

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

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

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

\_\_\_\_\_ Андрій Форсюк  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» червня 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ярослав Смітюх  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» червня 2022 р.

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

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва  
зефіру

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

\_\_\_\_\_ Льченко Роман Петрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Романов Микола Сергійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Загоровська Лариса \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2022 р.

**Національний університет харчових технологій**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

« 31 » березня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Ільченко Роман Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру

керівник роботи доцент., к.т.н.. Романов Микола Сергійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 31 » березня 2022 р. №163-кв

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

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 31 березня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Ільченко Р.П.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Романов М.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу виробництва зефіру.

В проекті розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить : опис технологічного об'єкту управління, схема автоматизації, конфігураційна схема, принципові схеми управління і сигналізації.

Розроблене програмне забезпечення для частини схеми відділення, а саме приготування начинки для вафельних листів. Програма розроблена в програмному забезпеченні unitu PRO від Schneider Electric. Роботоспроможність програми було перевірено на реальному контролері.

В проекті докладно розглянуто варіанти технологічних рішень по реалізації системи автоматизації, а також зроблений аналіз існуючої та розробленої системи.

Проведено порівняльний аналіз перехідних процесів для різних значень параметрів регулятора.

В ході роботи зроблений економічний розрахунок ефективності впровадження системи автоматизації, а також приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

**Ключові слова:** зефір, автоматизація, M340.

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

## Abstract

This thesis project is dedicated to the development of systems of automation of the production process marshmallow.

The project developed documentation automation system, the composition of which includes: a description of the process object management scheme automation, configuration diagram and schematic diagrams of control systems.

The software for the circuit branch, namely the filling for waffles. The program is designed to unitu PRO software from Schneider Electric. Robotospromozhnist program was tested on a real controller.

The project detail the options for technological solutions of automation systems, as well as an analysis of the existing and the developed system.

The comparative analysis of transients for different values of the parameters of the regulator.

The work made economic calculation of efficiency of automation system implementation and assessment of shows automate the whole process.

**Keywords:** marshmallow, automation, M340.

## Зміст

Вступ.....	7
1.Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
2. Система автоматизації.....	16
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО....	16
2.2. Схема автоматизації.....	33
2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації.....	36
2.4.Проектне компонування мікропроцесорних контролерів.....	39
3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	55
3.1 Загальна схема підключення.....	55
3.2 Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	60
3.2.1 Схема автоматизації окремого контуру.....	60
3.2.2. Графічне зображення з'єднання між собою технічних засобів автоматизації.....	60
3.2.3 Принципова схема з'єднання між собою технічних засобів автоматизації.....	61
3.2.4 Опис схеми підключення.....	62
4. Креслення встановлення технічних засобів.....	67
5.Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорних контролерів (алгоритм та програма для ПЛК).....	70
6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	73
6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	73
6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	79
Висновки.....	83
Список використаних джерел.....	84

## Вступ

Автоматизація виробництва завжди була однією з основних Складових прискорення науково-технічного прогресу у виробничій сфер діяльності людини. У 70-80 роки вона набула нових рис у зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та ЕОМ, пов'язані між собою обчислювальними й керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними.

Також науково-технічний прогрес у науці та техніці значно посилив роль метрології як науки про вимірювання. Це пояснюється тим, що без випереджаючого розвитку метрології неможливий прогрес багатьох напрямків науки і техніки і передусім розробка нових сучасних засобів вимірювання та їх практичне використання. Одним із важливих завдань метрології як науки про вимірювання є забезпечення єдності вимірювань та достовірності їх результатів, оскільки останнім часом різко підвищувались вимоги до точності вимірювань, збільшилася кількість вимірюваних величин.

Значно зросли вимоги до вимірювань у харчовій промисловості, до контролю за показниками якості продукції, що випускається. Як правило, показники якості продукції є комплексними для їхнього визначення потрібні інформаційно-вимірювальні системи з елементами прогнозування та програмованого здійснення складних технологій харчових виробництв.

Управління будь-яким технологічним процесом або об'єктом у формі ручного або автоматичного керування можливо лише при наявності вимірювальної інформації про окремі параметри, які характеризують процес або стан об'єкту.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						7
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Технологічні виміри і вимірювальні прилади використовуються при керуванні багатьма технологічними процесами в різних сферах народного господарства.

В основі виміру параметрів та фізичних величин лежать різні фізичні явища та закономірності. Вимірювальні схеми будуються з використанням сучасних досягнень мікроелектронної техніки та інше.

Використання вимірювальних приладів — приборів, вимірювальних перетворювачів та інших технічних засобів — сприяє технічному прогресу, зростанню виробничої праці та підвищенню культури виробництва

Зефір — рід цукристих кондитерських виробів; отримують збиванням фруктово-ягідного пюре з цукром і яєчним білком, з наступним додаванням у цю суміш будь-якого з формотворчих (драглеутворюючих) наповнювачів: пектину, агарового сиропу, желатинової (мармеладної) маси.

Зефір з'явився ще за часів стародавнього Єгипту, де він був десертом на основі меду. Необхідну форму йому надавали за допомогою додавання в медову масу соку алтея аптечного. У ті часи зефіром дозволялося ласувати тільки знаті і фараонам. Ніхто інший не мав права навіть скуштувати цього десерту, бо це вважалося злочином. Бідним дітям з нижчих верств єгипетського суспільства того часу не залишалося нічого іншого, як задовольнитися медом і фігами.

Англійський варіант слова зефір - «marshmallow» походить саме від англійської назви рослини алтея аптечного «marsh mallow». Сік цієї рослини був незамінним у процедурі виготовлення ласощів до середини 19 століття. Тільки у сучасних рецептах місце алтея зайняв желатин.

