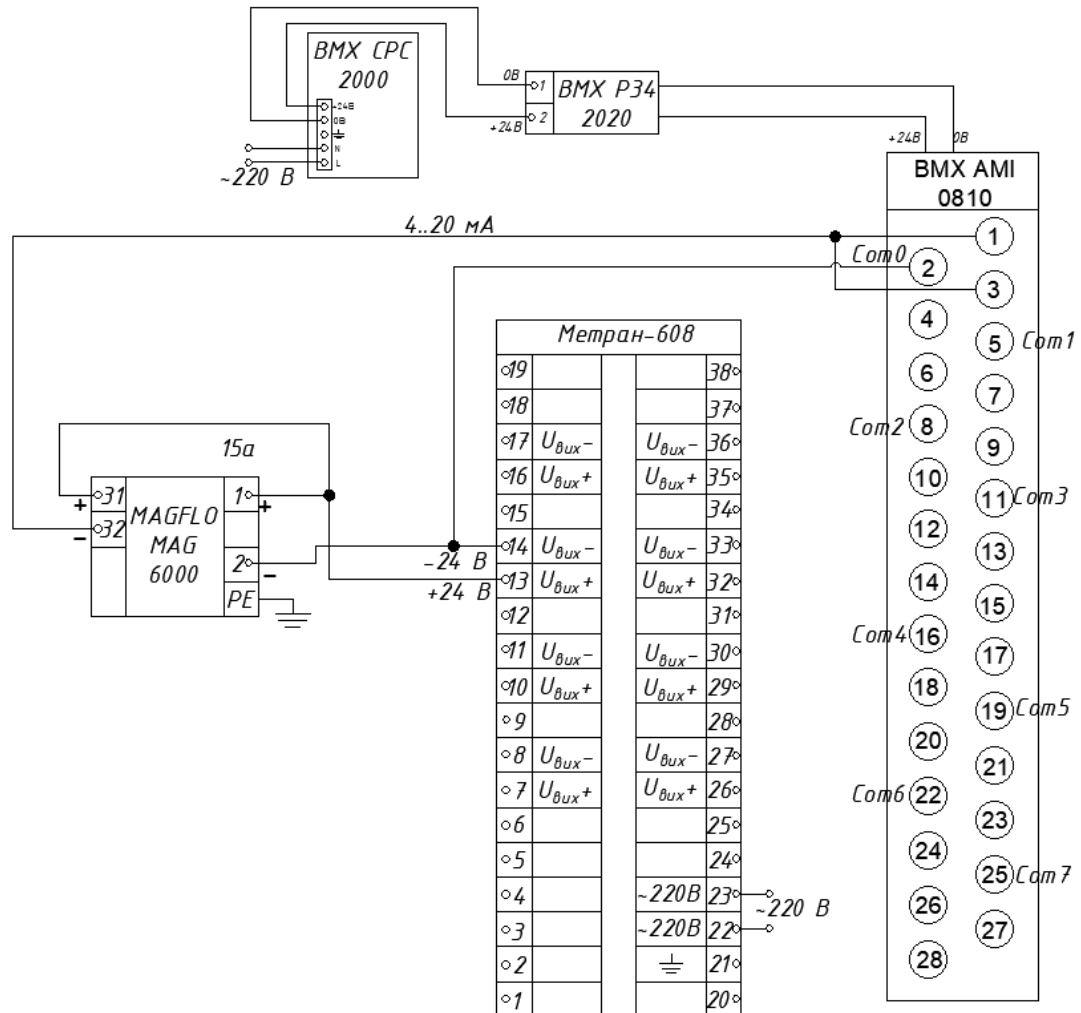


Рисунок 34. Підключення витратоміра до ПЛК.

На рис. 35 відображено приклад підключення датчика густини сиропу APLISENS APR-2200D до аналогового входу ВМХ АМІ 0810 ПЛК Modicon M340. Підключення до аналогового модуля відбувається через 28-контактний конектор за 2-х провідною схемою.

Живлення густиноміра APLISENS APR-2200D здійснюється за допомогою 8-ми каналного блоку живлення (БЖ) Метран-608 з вхідним значенням напруги на вході ~220 В, та +24 В постійного струму на виході.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Вимірне значення гідростатичного тиску в трубі перетворюється в уніфікований сигнал струму (4..20 мА) та передається на вхід аналогового модуля ВМХ АМІ 0810 для подальшої обробки програмою ПЛК.

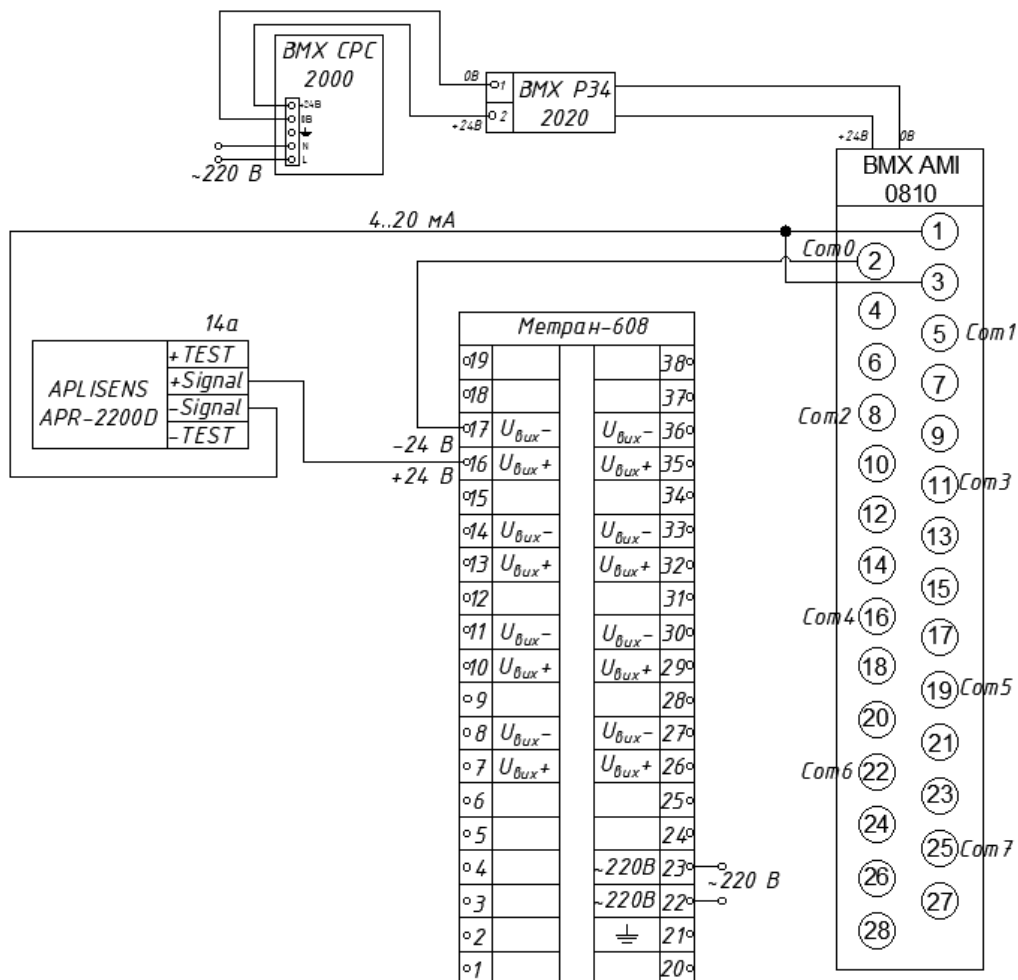


Рисунок 35. Підключення датчика густини до ПЛК.

На рис. 36 показано приклад підключення датчика тиску Метран-150ТА до аналогового входу ВМХ АМІ 0810 ПЛК Modicon M340. Підключення до аналогового модуля відбувається через 28-контактний конектор за 2-х провідною схемою.

Живлення датчика тиску Метран-150ТА здійснюється за допомогою 8-ми канального блоку живлення (БЖ) Метран-608 з вхідним значенням напруги на вході ~220 В, та +24 В постійного струму на виході.

Виміряне значення тиску перетворюється вбудованим перетворювачем сигналів в аналоговий сигнал постійного струму (4..20 мА) та передається на вхід аналогового модуля ВМХ АМІ 0810 для подальшої обробки програмою ПЛК.

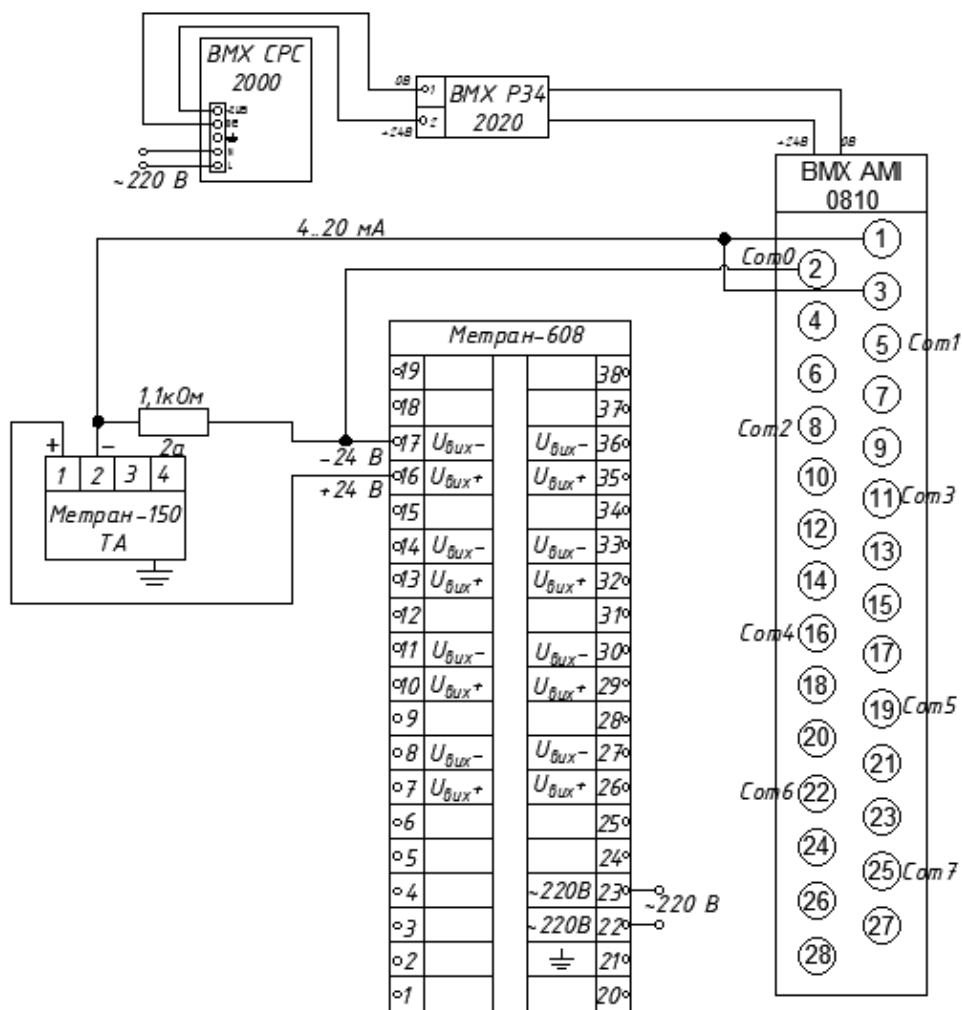


Рисунок 36. Підключення датчика тиску до ПЛК.