# 1.Опис об'єкта автоматизації

## 1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

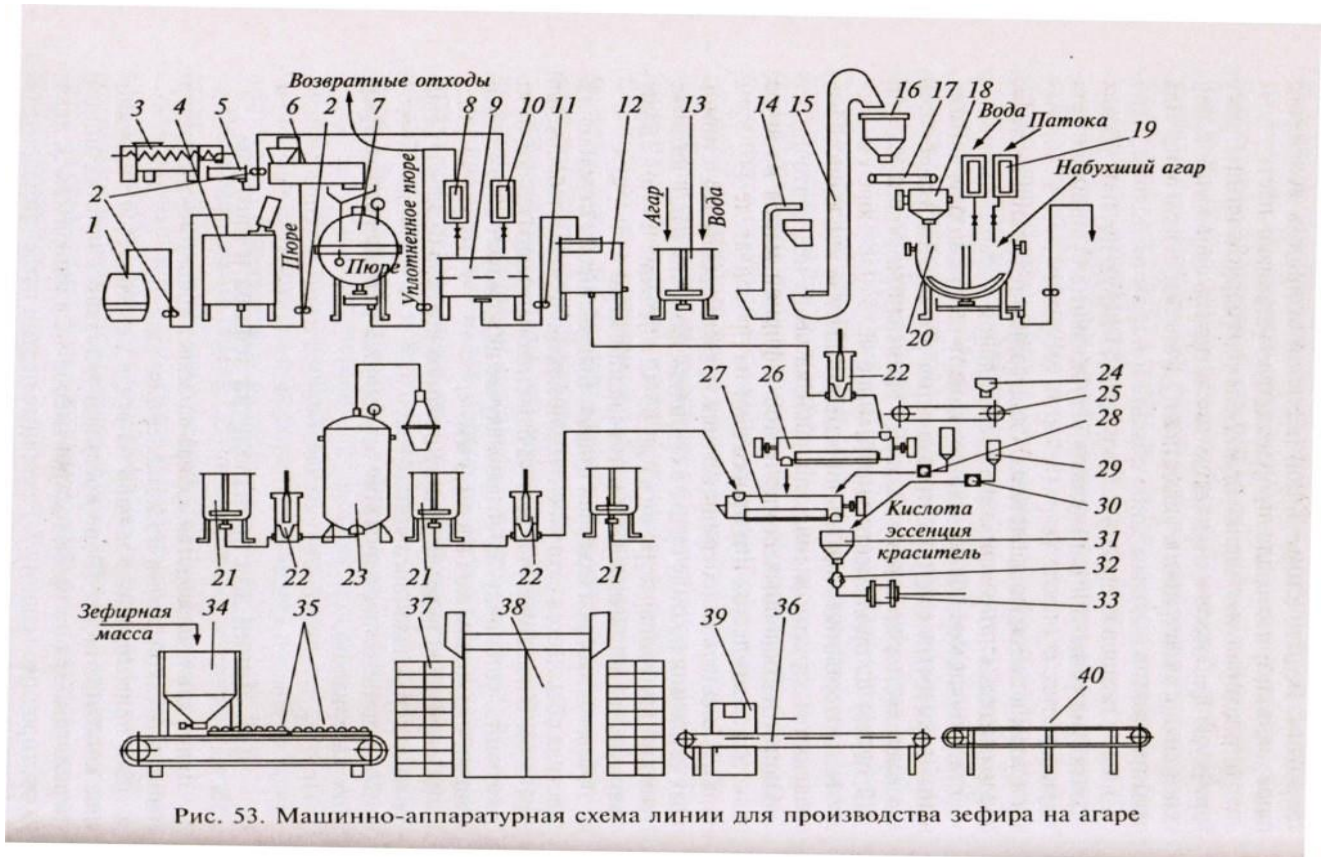


Рис. 53. Машинно-аппаратурная схема линии для производства зефира на агаре

Рис.1.1 Лінія для виробництва зефіру на агарі

Лінія для виробництва зефіру на агарі. Машинно-апаратурна схема такої лінії представлена на рис. 1.1. Для приготування зефіру на агарі використовується ущільнене яблучне пюре. Пюре надходить в бочках 1 або безтарно і перекачується на виробництво насосом 2 в опарювач 3, далі в протирочную машину 5. Різні партії пюре попередньо змішують у збірнику 4 для отримання стандартної купажною суміші. Склад її визначають у лабораторії з таким розрахунком, щоб у результаті змішування отримати пюре з необхідними вмістом сухих речовин, желуючий здатністю, кислотністю і кольором.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільченко Р.П.			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					9	7
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
Секретар		Проскурка С.С.						

Желируюча здатність яблучного пюре, використовуваного для виробництва мармеладо - пастильних виробів, повинна бути не менше 250 г по приладу. Суміш готують на 1-2 зміни.

Купажну суміш направляють на протирання через сита з отворами діаметром 1 мм і 0,7 мм на машинах протиральних 6.

Ущільнене яблучне пюре отримують у вакуумних апаратах 7 шляхом уварювання під вакуумом натурального яблучного пюре.

Параметри процесу уварювання пюре: розрідження в вакуум - апараті ( $66 \pm 7$ ) кПа; тиск грючої пари ( $0,35 \pm 0,05$ ) МПа; тривалість уварювання ( $25 \pm 5$ ) хв.

Уварене пюре подають на виробництво через дозатор об'ємний 10, поворотні відходи через дозатор об'ємний 8 в змішувач 9, а далі шестерінчастим насосом 11 в проміжну ємність 12.

У разі необхідності ущільнене яблучне пюре змішують з протертими зворотніми відходами. Отриману суміш направляють на приготування зефірної маси.

Одним з основних компонентів зефірної маси на агарі є цукор-пісок. Його просівають на просіювачі 14, потім норією 15 подають в збірник проміжний 16. далі за допомогою стрічкового конвеєра 17 цукор-пісок надходить в автоматичний ваговий дозатор 18. Агар порціями замочують у ванні 13 і вручну завантажують у котел 20. відважені порція цукру-піску з дозатора надходить в котел варильний з мішалкою 20.

Для приготування агаро - цукрово - патокового сиропу. Сюди ж дозаторами об'ємними 19 дозується вода і патока. Агаро - сахаропаточний сироп фільтрують і подають проміжну ємність 21, звідки плунжерним насосом 22 перекачують на уварювання.

Уварювання відбувається при тиску грючої пари ( $0,3 \pm 0,1$ ) МПа до вмісту сухих речовин ( $84,5 \pm 0,5$ )% безперервним способом змеєвиком варочном апараті 23 (наприклад, марки 33-А5).

Приготування зефірної маси здійснюється безперервним способом в агрегаті для збивання зефірних мас під тиском типу ШЗД (26-27).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						10
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

У воронку верхнього змішувача 26 плунжерним насосом-дозатором (наприклад, Ж7-ШДС) подається яблучне пюре з вмістом сухих речовин ( $24 \pm 1$ )%. Сюди ж одночасно з яблучним пюре стрічковим конвеєром 25 завантажуються цукор-пісок, який надходить на конвеєр через щілинний дозатор. У змішувачі 24 відбувається розчинення цукру-піску в яблучному пюре.

Отримана маса з перших змішувача надходить у другий, нижній змішувач 27, куди плунжерним насосом-дозатором подається агар-цукрово-патоковий сироп. У нижній змішувач, ближче до вихідного отвору, насосом-дозатором 28 (наприклад, марки ЯРК-3 тип А1) безперервно подається яечний білок. Компоненти рівномірно перемішуються, і суміш самопливом надходить в проміжну ємність 31, в яку безперервно з ємності 29 насосом 30 дозується емульсія з кислоти, есенції і барвника.

Готова рецептурна суміш температурою ( $54 \pm 1$ ) °С і вмістом сухих речовин ( $71 \pm 1$ )% шестерінчастим насосом 32 подається в сбівальній камеру 33. На шляху руху рецептурної суміші в сбівальній камеру в трубопровід подається стиснене повітря під тиском 0,4 МПа.

У сбівальній камері 33 при тиску ( $0,29 \pm 0,01$ ) МПа відбувається диспергування повітряних бульбашок і гомогенізація маси.

Із сбівальної камери готова зефірна маса по гнучкому шлангу надходить у бункер формуючої машини. Показника зефірної маси: вміст сухих речовин ( $71 \pm 1$ )%; щільність ( $425 \pm 25$ ) кг / м<sup>3</sup>.

Формование зефірної маси здійснюється на зефіроотсадочних машинах 34. Маса формується на дерев'яні лотки 35 (розміром 1400x400 мм), попередньо зачищені від залишків зефіру.

Лотки з відформованими половинками зефіру встановлюють вручну на візки 37 і перевозять до місця вистойки маси.

Після структуроутворення зефірної маси візка з лотками перевозять в камери 38.

Вміст сухих речовин в зефір після підсушування ( $79 \pm 2$ )%.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						11
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Лотки з половинками зефіру встановлюють на ланцюговий конвеєр 36, який підводить їх під механізм обсипання цукровою пудрою 39 на конвеєрі 40. Половинки зефіру склеюють вручну і направляють на укладку. На виробництві невеликої потужності обсипання половинок зефіру цукровою пудрою здійснюють вручну за допомогою сита з отворами діаметром не більше 1,2 мм.

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1 “Завдання на розробку системи автоматизації”

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Збірник яблучного пюре	Рівень в апараті	85 % ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пюре	
		Температура	18 С ± 3 С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
2	Вакуумний апарат	Температура	60 С ± 2С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
		Тиск	0,066 МПа	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на насос відкачки повітря	
3	Збірник яблучного пюре	Рівень в апараті	85 % ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
4	Збірник цукру піску	Рівень в апараті	85 % ± 2%	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
5	Котел	Витрата цукр-піску	300 кг/год.	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун подачі цукру-піску	
		Витрата води	200 л/год.	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі води	
		Витрата патоки	500 л/год.	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі агару	
		Витрата агару	120 л/год.	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі патоки	
		Температура	65 С ± 5 С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
		Вміст сухих речовин	84 % ± 5 С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
		6		Витрата води	250 л/год.	Контроль	Відображення



№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
9	Агрегат 1 для збивання зефірних мас	Вміст сухих речовин	71 % ± 5 %	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
		Температура	50 С ± 5 С	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора Щит управління АРМ оператора	
			± 2%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	

## 2. Система автоматизації

### 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО

#### Температура

В промисловій термометрії використовується 2 основних методи вимірювання температури:

- контактний, який реалізується первинним вимірювальним перетворювачем, який знаходиться в безпосередньому контакті з вимірювальним середовищем;

-та безконтактний, який реалізується в пірометрах, а температура визначається по тепловим електромагнітним випромінюванням нагрітих тіл.