На рис. 37 відображено електричну принципову схему підключення датчика рівня APLISENS APR-2200 до аналогового входу ВМХ АМІ 0810 ПЛК Modicon М340. Підключення до аналогового модуля відбувається через 28-контактний конектор за 2-х провідною схемою.

Живлення датчика рівня APLISENS APR-2200 здійснюється за допомогою 8-ми канального блоку живлення (БЖ) Метран-608 з вхідним значенням напруги на вході ~220 В, та +24 В постійного струму на виході.

Вимірне значення рівня перетворюється вбудованим перетворювачем сигналів в аналоговий сигнал постійного струму (4..20 мА) та передається на вхід аналогового модуля ВМХ АМІ 0810 для подальшої обробки програмою ПЛК.

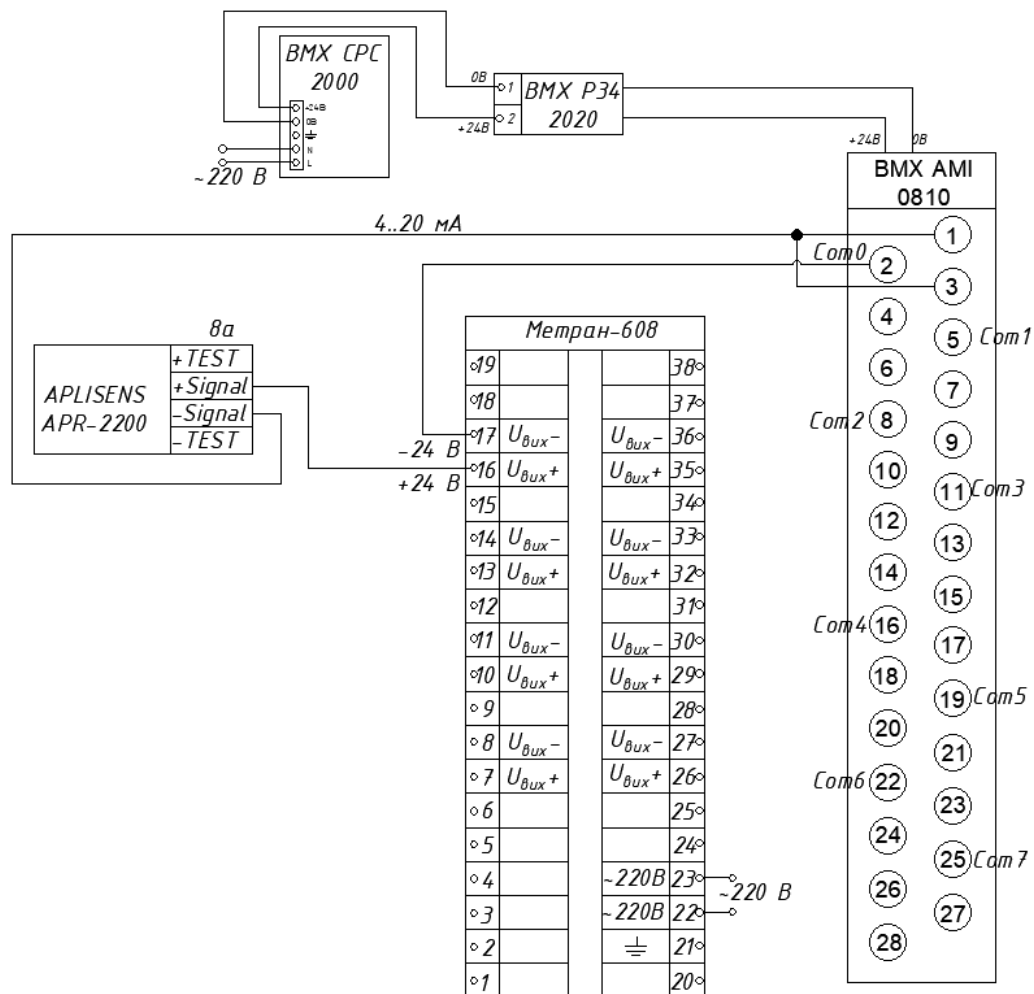


Рисунок 37. Підключення датчика вимірювання рівня до ПЛК.

На рис. 38 показано приклад схеми підключення ВМ до аналогового виходу 4-х каналного модуля виводу ВМХ АМО 0410 ПЛК Modicon М340.

Живлення електропневматичного перетворювача FISHER IP-100 здійснюється за допомогою 8-ми каналного блоку живлення (БЖ) Метран-608 з вхідним значенням напруги на вході ~ 220 В, та $+24$ В постійного струму на виході. Подача стисненого повітря на перетворювач і на ВМ відбувається з компресорної станції заводу.

Уніфікований сигнал постійного струму (4..20 мА) з аналогового модуля ВМХ АМО 0410 ПЛК Modicon М340 подається на електропневматичний перетворювач FISHER IP-100, в якому сигнал перетворюється в уніфікований сигнал тиску 20..100 кПа, що далі подається на ВМ - клапан FISHER EZ easy-e.

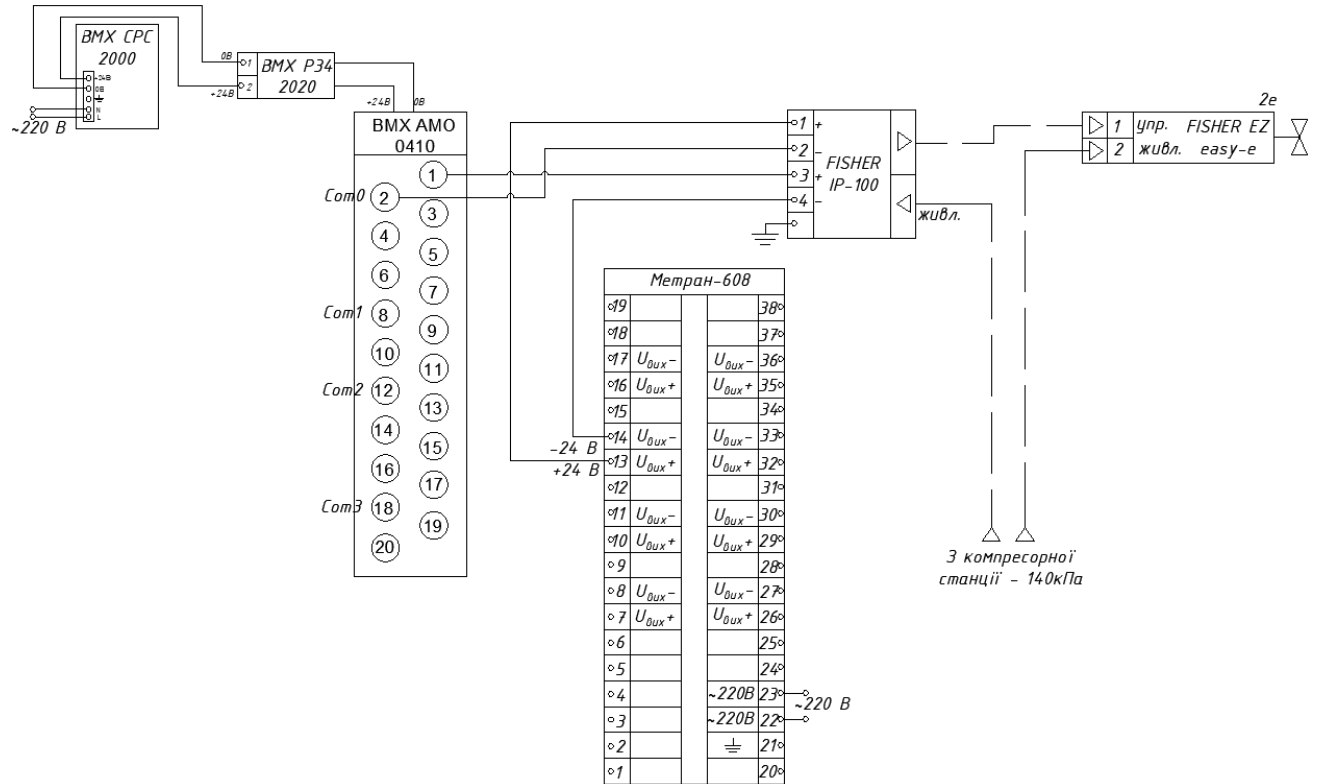


Рисунок 38. Підключення ВМ до ПЛК.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

В даному дипломному проєкті виконано креслення встановлення наступного технічного засобу автоматизації – датчика тиску Метран-150CDR.

Приєднання датчика тиску моделі 150CDR до з'єднувальних ліній відбувається за допомогою отворів $\frac{1}{4}$ -18NPT, що знаходяться на фланці датчика, або за допомогою попередньо привареної до трубки лінії ніпеля, або за допомогою монтажного фланця з різьбою для накручування на кінці трубок лінії. Під'єднання з'єднувальних ліній до фланця датчика тиску Метран-150CDR здійснюється за допомогою перехідників з міжцентровою відстанню 54мм.

Для установки перехідників до фланця Sorplanag використовуються болти з комплекта поставки датчика.

Для вимірювання тиску пари вхідні отвори розміщуються в технологічному трубопроводі горизонтально або під кутом не більше 45° відносно горизонталі вгору та в такому випадку датчик монтується нижче, щоб імпульсні трубки весь час були заповнені конденсатом. При роботі з парою імпульсні лінії мають бути заповнені водою для запобігання контакту пари з датчиком і забезпечення точності вимірювання на початковому етапі.

Датчик тиску Метран-150CDR складається з сенсорного модуля та електронного перетворювача. Сенсорний модуль складається з вимірювального блоку та плати АЦП. Тиск подається в камеру вимірювального блоку, перетворюючись при цьому в деформацію чутливого елемента і зміну електричного сигналу. Електронний перетворювач перетворює електричний сигнал у відповідний вихідний сигнал. Схема датчика показана на рис. 39.

Сенсорний модуль датчика складається з корпусу (1) і ємнісної вимірювальної комірки (2).

					Кваліфікаційна робота		
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Літ	Арк.	Акрушів
Розробив		Стаброник С.М.				70	3
Керівник		Клименко О.М.					
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Ємнісна комірka ізолювана механічно, електрично і термічно від вимірювального технологічного та навколишнього середовища.

Вимірювальний тиск подається через розділювальні мембрани (3) і розділювальну рідину (4) до вимірювальної мембрани (5), розміщеної по центру ємнісної комірki.

Під дією тиску відбувається зміна положення вимірювальної мембрани. Зміна положення мембрани спричинює появу різниці ємкостей між вимірювальною мембраною та пластинами конденсатора (6), що розміщені по обидва боки від вимірювальної мембрани.

Різниця ємкостей вимірюється з допомогою АЦП та перетворюється електронним перетворювачем у вихідний сигнал.

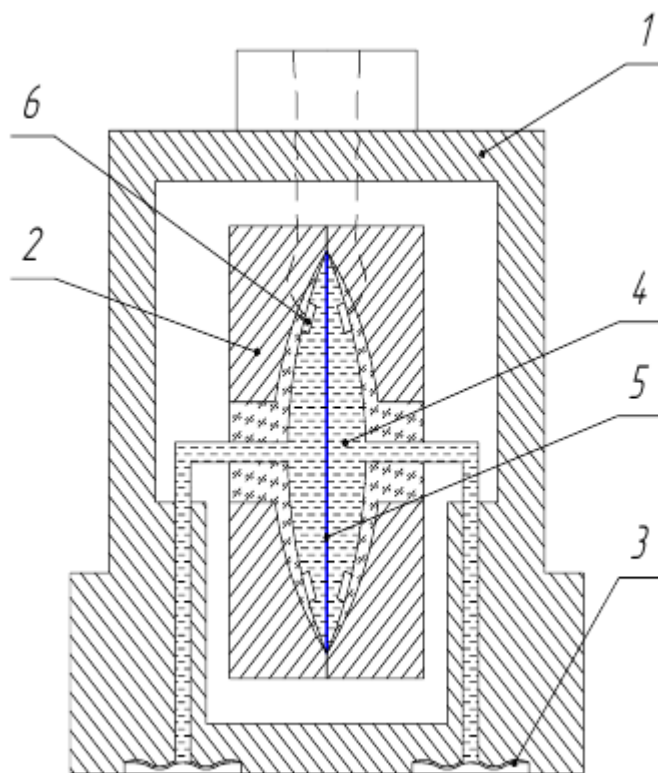


Рисунок 39. Схема Датчика тиску Метран-150СDR

На рис 40, 41 показано підключення датчика тиску Метран-150СDR до 1го корпусу ВС.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

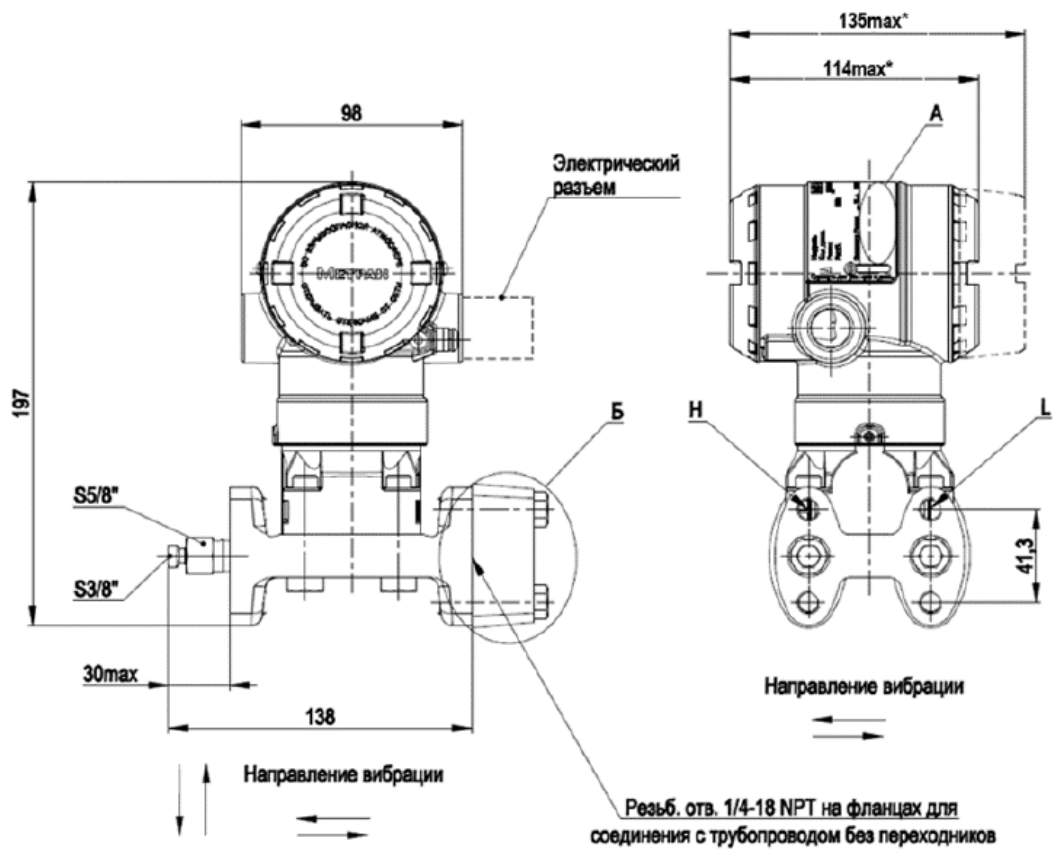


Рисунок 40. Установочні і приєднувальні розміри датчика Метран-150СDR

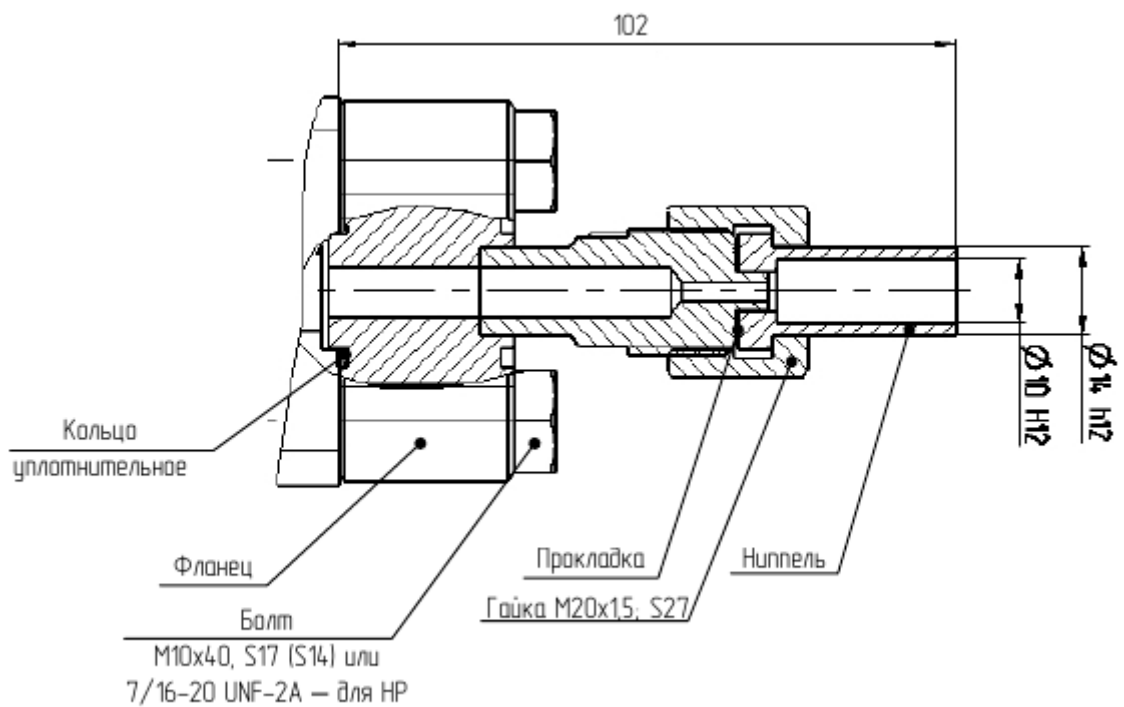


Рисунок 41. Виносний елемент Б – монтажні частини код D5

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

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

Для технологічного процесу випарювання дифузійного соку було розроблено алгоритм роботи (див. рис. 41) та створено ПЗ на мові LD в середовищі розробки Unity Pro XL.