У відповідності з основними методами вимірювання температури термометри класифікують наступним чином:

- контактні на:

1) термометри розширення: рідинні скляні (діапазон вимірювання від -200 до +600°C) та дилатометричні і біметалеві (від -150 до +700 °C). Принцип їхньої дії базується на зміні об'єму рідини чи лінійних розмірів твердих тіл при зміні температури;

2) манометричні термометри: (-200...+1000 °C) – в термометрах використовується зміна тиску газу, рідини чи пари в замкнутому об'ємі при зміні температури;

3) термометри опору, які використовують залежність електричного опору провідників та напівпровідників від температури і які поділяються на:

а) металеві ( від -260 до +1100 °C) та б) напівпровідникові (-275...+600°C);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Ільченко Р.П.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					16	39
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секретар		Проскурка Є.С.						

4) термоелектричні термометри (термопари), які використовуються в діапазоні температур (-200...+2200 °С), а принци дії ґрунтується на зміні термоелектрорушійної сили (ТЕРС) в ланцюгу при нагріванні спаю двох різнорідних металів.

Безконтактні (пірометри) на:

- а) квазімонохроматичні (700...10000° С);
- б) спектрального відношення (300...2800 °С);
- в) повного випромінювання (-50...3500 °С).

Принцип дії пірометрів базується на використуванні яскравості горіння чи сумарного теплового випромінювання при нагріванні тіла.

Вибір того чи іншого методу та ЗВ для вимірювання температури залежить від багатьох факторів, основними із яких є: а) межі випромінювання температури; б) точність випромінювання; в) склад і властивості вимірювального середовища.

Аналіз методів на предмет можливості його використання в  
проекті

Розглянемо детальніше кожен із методів вимірювання та оберемо найоптимальніший для даного випадку.

Склянні рідинні термометри

Рідинні скляні термометри – вимірювання температури ґрунтується на різниці коефіцієнтів об'ємного розширення матеріалу оболонки корпусу термометра та рідини, яка в ньому міститься (розміщена) в залежності від температури.

Переваги скляних рідинних термометрів: простота конструкції, невисока вартість, достатня точність. Недоліки: відсутність дистанційної передачі та реєстрації показів, значна теплова інерційність, незручність зняття показів і невисока механічна міцність, що обмежує їх використання в технологічних вимірюваннях.

Висновок: відсутність дистанційної передачі робить неможливим регулювання температури в певних ділянках, адже вихідний сигнал в 4-20 мА

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						17
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

необхідний для подальшої обробки на локальних регуляторах. Даний метод вимірювання не може бути використаний.

### Манометричні термометри

Принцип дії манометричних термометрів ґрунтується на механічному переміщенні пружкого чутливого елемента в замкненій герметичній системі від зміни або тиску газу, або зміни об'єму рідини, або зміни тиску насиченої пари в залежності від вимірюваної температури.

Манометричні термометри відрізняються простотою конструкції, можливістю дистанційної передачі показів і автоматичного запису. Однією з важливих переваг є можливість їх використання в пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях. До недоліків необхідно віднести складність ремонту при розгерметизації системи, обмежену відстань дистанційної передачі і у багатьох випадках великі розміри термобалона. Газові і рідинні манометричні термометри мають клас точності 1; 1,5 і 2,5, а парові – 1,5; 2,5 і 4.

Висновок: манометричні термометри мають низький клас точності, їх монтаж на трубопроводах та апаратах досить складний. Ймовірність розгерметизації газового балона під час експлуатації досить висока. Даний метод вимірювання не може бути використаний.

### Термоелектричні термометри

Принцип дії термоелектричних термометрів (термопар) ґрунтується на ефекті виникнення електрорушійної сили (ЕРС) в замкнутому ланцюгу, який складається із різнорідних провідників.

Переваги термопар: висока точність вимірювання значень температури (аж до  $\pm 0,01$  °С), великий температурний діапазон виміру: від  $-250$  °С до  $2500$  °С, простота, дешевизна, надійність.

Недоліки:

- Для отримання високої точності вимірювання температури ( до  $\pm 0,01$  °С) потрібна індивідуальна градуювання термопари.
- На показання впливає температура вільних кінців , на яку необхідно вносити поправку. У сучасних конструкціях вимірювачів на основі термопар

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						18
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

використовується вимірювання температури блоку холодних спаїв за допомогою вбудованого термистора або напівпровідникового сенсора і автоматичне введення поправки до вимірної ТЕДС .

- Ефект Пельтьє ( в момент зняття показань, необхідно виключити протікання струму через термопару , так як струм, що протікає через неї, охолоджує гарячий спай і розігріває холодний) .

- Залежність ТЕРС від температури істотно нелінійна. Це створює труднощі при розробці вторинних перетворювачів сигналу.

- Виникнення термоелектричної неоднорідності в результаті різких перепадів температур , механічних напружень , корозії і хімічних процесів в провідниках призводить до зміни градуовальної характеристики і погрешностей до 5 К.

- На великій довжині термопарних і подовжувальних проводів може виникати ефект «антени» для існуючих електромагнітних полів.

Висновок: діапазон вимірювання занадто великий (до 2000 ° С), можуть виникати похибки вимірювані при великій довжині термопарних і подовжувальних проводів.

Даний метод вимірювання може бути використаний як альтернатива наступному.

### Термометри опору

Принцип дії термометрів опору ґрунтується на властивості провідників (металів) та напівпровідників змінювати свій електричний опір **R** в залежності від зміни їхньої температури *t*.

Переваги:

- Висока точність вимірювань (зазвичай біля ±0,1 °С)
- Висока надійність при використанні 4-х провідної схеми вимірювань
- Простота конструкції
- Прстота монтажу

Недоліки:

- Низький діапазон вимірювань (в порівнянні з **термопарами**)

- Не можуть вимірювати високих температур

Висновок: Висока точність, простота в конструкції, стійкість до агресивних середовищ є визначальними факторами у виборі вимірювального перетворювача. В даному курсовому проекті термометри опору є найбільш оптимальними засобами для вимірювання температури.

Вибір ПВП (первинного вимірювального перетворювача) та ВП (вторинного приладу). Принцип дії ПВП.

Останнім часом виготовляються мідні термометри типу ТСМУ з нормувальними перетворювачами, розміщеними у їхніх головках, а також аналогічні платинові ТСПУ, з уніфікованими вихідними сигналами (4-20 мА). Це, так звані, інтелектуальні датчики.

До таких інтелектуальних датчиків останнього покоління відноситься вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2.



Конфігуруємий SITRANS TF2 (рис.1) - це компактний вимірювальний перетворювач температури з цифровим дисплеєм та термометром опору Pt100. Призначення приладу - індикація та контроль температури, що вимірюється на технологічній лінії за місцем, а також дистанційна передача сигналу вимірювальної інформації на відстань.

Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 об'єднує три компоненти в одному приладі:

- термометр опору Pt100 в захистній трубці із нержавіючої сталі;

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

- корпус із нержавіючої сталі з високим класом захисту;
- вбудований та конфігуруємий за допомогою трьох клавіш мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з рідинно-кришталевим дисплеєм (РКД).

Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від  $-50\dots+200^{\circ}\text{C}$ .

Вихід: уніфікований сигнал  $4\dots 20\text{ mA}$  по дротам живлення.

Абсолютна похибка при температурі навколишнього середовища в межах  $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  складає:  $< \pm(0,45^{\circ}\text{C} + 0,2\%$  від верхньої межі налаштованого діапазону.