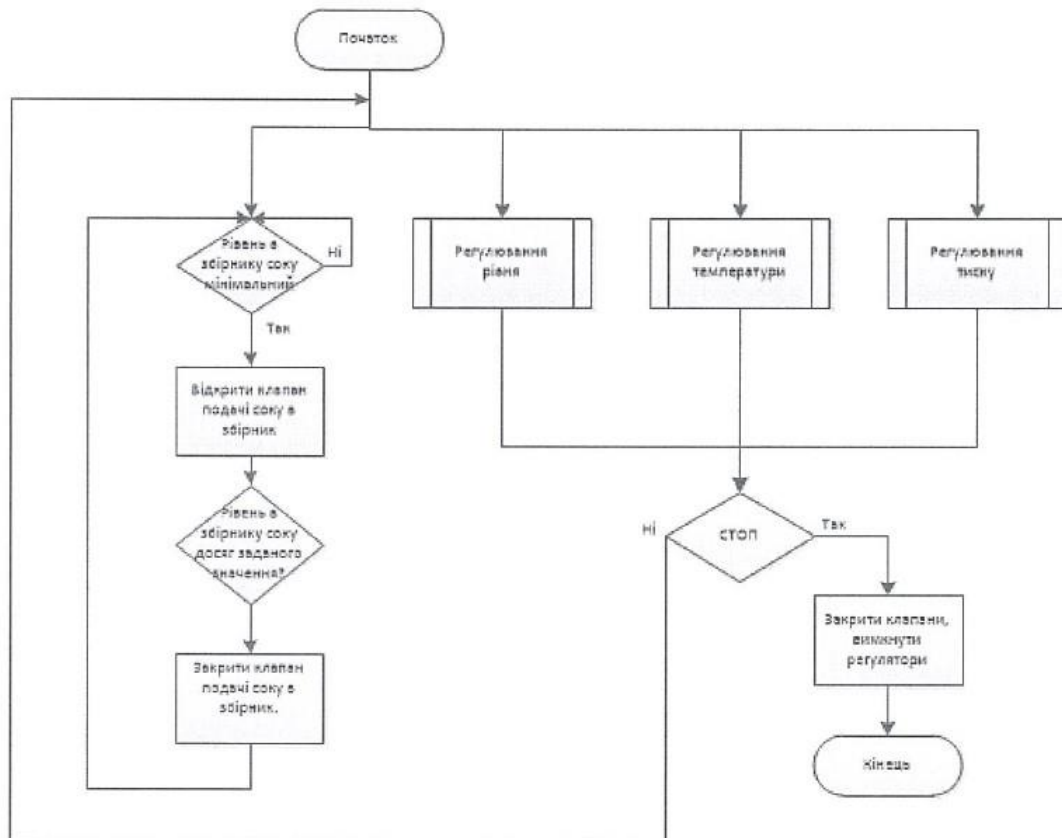


Рисунок 41. Алгоритм керування ВС з допомогою ПЛК Modicon M340

Перелік змінних та реалізація програми для ПЛК показано на рис. 42..47.

Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розробив		Стаброник Є.М.			Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки	Літ	Арк.	Акрушів
Керівник		Клименко О.М.					73	4
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Variables					
DDT Types		Function Blocks		DFB Types	
Filter					
Name <input type="text" value=""/>					
Name	Type	Address	Value	Comment	
Fk	INT	%IW0.1.5		витрата концентратор	
Fzbs	INT	%IW0.1.4		витрата збірник соку	
K	INT	%IW0.1.6		концентрація	
K_zad	REAL		14.0	концентр задана	
KI1	REAL	%QW0.3.0		клапан подачі диф.соку	
KI2	REAL	%QW0.3.1		клапан подачі соку	
KI3	REAL	%QW0.3.2		клапан відв.вт.пари	
KI4	REAL	%QW0.3.3		клапан подачі соку	
L1	INT	%IW0.2.6		рівень в I корпусі	
L1_R	REAL				
L1_zad	REAL		1.6	рівень в I корпусі заданий	
l1_zad_i	INT				
L_zbs	INT	%IW0.2.5		рівень в зб. соку	
L_zbs_R	REAL				
Lzbs_zad	REAL		1.0	рівень в зб. соку заданий	
Lzbs_zad_i	INT				
MAN1	EBOOL		1		
MAN2	BOOL		1		
MAN3	BOOL		1		
P1	INT	%IW0.2.4		тиск в I корпусі	
P1_R	REAL				
P1_zad	REAL		0.292	тиск в I корпусі заданий	
P2	INT	%IW0.2.0		тиск в II корпусі	
P2_zad	REAL		0.233	тиск в II корпусі заданий	
P3	INT	%IW0.2.1		тиск в III корпусі	
P3_zad	REAL		0.172	тиск в III корпусі заданий	
P4	INT	%IW0.2.2		тиск в IV корпусі	
P4_zad	REAL		0.107	тиск в IV корпусі заданий	
Pk	INT	%IW0.2.3		тиск в концентраторі	
Pk_zad	REAL		0.057	тиск в концентраторі заданий	
pusk	EBOOL	%M10		ПУСК	
stop	EBOOL	%M20		СТОП	
T1	INT	%IW0.2.7		температура в I корпусі	
T1_R	REAL				
T1_zad	REAL		125.0	температура в I корпусі заданий	
T2	INT	%IW0.1.0		температура в II корпусі	
T2_zad	REAL		117.0	температура в II корпусі заданий	
T3	INT	%IW0.1.1		температура в III корпусі	
T3_zad	REAL		104.5	температура в III корпусі заданий	
T4	INT	%IW0.1.2		температура в IV корпусі	
T4_zad	REAL		89.0	температура в IV корпусі заданий	
Tk	INT	%IW0.1.3		температура в концентраторі	

Рисунок 42. Таблиця змінних програми управління ВС

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

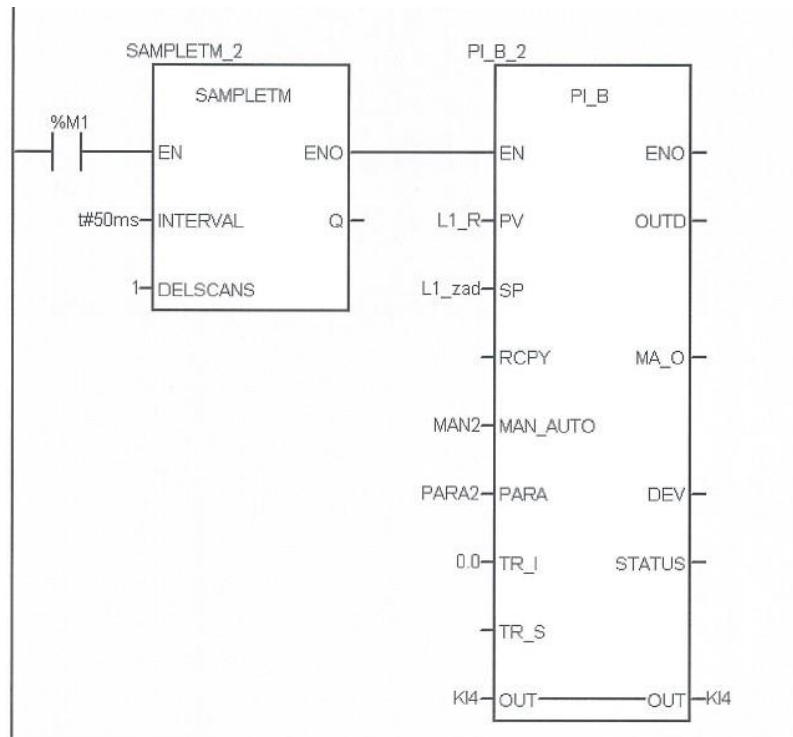


Рисунок 43. Регулювання рівня в 1-му корпусі ВС

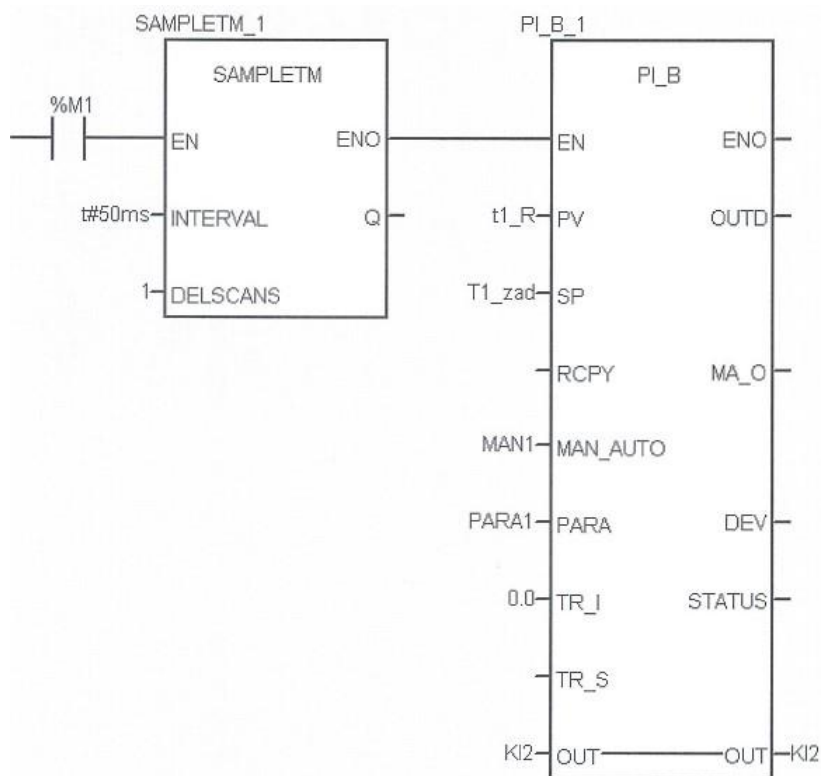


Рисунок 44. Регулювання температури в 1-му корпусі ВС

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

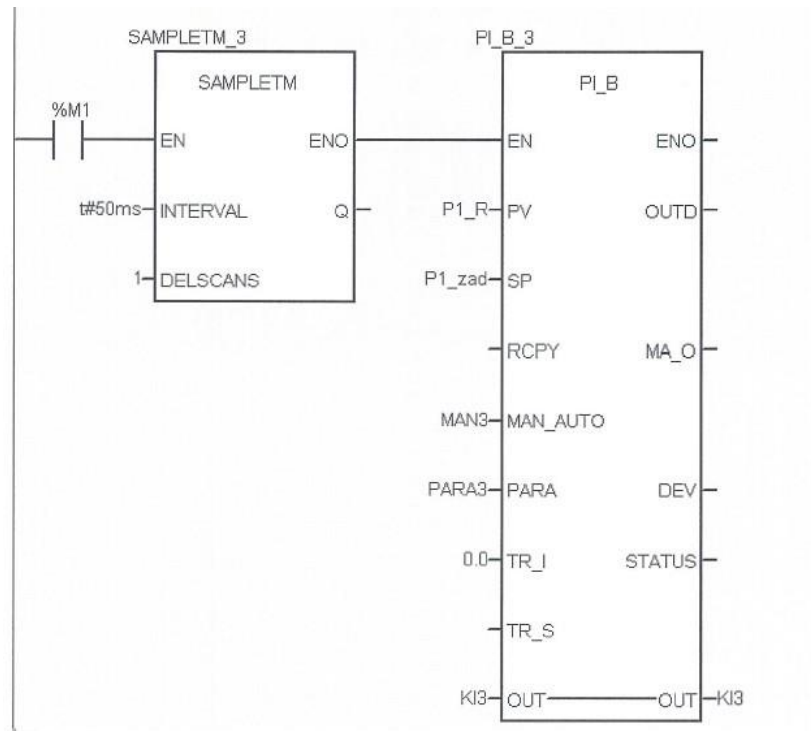


Рисунок 45. Регулювання тиску сокової пари в 1-му корпусі ВС

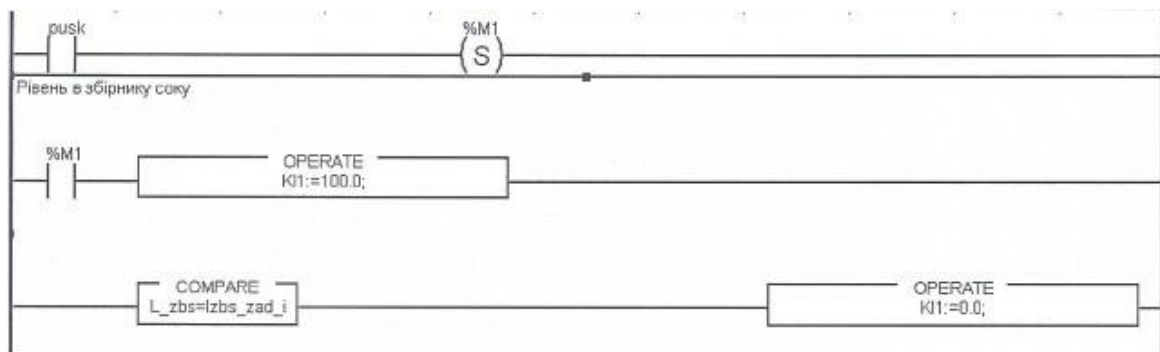


Рисунок 46. Регулювання рівня в збірнику дифузійного соку

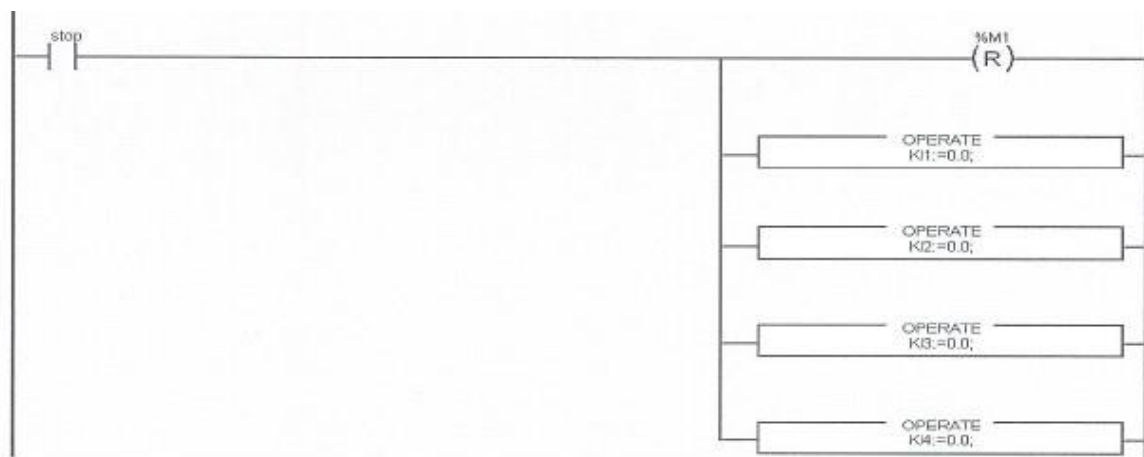


Рисунок 47. Зупинка при аварії на ВС

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора-технолога

Задля контролю над технологічним процесом випарювання соку на ВС було розроблено SCADA-систему для АРМ оператора-технолога в середовищі ZENON.

Перелік вхідних аналогових змінних показаний на рис 48, 49.

Ім'я змінної	Адреса	Настроювання						
		Період опитування	Перетворення		Аварійні межі			
			Контр. одиниці	Фізичні одиниці	Аварійний min	Перед-аварійний min	Перед аварійний max	Аварійний Max
1	3		5	6	7	8	9	10
Температура в I корпусі	%IW0.1.0	с	0-10000	0-150 °C	121	-	-	131
Температура в II корпусі	%IW0.1.0	с	0-10000	0-150 °C	112	-	-	122
Температура в III корпусі	%IW0.1.1	с	0-10000	0-150 °C	99,5	-	-	109,5
Температура в IV корпусі	%IW0.1.2	с	0-10000	0-150 °C	81	-	-	94

Рисунок 48. Вхідні аналогові змінні, частина 1

					Кваліфікаційна робота							
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки			Літ	Арк.	Акрушів		
Розробив		Стаброник Є.М.								77	4	
Керівник		Клименко О.М.						НУХТ ЗАКІТ-3-1ск				
Зав. каф.		Ельперін І.В.										
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.										

Температура в концентраті	%IW0. 1.3	с	0- 10000	0- 150 °C	63,4	-	-	73,4
Тиск в I корпусі	%IW0. 2.4	с	0- 10000	0,004 -0,4 МПа	0,272	-	-	0,312
Тиск в II корпусі	%IW0. 2.0	с	0- 10000	0,004 -0,4 МПа	0,213	-	-	0,253
1	2		4		6	7	8	9
Тиск в III корпусі	%IW0. 2.1	с	0- 10000	0,004 -0,4 МПа	0,152	-	-	0,192
Тиск в IV корпусі	%IW0. 2.2	с	0- 10000	0,004 -0,4 МПа	0,087	-	-	0,127
Температура в концентраті	%IW0. 2.3	с	0- 10000	0,004 -0,4 МПа	0,037	-	-	0,077
Рівень збірника соку	%IW0. 2.5	с	0- 10000	0,2- 1,5м	0,5	-	-	1,4
Рівень в I корпусі	%IW0. 2.6	с	0- 10000	0,2- 2м	1,35	-	-	1,85
Густина сиропу	%IW0. 1.6	с	0- 10000	0-20 г/см ³	10	-	-	18

Рисунок 49. Вхідні аналогові змінні, частина 2

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Перелік вихідних аналогових змінних, що використовуються програмою ПЛК, показаний на рис. 50.

Ім'я змінної	Адреса	Настроювання			
		Період опитування	Перетворення		
			Контр. одиниці	Фізичні одиниці	
1	3	4	5	6	

Подача соку в збірник	%QW0.3.0	1с	0-10000	0- 100 %хро
Подача соку в I корпус	%QW0.3.1	1с	0-10000	0-100 %хро
Подача гріючої пари пари в I корпус	%QW0.3.2	1с	0-10000	0-100 %хро
Відведення вторинної пари	%QW0.3.3	1с	0-10000	0-100 %хро

Рисунок 50. Вихідні аналогові змінні

Для деталізації важливих технологічних параметрів було передбачено та створено тренди (див. рис. 51, 52).

Змінна	Умова запису	Глибина зберігання
Концентрація сиропу	Періодично (10с)	1 місяць
Витрата з збірника соку	Періодично (10с)	1 місяць
Витрата сиропу з концентратора	Періодично (10с)	1 місяць

Рисунок 51. Історичні тренди

Змінна	Період оновлення	Інтервал відображення
Температура кипіння пари в I корпусі	2 с	30 хв.
Рівень соку в I корпусі	2 с	30 хв.
Тиск в I корпусі	2с	30 хв.

Рисунок 52. Тренди реального часу

Вигляд дисплейної мнемосхеми процесу випарювання соку на ВС відображений на рис. 53.