### Рівень

Прилади рівня поділяються на дві основні групи: рівнеміри — для одержання безперервної інформації про положені рівня у резервуарі у будь-який момент часу; та сигналізатори рівня — для одержання інформації ( дискретного сигналу) про досягнення рівнем деяких фіксованих значень. Часто рівнеміри мають сигнальні пристрої та виконують функції сигналізаторів.

Промисловість випускає широку номенклатуру приладів рівня і їх в залежності від призначення і конструкції класифікуються наступним:

-за видом контролюваного матеріалу: а) прилади рівня для рідини; б) прилади рівня для сипких матеріалів;

-за принципом дії: 1) вказівні стекла (реалізують закон з'єднаних посудин); 2) поплавкові та буйкові; 3) гідростатичні; 4) ємнісні; 5) акустичні (ультразвукові); 6) індуктивні; 7) радарні та мікрохвильові; 8) радіоактивні; 9) електроконтактні;

-за способом відліку: а) з безпосереднім відліком; б) з електричною передачею показів; в) з пневматичною передачею показів;

-за типом ємності: а) для відкритих та для закритих ємностей під тиском.

Аналіз методів на предмет можливості його використання в проекті

#### Поплавкові та буйкові рівнеміри

Поплавковим називається рівнемір, принцип роботи якого ґрунтується на залежності положення чутливого елемента — поплавка від рівня рідини, в якій

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						21
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

він знаходиться. Поплавок плаває на поверхні рідини і відслідковує її рівень. Деяке занурення поплавка у вимірювану рідину за її незмінної густини є незмінним. Рівень визначається за положенням покажчика, з'єданого з поплавком гнучким (стрічка, трос) або жорстким механічним зв'язком.

Буйковими називаються рівнеміри, принцип роботи яких ґрунтується на законі Архімеда: залежності виштовхувальної сили, яка діє на чутливий елемент — буйок, від рівня рідини (див. розділ - густиноміри).

Недоліком поплавкових рівнемірів і регуляторів рівня є велика металоємність, недостатня надійність та точність. Коливання значення густини рідини викликає додаткову похибку вимірювань. Для її зменшення слід зменшити занурення поплавка, що досягається або збільшенням площі перерізу або полегшенням поплавка.

Переваги поплавкових рівнемірів: простота конструкції; широкий діапазон вимірювань; досить висока точність та можливість вимірювання агресивних та в'язких середовищ. Найчастіше використовуються для вимірювання рівня рідин у великих відкритих резервуарах, а також закритих з низьким тиском.

Висновок: поплавкові й буйкові рівнеміри, наприклад, не можуть використовуватися для контролю рідин, які швидко кристалізуються, липких і грузлих продуктів. Затор є грузлим продуктом, тому використання буйкових рівнемірів неможливе.

### ЄМНІСНІ РІВНЕМІРИ

У ємнісних рівнемірах використовуються діелектричні властивості рідин. Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) ємнісного рівнеміра (рис. 6.4) являє собою електричний конденсатор, який перетворює зміну рівня рідини на пропорційне змінювання ємності. ПВП являє собою електрод або електроди (циліндричні або у вигляді пластин), що опускаються у вимірюване за рівнем середовище.

Принцип ємнісних ПВП ґрунтується на різниці між діелектричною проникністю рідини та повітря і відповідно на залежності електричної ємності

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						22
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

датчика від зміни рівня рідини або сипкого матеріалу постійної вологості. Для кожного значення рівня, ємність датчика визначається як ємність двох паралельно з'єднаних конденсаторів, один з яких утворюється частиною електродів перетворювача і рідиною, рівень якої вимірюється, а другий — іншою частиною електродів перетворювача і повітрям або паром рідини.

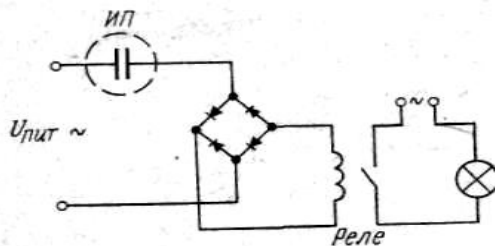


Рис.2.2. Принципова електрична схема

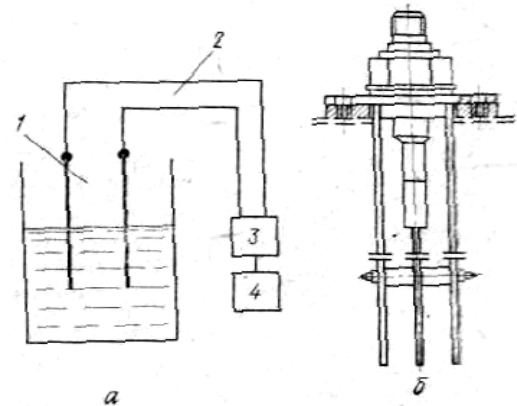


Рис. 2.3. Структурна схема (а) і вимірювальний

Ємнісний рівнемір (рис.2.2) складається з ПВП 1, що опускається у вимірюване середовище, проводів 2 з'єднання, вимірювального блоку 3 і показуючого або самописного приладу 4.

Ємність перетворювача, що має постійну по висоті форму електродів ( $\Phi$ ):

$$C = \epsilon G_0 h + \epsilon_0 G_0 (l-h) = [(\epsilon_r - 1) h + 1] \epsilon_0 G_0, \quad (6.4)$$

де  $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$  — абсолютна діелектрична проникність матеріалу, Ф/м;  $G_0$  — стала провідності системи електродів, яка залежить від їхньої геометрії;  $h$  — глибина занурення електрода в матеріал, м;  $l$  — повна довжина електродів, м.

Для неелектропровідних матеріалів застосовуються неізольовані електроди у вигляді стержня, двох коаксіальних циліндрів або паралельних пластин. Для електропровідних матеріалів електроди покриваються шаром ізоляції, частіше всього фторопластом. Електроди включаються в мостову схему або коливальний контур генератора високої частоти. Зміна рівня вимірюваного

середовища приводить до зміни ємності у міжелектродному просторі датчика, що для пластинчатого перетворювача викликає зміну його ємності за формулою:

$$C_{II} = [0,088b/a] [\epsilon_{ж}h + \epsilon_{cp} (H - h)], \quad (6.5)$$

де **b** - ширина пластини перетворювача, м; **a** — відстань, між пластинами, м;  $\epsilon_{ж}$  -діелектрична проникність рідини; **h** — вимірювана висота рівня, м;  $\epsilon_{cp}$  — діелектрична проникність середовища (для повітря  $\epsilon_{в}=1$ ); **H** — висота (довжина) пластин, м.

Ємнісні сигналізатори рівня по конструкції, простіші ємнісних рівнемірів і являють собою ємнісні реле, що спрацьовують при підході рівня середовища до електрода (або при його зануренні в середовище).

### Тиск

По принципу дії манометри можуть бути розділені на дві великі групи.

Першу утворюють прилади, в яких сили, що утворюються вимірюваним тиском, зрівноважуються відомими силами (силою ваги або пружною силою деформації). До цієї групи входять: рідинні, деформаційні та вагові манометри.

Рідинні манометри засновані на гідростатичному принципі, коли вимірює мий тиск зрівноважується гідростатичним тиском стовпа манометричної рідини.

До них належать:

- а) двохтрубний (U - подібний) манометр або вакуумметр;
- б) однострубний(чашковий) манометр з постійним або змінним кутом нахилу;
- в) ртутний барометр(чашковий або сильфонний);
- г) компенсаційний манометр;
- д) укорочений рідинний манометр;
- е) багатотрубний манометр;
- ж) компресійний манометр.

Деформаційні (пружинні) манометри, в яких вимірює мий тиск або різниця тисків визначаються по деформації пружкого чутливого елемента, в якості яких використовують:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						24
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

а) трубчасті пружини різної конфігурації: одно- та багато виткові; S-подібні гвинтові;

б) мембрани: плоскі та з гофрами (трапецієдальними, синусоїдальними та крайовими); мембранні коробки; батареї мембранних коробок; сильфони (гармонікові мембрани).