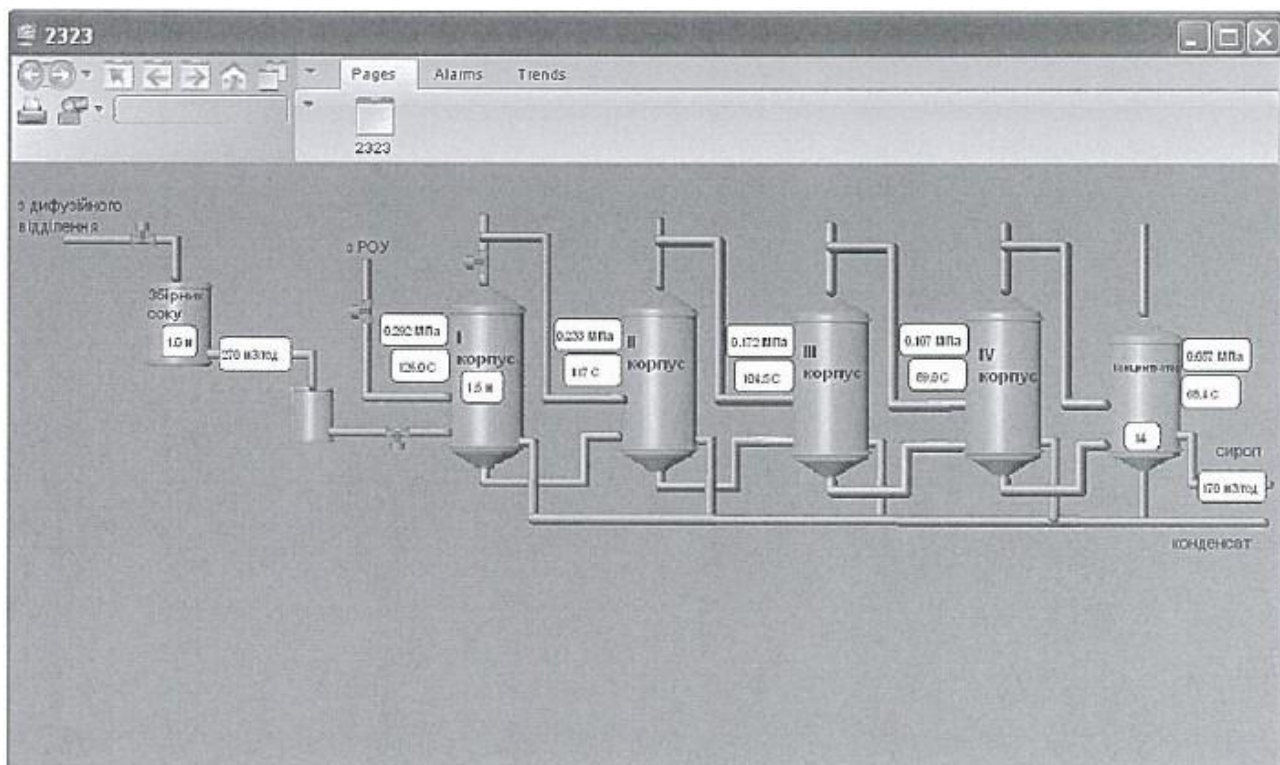


Рисунок 53. Основна дисплейна мнемосхема випарювання соку на ВС.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

Комп'ютерне моделювання технологічних змінних проведено в середовищі Matlab Simulink.

Технологічні об'єкти харчової промисловості з самовирівнюванням з невеликою похибкою можна апроксимувати **аперіодичною ланкою 1-го порядку з запізненням**:

$$W_o(s) = \frac{k_{об}}{Ts + 1} e^{-\tau s}.$$

де $k_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкта;

T – постійна часу об'єкта; τ – запізнення.

Це динамічні характеристики об'єкта.

В якості об'єкта управління було обрано три послідовно з'єднані аперіодичні ланки 1-го порядку та ланка запізнення (за каналом управління). Запізнення обрано несуттєве - 3с.

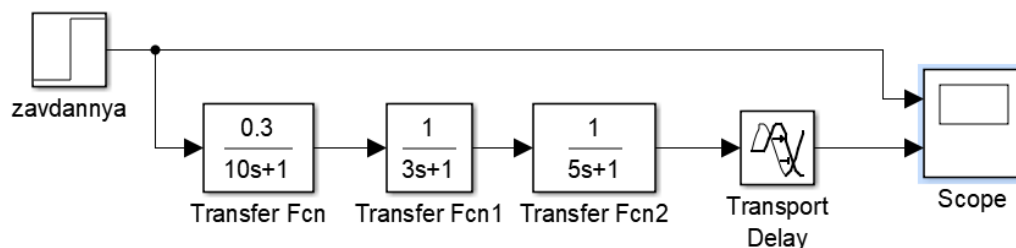


Рисунок 54. Структурна схема САР

Підключаємо ПІ-регулятор та обираємо оптимальні значення регулятора дослідним шляхом:

					Кваліфікаційна робота			
ЗМ	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Стаброник Є.М.			Розробка системи автоматизації 5-ти корпусної випарної установки	Літ	Арк.	Акрушів
Керівник		Клименко О.М.					81	7
Зав. каф.		Ельперін І.В.			НУХТ ЗАКІТ-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

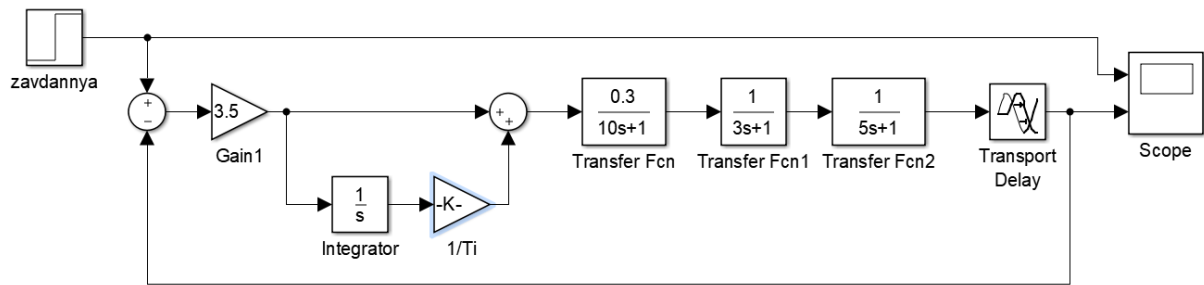


Рисунок 55. Структурна схема САР з ПІ-регулятором

Крива розгону для ПІ-регулятора з оптимально підібраними налаштуваннями (див рис. 56):

$$K_{\text{рег}} = 3,5; K_{\text{комп}} = \frac{1}{17,5}; \tau_{\text{зап}} = 3\text{с.}$$

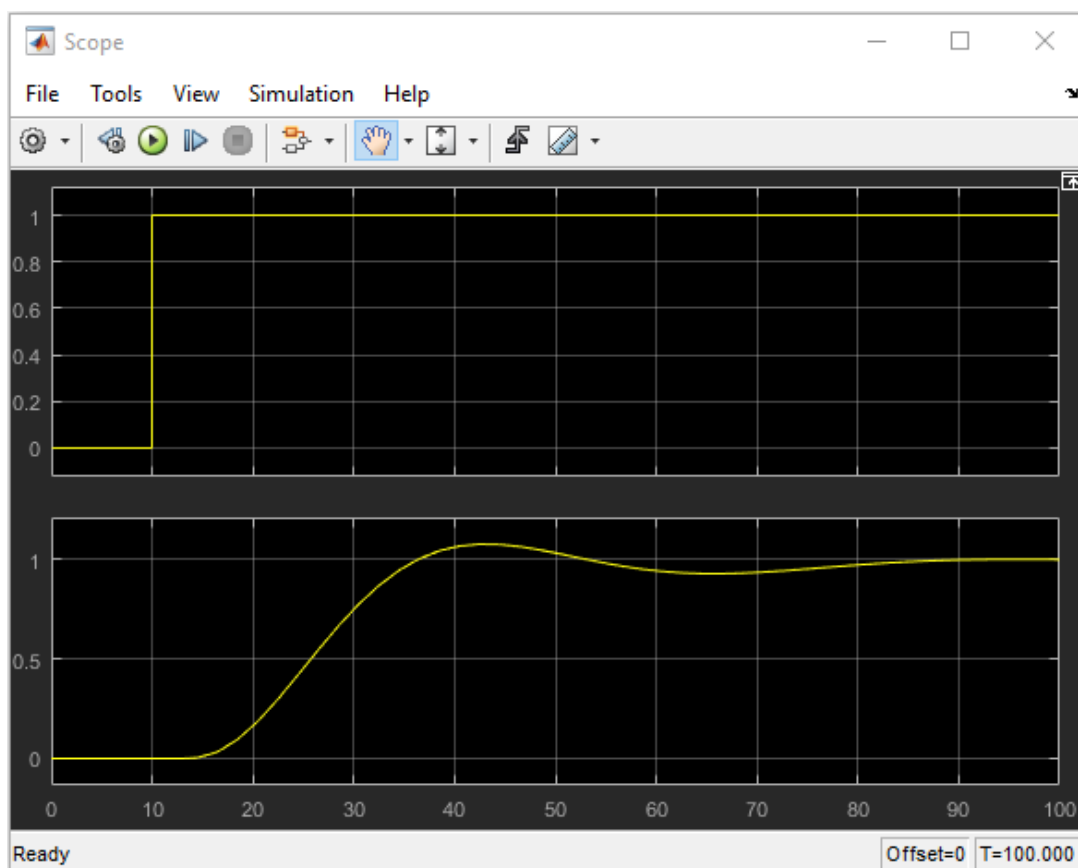


Рисунок 56. Крива розгону для САР з ПІ-регулятором.

Розрахуємо значення суттєвого запізнення (згідно попередньої кривої розгону), що становить приблизно 20% від загального запізнення 42,5с, тобто $(42,5-10)*0,2 = 6,5\text{с.}$

Для визначення критичного запізнювання в системі регулювання збільшуємо значення $\tau_{\text{зап}}$ поки система не втратить стійкість. Результати вносимо до Таблиці 1.1:

Для оцінки впливу динамічної похибки A_1 , коефіцієнта затування ψ та часу регулювання t_p від $\tau_{\text{зап}}$ проводимо декілька дослідів та вносимо дані до табл. 13.

Таблиця 13

№ дослідів	Значення $\tau_{\text{зап}}$	A_1	ψ	t_p
1	$\tau_{\text{зап}} < \tau_{\text{зап критич}}$	3	0,08	140
2	$\tau_{\text{зап}} < \tau_{\text{зап критич}}$	9	0,42	350
3	$\tau_{\text{зап}} = \tau_{\text{зап критич}}$	18,366	-0,01	40000
4	$\tau_{\text{зап}} > \tau_{\text{зап критич}}$	24	0,2	10000000

$$A_1 = 1,08 - 1 = 0,08; \psi = \frac{0,08 - 0,005}{0,08} = 0,94;$$

$$A_1 = 1,42 - 1 = 0,42; \psi = \frac{0,42 - 0,03}{0,42} = 0,93;$$

$$A_1 = 2 - 1 = 1; \psi = \frac{1 - 1,01}{1} = -0,01;$$

$$A_1 = 1,2 - 1 = 0,2; \psi = \frac{0,2 - 3,25}{0,2} = -15,25;$$

В перших 2-х випадках в системі протікає аперіодичний процес ($\psi \approx 1$), в останніх 2-х відбувається розбіжний перехідний процес ($\psi < 0$).

За табл. 13 будуюмо графіки залежностей $A_1(\tau_{\text{зап}})$, $\psi(\tau_{\text{зап}})$ та $t_p(\tau_{\text{зап}})$.