Вагопоршньові манометри. В них тиск або різниця тисків зрівноважується тиском, який утворюється в циліндрі мірними вагами (гирями) та вагою не ущільненого поршню. Такі манометри діляться на види: - з простим поршнем; - з диференційними поршнями; - із зрівноваженими поршнями ; - з поршневим мультиплікатором тиску.

Другу групу утворюють прилади, тиск в яких вимірюється по зміні іншої фізичної властивості тіла під дією сил тиску. Групу складають манометри: електричні та спеціального призначення.

Принцип дії електричних манометрів, що отримують найбільше розповсюдження за останнім часом, ґрунтується на залежності зміни електричних параметрів манометричного перетворювача від вимірюємого тиску.

До них відносяться:

Манометри опору, принцип дії яких ґрунтується на зміні опору чутливого елемента під дією зовнішнього тиску.

Манометри з тензоперетворювачами – принцип дії ґрунтується теж на зміні електричного опору чутливого елемента, виготовленого із тензочутливого матеріалу (константану, або сплавів нікеля і міді чи нікелю і хрому), але за його деформації вимірюваним тиском.

П'єзоелектричні (п'єзокварцеві) манометри – принцип дії ґрунтується на властивості деяких кристалічних речовин утворювати електричні заряди під дією зусилля, що прикладене до них.

Ємнісні манометри – ґрунтуються на зміні ємності плоского конденсатору за зміни відстані між його обкладинками під дією тиску.

До манометрів спеціального призначення відносяться:

Теплові манометри - в них мірою розрідження є зменшення теплопровідності розрідженого газу.

Оптичні манометри – ґрунтуються на зміні показника заломлення світла в газі із зміною тиску.

Акустичні манометри – використовують зміну густини газу із зміною тиску і зв'язану з цим зміну резонансної частоти заповненого газом коліна скороченого рідинного манометру, який є акустичним резонатором.

Іонізаційні вакуумметри – ґрунтуються на залежності іонного струму спеціальної манометричної лампи, під'єднаної до вимірюваного за тиском газового середовища та вторинного вимірювального приладу, від тиску в цьому середовищі. Перераховані групи не вичерпують повністю все різномаяття принципів дії, які використовуються в приладах вимірювання тиску.

Обираємо п'єзоелектричний манометр.

Принцип дії тензометричних перетворювачів ґрунтується на, так званому, тензоефекті - зміні їхнього активного опору провідника за пружних деформацій. Самий поширений варіант використання тензоефекту - це розтягування дроту або стрічки з тензочутливого матеріалу. Такі перетворювачі використовують

для вимірювання невеликих переміщень, деформацій, або інших механічних величин, що пов'язані з деформаціями.

Як матеріали для тензоперетворювачів використовуються константан, сплави міді й нікелю, нікелю й хрому. Поряд з металевими тензоперетворювачами дедалі ширше застосовуються напівпровідникові, які відзначаються значно вищою чутливістю, меншими габаритами і масою.

В даному курсовому проекті був обраний манометр Sitrans P ZD, в якому в якості чутливого елемента встановлений тензоперетворювач.

Переваги:

висока точність вимірювання;

надійність конструкції;

стійкість до агресивних середовищ;

Висновки: саме вище перечислені плюси рівнеміра і стали вирішальними при виборі методу вимірювання.

Недоліки: відносна дороговизна.

Вибір технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО для систем автоматичного контролю, регулювання, управління повинно робитися в першу чергу. Задачу вибору приладів вирішують шляхом переходу від загальних питань до часткових. На першому етапі вибирають комплекс технічних засобів для всієї системи, потім вимірювальні комплекти для окремих параметрів.

Температуру вимірюємо *термометрами опору*. Вимірювання температури термометрами опору відноситься до контактних методів і ґрунтується на властивості провідників (металів) та напівпровідників змінювати свій електричний опір  $R$  в залежності від зміни їхньої температури  $t$ . Така властивість металів характеризується температурним коефіцієнтом  $\alpha$  опору (ТКО), який визначається як відношення приросту опору провідника, що виготовлений із цього металу, до приросту температури, що привела до його нагрівання і змінила його електричний опір, та опору провідника  $R$ . В загальному вигляді ТКО при

малих приростах температури визначається залежністю:  $\alpha = \frac{dR}{Rdt} \left( \frac{1}{^\circ C} \right)$ .

Рівень в установці вимірюється *гідростатичним рівнеміром*. Принцип дії гідростатичних рівнемірів заснований на вимірюванні тиску, створюваного стовпом рідини в контрольованому об'єкті. Знаючи щільність рідини, можна визначити її рівень за показаннями монometру, встановленого в нижній частині резервуара:

$$H = P / \rho g;$$

де  $P$  - тиск стовпа рідини;  $\rho$  - щільність рідини.

При вимірюванні рівня у відкритих резервуарах мінусове з'єднання вимірювальної комірки залишається відкритим (вимірювання "щодо атмосферного"). При вимірюванні в закритих резервуарах це з'єднання для компенсації статичного тиску повинно бути пов'язане з резервуаром. Частини,

дотичні з вимірюваною речовиною, виготовляються з необхідним захистом від корозії.

Тиск вимірюється за допомогою *перетворювача тиску*, принцип дії якого заснований на впливі вимірюваного тиску (різниці тиску) на мембрани вимірювального блоку, що викликає деформацію пружного чутливого елемента і зміна опору тензорезисторів тензоперетворювача. Ця зміна перетворюється в електричний сигнал, яка передається від тензоперетворювача з вимірювального блоку в електронний перетворювач, і далі у вигляді стандартного струмового уніфікованого сигналу.

Витрата соку вимірюється за допомогою *електромагнітного витратоміра*. Основою принципу вимірювання даного приладу є закон електромагнітної індукції Фарадея. Згідно з ним у провіднику, що рухається в магнітному полі, виникає індуктивна напруга. У магнітно-індуктивному принципі вимірювання рухомому провіднику відповідає поточне струмопровідне середовище. Завдяки двом вертикально розташованим котушкам збудження створюється постійне магнітне поле. Горизонтально по відношенню до цього поля за допомогою двох електродів з нержавіючої сталі знімається індуктивна напруга. Ця напруга прямо пропорційно швидкості потоку середовища. На підставі відомого умовного проходу трубопроводу вона перераховується в об'ємну витрату. Отримані результати вимірювань передаються в якості уніфікованого сигналу.

### Витрата

За принципом дії витратоміри поділяють на витратоміри сипких матеріалів та рідин і газів. Останні в свою чергу ділять на:

- лічильники рідин та газів;
- витратоміри змінного та постійного перепаду тиску;
- індукційні витратоміри;
- витратоміри змінного рівня (щілинні).

Для вимірювання об'єму або маси речовини застосовуються також лічильники кількості. Для вимірювання маси твердих та сипких матеріалів

застосовуються вагові лічильники; дозування сипких та рідинних речовин проводиться об'ємними та ваговими дозаторами.

Аналіз методів на предмет можливості його використання в  
проекті  
Тахометричні лічильники

За принципом дії тахометричні лічильники рідин і газів поділяються на швидкісні та об'ємні. У швидкісних приладах рідина, яка проходить через камеру, обертає вертушку, кутова швидкість якої пропорційна швидкості потоку. Такі прилади використовуються як лічильники гарячої та холодної води.

Переваги:

- простота конструкції;
- можливість вимірювання витрати рідин, що містять механічні домішки.

Недоліки:

- збільшення амплітуди коливань рухомого елемента і як наслідок удари об стінки вимірювальної камери;
- складнощі із забезпеченням надійності перетворювача частоти обертання рухомого елемента в частотний вихідний сигнал.

Висновки: середовище функціонування витратоміра є агресивним (висока температура), а тахометричні лічильники в основному використовуються для вимірювання витрати води та неагресивних рідин. Даний метод вимірювання не може бути використаний.

Витратоміри змінного та постійного перепаду тиску

Первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) витрати змінного та постійного перепаду тиску відносяться до дросельних перетворювачів, тобто, перетворювачів, які дещо звужують основний потік рідини або газу в трубопроводі. Принцип дії таких перетворювачів ґрунтується на законі стаціонарного руху ідеальної рідини Данила Бернуллі: «Якщо зменшити поперечний переріз труби, то швидкість руху рідини або газу в цьому місці

зростає, а тиск зменшується», тобто, виникає різниця тисків ( $\Delta p$ ) в речовині в місцях до звуження та відразу після звуження.

*Переваги:*

- простота конструкції і надійність у роботі;
- широкий діапазон вимірювання.

*Недоліки:*

- необхідність вертикального розташування;
- висота підняття поплавця-індикатора залежить від густини та в'язкості середовища;
- необхідність візуального зчитування показів, що ускладнює використання такої конструкції в засобах автоматизації;
- оптичне зчитування можливе лише для прозорих рідин.

Висновок: складність монтажу, в'язкість рідини суттєво впливає на точність вимірювання. Даний метод вимірювання не може бути використаний.

### Індукційні витратоміри

Принцип дії всіх магніто-індукційних витратомірів ґрунтується на явищі, яке описується законом електромагнітної індукції Фарадея. Суть явища електромагнітної індукції і закону Фарадея полягає в тому, що під час переміщення будь-якого провідника у магнітному полі на його кінцях виникає індукована електрорушійна сила  $U_m$ , яка пропорційна довжині  $L$  провідника, швидкості переміщення  $V$ , магнітній індукції  $B$  та синусу кута  $\alpha$  між магнітною індукцією та напрямком швидкості:

$$U_m = B V L \sin \alpha$$

*Переваги:*

- температура, тиск, в'язкість та густина рідини не впливають на результати вимірювань.
- витратомір здійснює вимірювання витрати агресивних та частково абразивних середовищ за умови правильного вибору матеріалу внутрішньої труби та електродів.

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

- тверді частинки, що попадають у вимірювальний перетворювач одночасно з вимірюваним середовищем (рідиною), як правило не впливають на результати вимірювань.

- максимальна похибка вимірювання для складає - 0,25% .

Висновок: Висока точність вимірювання, неприхотливість до середовища, легкість монтажу робить цей метод вимірювання найбільш прийнятним для даної ділянки технологічного процесу..

Вибір ПВП (первинного вимірювального перетворювача) та ВП (вторинного приладу). Принцип дії ПВП.

Магніто-індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens» є керуєним мікропроцесорним вимірювальним перетворювачем з вбудованою текстовою індикацією режиму налаштування та роботи на 11-ти мовах. В залежності від місця розташування витратоміра, він виконується в вигляді або компактного приладу (рис. 2.5,а), або у вигляді двох блоків: сенсора MAGFLO та вторинного вимірювального перетворювача MAG 6000 (мікропроцесорного блоку живлення та обробки, рис. 2.5,б). Останній може бути розташований на відстані на щиті.



а)



1 КОММУНИКАЦИОННЫЕ  
МОДУЛИ PIP & FLOW  
2 SENSORPROM

б)

Рис. 2.5 Індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens».

Комплект Sitrans FM MAG 6000 призначений для вимірювання витрати потоку практично всіх електропровідних рідин, а також суспензій та паст. Єдиною умовою його нормальної роботи є наявність хоча б мінімальної (5мікросим/см) електропровідності в середовищі, витрати якого вимірюють.

## Принцип дії ПВП

На рис.7.8,а приведена узагальнена схема індукційного первинного вимірювального перетворювача витрати, де зображено електромагніт, який збуджується змінним струмом  $I$  (напругою збудження  $U_{збудж}$ ) і який на ділянці між полюсами створює рівномірне однорідне магнітне поле з індукцією  $B$ . Розміщення обмоток збудження електромагніту показано і на рис.2.6,б та рис.2.6,в. В полі магніту розміщена немагнітна труба, по якій протікає вимірювана по витратам рідина з швидкістю  $V$ . В індукційних витратомірах рухомим провідником є електропровідна рідина, витрати якої вимірюють. Магнітна індукція  $B$  пронизує рідину вертикально відносно напрямку її потоку ( $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$ ), і в рідині, як у рухомому провіднику, наводиться (індукується) електрорушійна сила  $U_m$ .

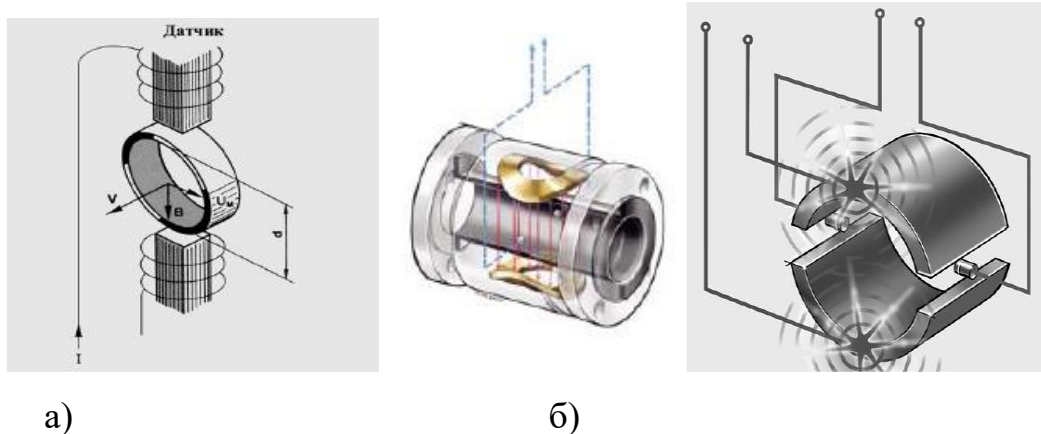


Рис.2.6. Узагальнена принципова схема будь якого магніто-індукційного сенсора

Значення цієї електрорушійної сили знімається з двох точкових електродів, що розміщуються на протилежних кінцях внутрішнього діаметру немагнітної труби і зсунуті по відношенню до обмоток збудження на  $90^\circ$  (рис.7.8б та в). Електроди контактують з вимірюваною за витратами рідиною, але ізольовані від труби, яка виготовляється, як правило, із нержавіючої сталі.

В загальному, індукована в рідині ЕРС дорвнює:

$$U_m = B * V * d, \quad (7.19)$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
		№ докум.	Підпис			32

де  $B$  – магнітна індукція, Тл;  $V$  – швидкість потоку, м/с;  $d$  – довжина рідинного провідника, що відповідає довжині провідника  $L$  по залежності (7.18) і дорівнює діаметру трубопроводу, м.

Витрати рідини у трубопроводі дорівнюють добутку площі перетину трубо-

проводу на швидкість потоку  $V$ :

$$F = S * V . \quad (7.20)$$

У результаті спільного розв'язання рівнянь (2) та (3) отримуємо:

$$F = S \left( \frac{U_m}{B * d} \right) = \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) * \left( \frac{U_m}{B * d} \right) = k * U_m, \quad (7.21)$$

де  $k$  — коефіцієнт пропорційності (постійна сенсора), який залежний від конструкції приладу.

Таким чином, витрата рідини у трубопроводі, вимірювана за допомогою індукційного витратоміра, буде пропорційна ЕРС  $U_m$ . Сигнал первинного перетворювача індукційного витратоміра містить, крім корисної складової, що визначається формулою (1) і є мірою витрати, трансформаторну ЕРС, що наводиться електромагнітним полем перетворювача в рухомому рідинному провіднику. Трансформаторна ЕРС зсунута по фазі відносно корисного сигналу на  $90^\circ$  і компенсується за допомогою ланцюга, що складається із спеціального подільника напруги.

## 2.2. Схема автоматизації

Розглянемо схему автоматизації відділення приготування вафель (креслення 1).

Функціональна схема автоматизації (ФСА) призначена для визначення основних контурів контролю і регулювання основних технологічних параметрів.