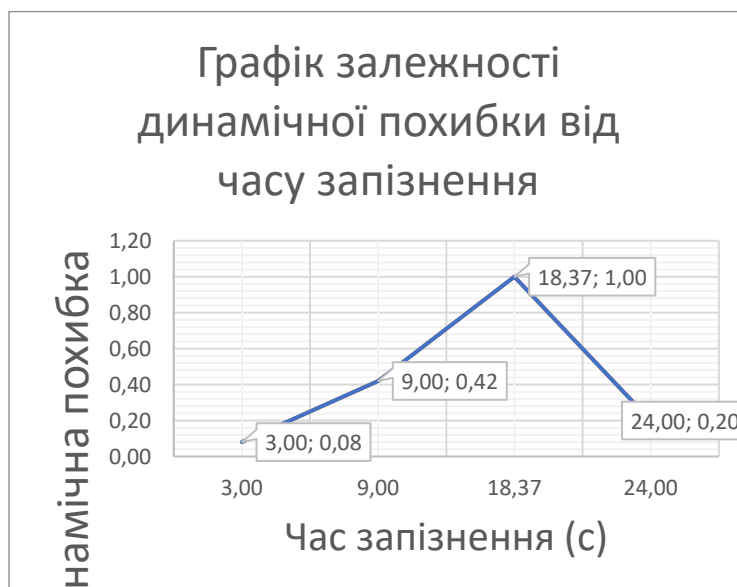


Рисунок 57. Залежність динамічної похибки від часу запізнення.

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

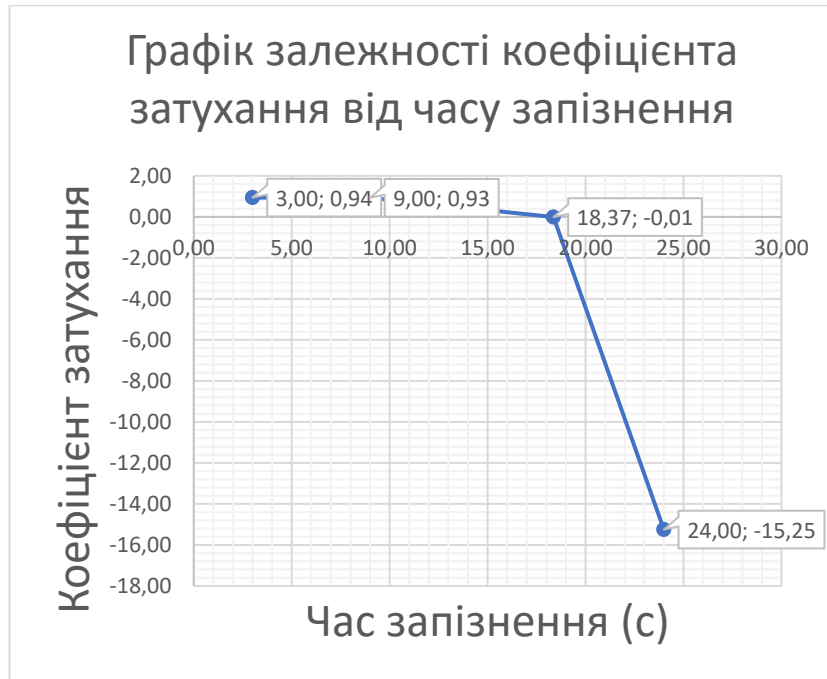


Рисунок 58. Залежність коефіцієнта затухання від часу запізнення.



Рисунок 59. Залежність часу регулювання від часу запізнення.

Доповнюємо САР прогнозатором Сміта та з допомогою блока MUX виводимо попарно графіки перехідних процесів на одній координатній сітці:

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

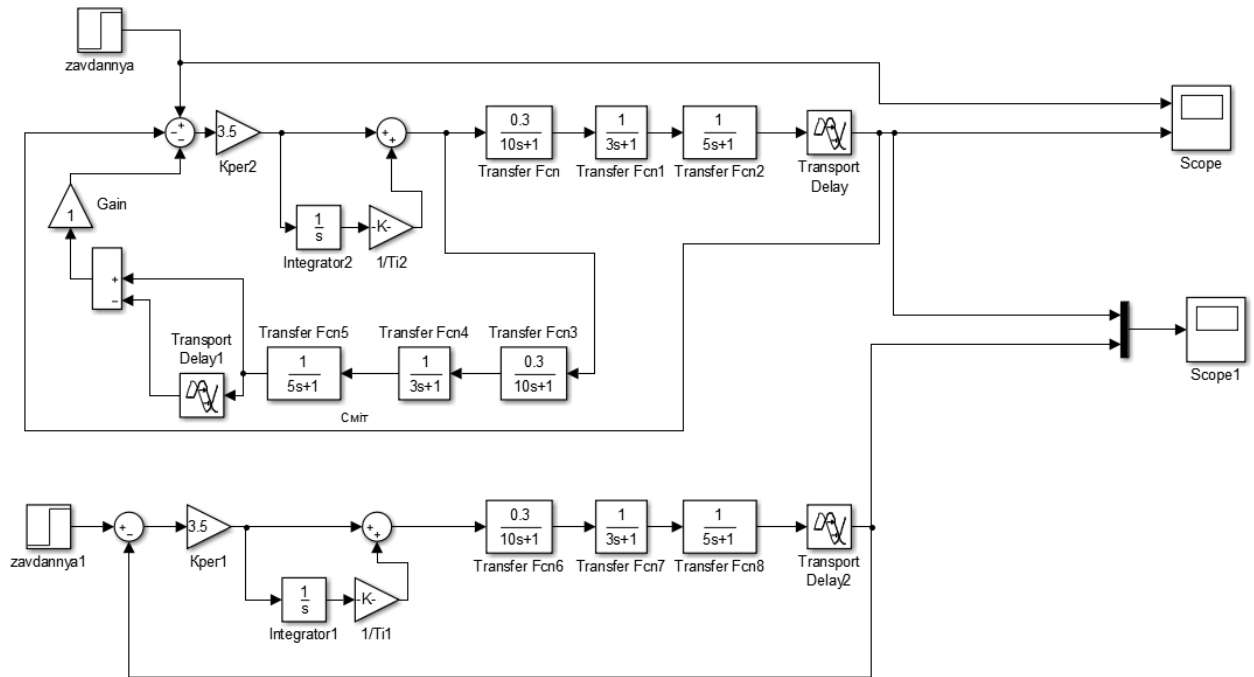


Рисунок 60. Структурна схема САР з прогнозатором Сміта.

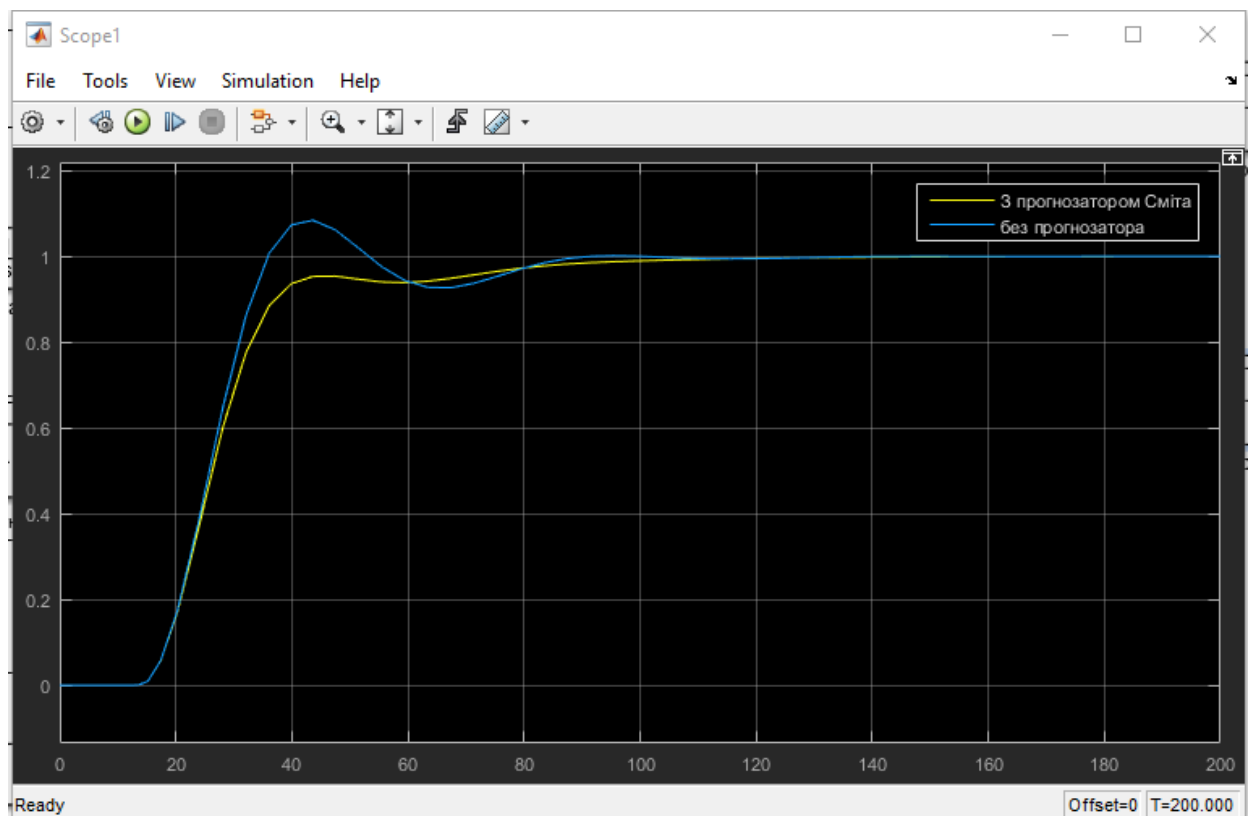


Рисунок 61. Графіки перехідних процесів при $\tau_{\text{зап}} < \tau_{\text{зап критич}}$; $\tau_{\text{зап}} = 3\text{с}$:

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

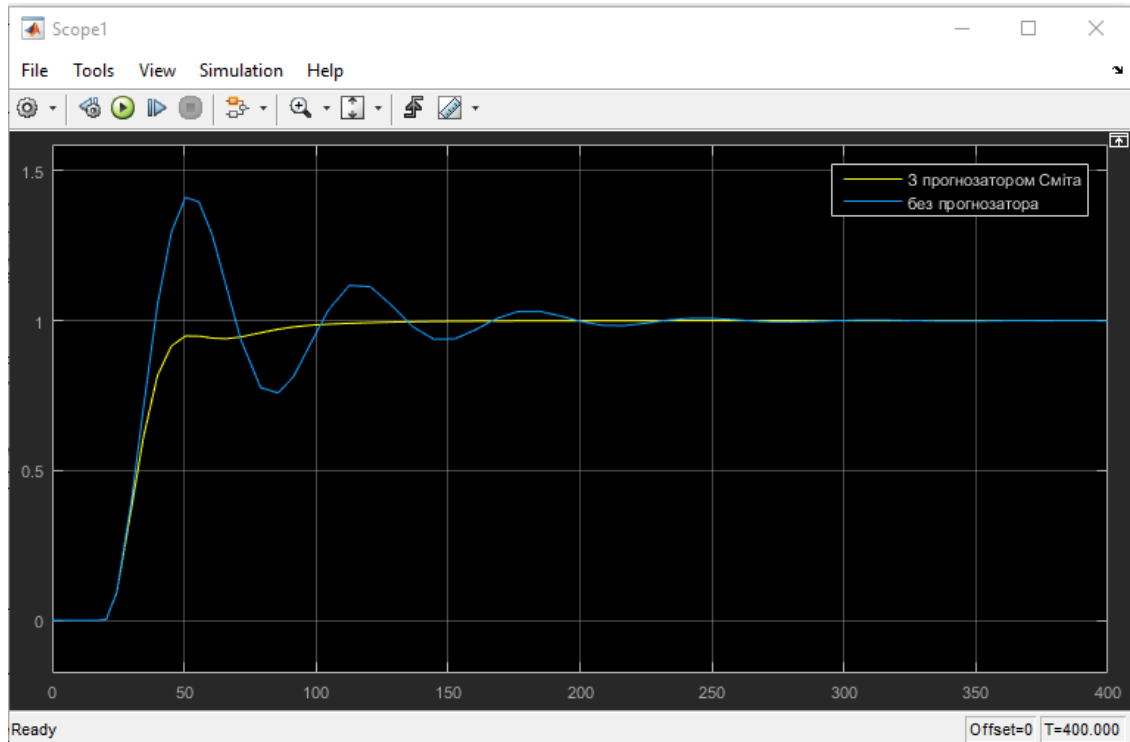


Рисунок 62. Графіки перехідних процесів при $\tau_{\text{зап}} < \tau_{\text{зап критич}}; \tau_{\text{зап}} = 9\text{с}$:

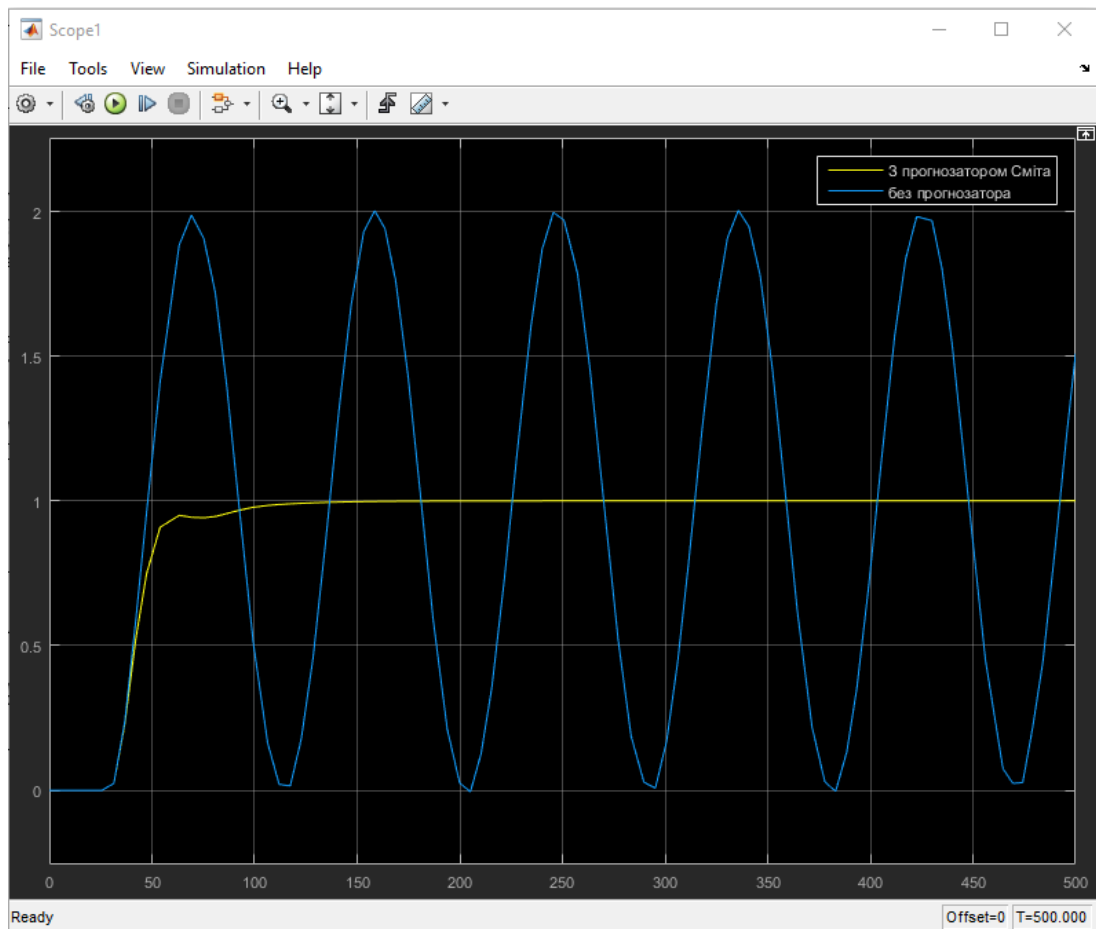


Рисунок 63. Графік перехідних процесів при $\tau_{\text{зап}} = \tau_{\text{зап критич}}; \tau_{\text{зап}} = 18,366\text{с}$:

Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Висновок:

Змодельовано САР на прикладі аперіодичної ланки 1-го порядку з допомогою підключення ПІ-регулятора та прогнозатора Сміта.

Як ми бачимо, САР з прогнозатором Сміта поводиться значно краще, ніж САР з ПІ-регулятором.

Зі збільшенням транспортного запізнення вихід на задане значення з прогнозатором відбувається швидше і з більш якісним перехідним процесом.

В САР без прогнозатора, лише з ПІ-регулятором зі збільшенням транспортного запізнення збільшується коливальність системи і процес виходить за межі стійкості, тобто система стає нестабільною.

Отже, дану САР можна розглядати як таку, що може застосовуватися на виробництві.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							87
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури.

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
2. Проектування систем автоматизації. Трегуб В.Г. Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. – 344с.
3. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro Навч. посібник./ Пупена О.М., Ельперін І.В., – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013.
4. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Навчальний. посібник / Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П – К.:, 2011. – 558с.
5. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2014. – 274с.
6. Промислові контролери. Навчальний. посібник / Ельперін І.В. – К.:НУХТ, 2003. – 320с.
7. Системний аналіз складних систем управління. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2013. – 274с.
8. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок. Навчальний. посібник / Левченко О.І., Сідлецький В.М. – К.:НУХТ, 2014. – 227с.
9. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Видавництво Аграрна освіта-К, 2001 – 224с.
10. Технология сахарного производства. – 2-е издание., исправленное и дополненное. Сапронов А.Р. – М.: Колос, 1999. – 495с.
11. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. – Серія навчально-методичних матеріалів. Штангеев К.О. – К.: ЮНІДО, 2015 – 67с.
12. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учебник для вузов / Благовещенская М.М., Злобин Л.А. – М.: – Высшая школа, 2005. – 768с.

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							88
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

13. «Сучасні системи автоматизації бурякоцукрового виробництва», Ладанюк А.П., Трегуб В.Г. – НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИИХ ТЕХНОЛОГІЙ:

https://www.zenodo.org/record/12824#.X_nob-gzaUk

14. Світовий ринок цукру:

<http://www.ukrsugar.com/uk/post/svitovij-rinok-cukru-torgovi-potoki-cukru-v-krainah-snd-so-zminilos-cogo-ocikuvati>

<http://ukrsugar.com/uk/post/pusk-cukrovih-zavodiv-20202021-mr-onovleno>

15. Вибір датчика температури:

<http://siemens.el-complex.com/index.php?tree=1000000&tree2=3009999&tree3=3000174&tree4=3000002&tree5=10021594&tree6=10021603>

16. Вибір датчика тиску:

<https://pribortrade.com.ua/metran-150-datchik-davleniya-novogo-pokoleniya/metran-150-ta/>

<http://promtehservise.com.ua/ru/Katalog/173/1043/>

17. Вибір датчика рівня:

https://www.magmas.com.ua/equipment/sensors/sensors_urov.php

<https://aplisens.com.ua/ru/prod/11>

https://aplisens.com.ua/data/pdfs/Konfigurator_AL.pdf

<https://www.aplisens.ru/catalog/differential/APR-2200/>

18. Вибір датчика густини:

https://www.magmas.com.ua/equipment/sensors/sensors_plot.php

19. Вибір датчика витрати:

<http://siemens.el-complex.com/index.php?tree=1000000&tree2=3009999&tree3=3000174&tree4=3000024&tree5=10000009&tree6=10020200&tree7=10020533>

http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/MAGFLO_S.pdf

20. Вибір блоку ручного управління:

						Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		89

http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=175&category_id=97&option=com_virtuemart&Itemid=71

21. Вибір пристрою плавного пуску асинхронного двигуна:

<https://cutt.ly/ikRAtjY>

22. Вибір електропневматичних клапанів:

<https://cutt.ly/hkRAsKr>

						Кваліфікаційна робота	Арк.
							90
Змн.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		