### Контур вимірювання рівня

Вимірювання рівня в збірниках пюре, увареного яблучного пюре, цукру-піску, розчину агару, зефіроосадочної машини відбувається за допомогою радарного рівнеміра Sitrans LR200 (2а, 6а, 7а, 9а, 24а) надходить до МПК (аналоговий вхідний модуль), і далі виводиться інформація на ПК оператора.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						33
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

### Контур вимірювання та регулювання тиску

Вимірювання та регулювання тиску відбувається у вакуумному апараті уварювання пюре, трубопроводі подічі пари, збивальній машині . Вимірювання проводиться манометрами Sitrans P ZD (4а, 5а, 14а, 23а) з вихідним уніфікованим сигналом 4-20 мА, сигнал якого поступає на МПК, значення тиску відображається на екрані оператора. Регулювання тиску в котлі та в збивальній машині відбувається наступним чином. Сигнал 4-20 мА із датчика надходить на модуль аналогових сигналів МПК, де опрацьовується, порівнюється із заданим значенням, і у разі розузгодження через модуль аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА надходить на частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (5б, 23б), який регулює обертами двигуна насоса відкачки повітря з апарату, підтримуючи заданий тиск.

### Контури регулювання температури

Температура в даному відділенні регулюється у вакуумному апараті, котлі, агрегаті для збивання зефірних мас. Контроль відбувається у збірнику яблучного пюре. Температура вимірюється ПВП pt100 (1а, 3а, 16а, 20а). Сигнал поступає на вторинний перетворювач Sitrans TF2 (1б, 3б, 16б, 20б).

Регулювання температури в вакуум-апараті відбувається наступним чином: температура вимірюється ПВП та передається на вторинний перетворювач 3б. Сигнал 4-20 мА з датчика 3б надходить на МПК, температура порівнюється з заданою, якщо є розузгодження, то на виході з МПК подається управляючий сигнал 4-20 мА, який надходить на електро-пневмо перетворювач ЕПП-1211 (3в), який сигнал 4-20 мА перетворює в уніфікований пневматичний 20-100 КПа, який в свою чергу надходить на пневмоклапан Метран 8560 (3г), який змінює кількість пари, що надходить в апарат.

Регулювання температури у агрегаті для збивання зефірних мас 2 та котлі відбувається аналогічним чином.

### Контури регулювання витрати

Регулювання витрати здійснюється при дозуванні речовин в котел та агрегат для змішування зефірних мас 1 та 2.

Витрата цукру в апарат для збивання зефірних мас вимірюється конвеєрними вагами ВТ-02 (8а,18а) з уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Через частотний перетворювач Lenze 8200 vector (8б,18б) запускається двигун конвеєра і сировина подається в апарат. Як тільки через конвеєрні ваги пройде певне значення сировини, двигун М2, М4 вимикається.

Вимірювання витрати рідких речовин відбувається за допомогою індукційного ПВП витрати Sitrans FM MAGG 1100 (10а, 10б, 11а, 12а, 13а, 17а, 25а), інформація передається на вторинний перетворювач витрати Sitrans MAGG 6000 (10в, 10г, 11б, 12б, 13б, 17б, 25б) .Далі через МПК значення витрати виводиться на екран оператора.

При дозуванні компонентів через електропневмоперетворювач ЕПП-1211 (10д, 11в, 12в, 13в, 17в, 25в) відкривається пневматичний клапан подачі компоненту (10е, 11г, 12г, 13г, 17г, 25г). Як тільки значення витрати досягло певного значення, що вимірюється електромагнітним витратоміром, сигнал із МПК через модуль аналогових виходів надходить на електропневмоперетворювач ЕПП-1211, а з нього пропорційний уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа надходить на пневматичний клапан Метран 8560.

Управління двигунами мішалок та насосів реалізовано по місцю, а також з місця оператора через ПК оператора. Запуск через магнітний пускач КМ1-КМ19.

### Контур вимірювання вмісту сухих речовин

Вимірювання концентрації відбувається у вакуумному апараті, котлі, збивальній машині та агрегаті для збивання зефірних мас 2. Вимірювання проводиться промисловим рефрактометром ПР-1М (15а, 19а, 21а, 26а) з вихідним уніфікованим сигналом 4-20 мА, сигнал якого поступає на МПК, значення відображається на екрані оператора.

### Контур вимірювання вмісту сухих речовин

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
						35
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Вимірювання густини суміші відбувається в збивальній машині за допомогою буйкового густиноміра ТМ-1 (22а) з вихідним уніфікованим сигналом 4-20 мА, сигнал якого поступає на МПК, значення відображається на екрані оператора.

### 2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість	Примітка
16, 36, 166, 206	Вторинний перетворювач Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50...180 °С, Клас точності-0,25.	Sitran s TF2	°С	4	Siemens
1а, 3а, 16а, 20а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору. Тип: МКн (Спеціалізація - низькі температури, вакуум, інертні і відновні атмосфери, окислювальні - частково) Позначення: Т (Cu-CuNi) Найменування: Мідь-константан Робочий діапазон: -200 ... 260 С	Pt100	Ом	4	ОАО Тэра
2а, 6а, 7а, 9а, 24а	Радарний рівнемір. Клас точності-0,25. Межі вимірювань 0,3...15 м. Частота випромінювання 44 кГц.	Sitran s LR20 0	%	5	Siemens
10а, 10б, 11а, 12а, 13а, 17а, 25а	ПВП витрати. Принцип дії: електромагнітний Діаметр Ду: 15..2000 мм Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000) Ступінь пило вологозахисту: IP67 / IP68 Вихідний сигнал: 1 струмовий, 1 частотний / імпульсний, 1 релейний (преобразів. MAG 5000/6000)	Sitran s FM MAG G 1100		7	Siemens

№ Пози ції за схем ою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди ниц я вимі рюв ання	Кіл ькіс ть	Примітк а
	Напруга живлення: 220V AC або 24 V AC / DC (перетворювач MAG 5000/6000)				
10в, 10г, 11б, 12б, 13б, 17б, 25б	Вторинний перетворювач витрати Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -40 ... 1800С Тиск: до 40 бар	MAG G 6000	л/го д	8	Siemens
4а, 5а, 14а, 23а	Манометр показувальний Sitrans P ZD Верхня межа вимірювання – 1.6 МПа. Клас точності -0,25. Вихідний сигнал: 4...20 мА	Серія ZD	МПа	4	Siemens
8а, 18а	Конвеєрні ваги Вих.сиг. 4-20 мА Температура вимірюваного середовища: -20 ... 150С Клас точності-0,25. Діапазон вимірювання: 0-1000 кг.	ВТ-02	Кг.	2	Промпр ибор
15а, 19а, 21а, 26а	Робочий діапазон показника заломлення середовища: 1,320 - 1,540 Робочі межі виміру концентрації: 0 - 100% Діапазон вимірювання концентрації в робочих межах: 40% Похибка вимірювання показника заломлення: ± 0,0002 Похибка вимірювання концентрації: ± 0,1% Межі зміни температури контрольованого розчину: 0 - 140 ° С Максимальний тиск середовища: 20 бар Вихідні сигнали: аналогові (концентрація, температура) цифрові (за замовленням) 4 - 20 mA RS232 / RS485	ПР- 1М	%	4	Промпр ибор

	№ докум.	Підпис	

Кваліфікаційна робота

Лист

37

№ Пози ції за схем ою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Оди ниц я вимі рюв ання	Кіл ькіс ть	Примітк а
22а	<p>Густиномір буйковий</p> <p>Діапазон вимірювання щільності, г / см<sup>3</sup> 0,5 ± 2,5</p> <p>Живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц:</p> <p>Споживана потужність, не більше, Вт</p> <p>220</p> <p>Вихідний сигнал постійного струму, мА 4 ÷ 20 (0 ± 5, 0 ± 20)</p> <p>Наведена похибка вимірювання,% ± 0,5</p> <p>Відстань від ТДС до ПМВ, не більше, м 10</p> <p>Ступінь захисту ПМВ-1 IP-65</p> <p>Температура навколишнього середовища, ° С від -10 до +50</p>	ТМ-1	Кг/ м <sup>3</sup>	1	Промпр ибор
2б, 10д, 11в, 12в, 13в, 16в, 20в	<p>Елект.-пневмат. перетворювач.</p> <p>Вх.сиг. 4-20 мА</p> <p>Вих. сиг. 20-100 кПа.</p> <p>Номінальний тиск повітря живлення: 140 кПа</p>	ЭП- 1211		7	Промпр ибор
2в, 10е, 11г, 12г, 13г, 16г, 20г	<p>Пневматичний клапан.</p> <p>Вх. Сиг: 20-100 кПа.</p> <p>Вих. сиг: 0-100% ХРО</p> <p>Діаметр умовного проходу: 3 ... 12 дюйм</p> <p>Тиск умовний: 2 ... 5 МПа</p>	Метр ан 8560		7	Метран
4б, 8б, 18б, 23б, 17в, 25в	<p>Перетворювач частоти Lenze 820SMD</p> <p>Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA);</p> <p>Напруга живлення: 180...264 V AC;</p> <p>Діапазон вихідної частоти: 0...240 Гц;</p> <p>Робоча температура: 0..55 ° С;</p>	s500	Шт.	6	Mitsubis hi

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість	Примітка
КМ1 - КМ1 0	Магнітний пускач (контактор) Кількість полюсів: 3 Номинальний струм, А: 60 Ланцюг управління, В: 220 Тип приєднання: зажим під гвинт Блок контактів: 1НО+1НЗ	LC1D 95M7		10	“Schneider electric”
SB1- SB10	Вимикач кнопочний для комутації електричних ланцюгів керування змінного струму частотою 50 і 60 Гц напругою до 660 В і постійного струму напругою до 440 В.	ВК14 -21		20	ООО "Примте к"

#### 2.4. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів

Управління процесом здійснюється за допомогою мікропроцесорного багатофункціонального контролера *Modicon M340*. Він призначений для збору, обробки інформації, реалізації функцій контролю, програмо-логічного управління, регулювання, протиаварійних захистів і блокувань.

*Modicon M340* – промисловий контролер нового покоління фірми Schneider Electric, для програмування якого використовується програмне забезпечення *UNITY PRO*. *Modicon M340* – контролер модульного типу, конфігурація якого вибирається в залежності від кількості входів-виходів і алгоритму управління. Модулі кріпляться на *шасі*, яке виконує механічну та електричну функції. Така конструкція дає можливість гарячої заміни модулів без зупинки контролера. *M340* може включати від 1-го до 4-х *шасі* з різною кількістю місць для установки модулів (від 4-х до 12-ти) , об'єднаних між собою *BusX* шиною, загальною довжиною до 30 м. Конструктивно *M340* може складатись з таких основних елементів (рис.2.5.):

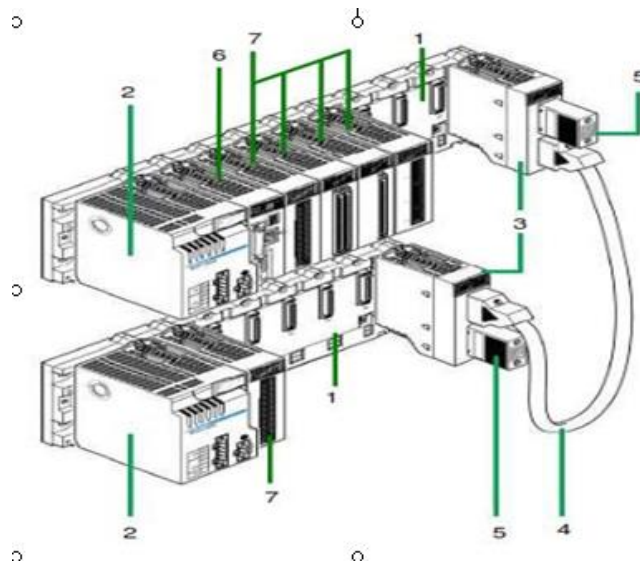


Рис.2.5.Контролер Modicon M340

1. Шасі, на яких встановлюються модулі. 2. Модуль живлення, який обов'язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі. 3. Модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі. 4. Кабелі розширення BusX, що з'єднує модулі розширення на суміжних шасі. 5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340. 6. Процесорний модуль, який обов'язково розміщується в посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0. 7. Модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь якому посадочному місці.

Основним конструктивним елементом контролера є шасі (рис.2.6). З одного боку, шасі використовується як конструктивний елемент, на якому розміщуються й закріплюються окремі модулі контролера, з іншого – шасі має загальну шину BusX, по якій відбувається як живлення модулів, установлених в шасі, так і обмін сигналами та даними між окремими модулями контролера. Шасі може кріпитися як на стандартну DIN-рейку так і з допомогою гвинтів.

Шасі відрізняються за кількістю місць для встановлення модулів, відповідно на 4 (BMX ХВР 0400), 6 (BMX ХВР 0600), 8 (BMX ХВР 0800) та 12 (BMX ХВР 1200) позицій. У разі необхідності використовувати велику кількість модулів контролер може складатись з декількох шасі (рис.2.). У цьому випадку в роз'єм ХВЕ кожного шасі встановлюються модулі розширення ХВЕ 1000, які

з'єднуються BusX кабелем (кутовим BMX XBC ...К або прямим TSX CBY ...К, де ... - довжина в дециметрах). Кожен модуль розширення має перемикач за допомогою якого виставляється адреса шасі в діапазоні від 0 до 3. Послідовність адресації шасі може не співпадати з їх фізичним розміщенням, однак процесорний модуль завжди повинен знаходитись в шасі за номером 0. В кінцевих модулях розширення встановлюють термінатори шини TSX TLY EX типу А та В, відповідно у вхідний роз'єм – для першого модуля розширення та вихідний – для останнього.

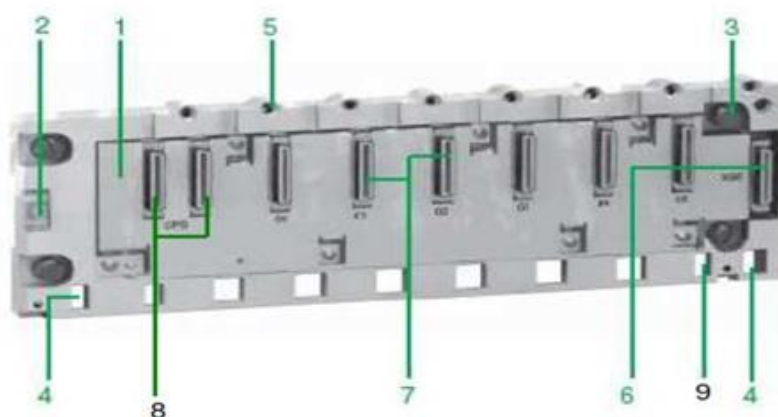


Рис.2.6. Шасі Modicon M340

1. Металева рама. 2. Клема заземлення. 3. Отвори для кріплення шасі. 4. Кріплення для заземлення екранів кабелів. 5. Різьбові отвори під гвинт для закріплення кожного модуля. 6. Роз'єм для модуля розширення (маркований як XBE). 7. Роз'єми для процесорного модуля, модулі вводу/виводу, комунікаційних модулів та модулів спеціального призна- чення. 8. Роз'єми для модуля живлення (маркований як CPS). 9. Отвори для установочних штирів модулів.

Таблиця 2.2. Загальні характеристики процесорних модулів

Характеристика		BMX P34 1000	BMX P34 2000	BMX P34 2010	BMX P34 2020	BMX P34 2030
Макс. кількість	шасі	2	4			
	дискретних вх+вих.	512	1024			
	аналогових вх+вих	128	256			
	лічильних каналів	20	36			
Об'єм RAM	загальний розмір	2048 Кб	4096 Кб			
	для програм, констант, символів	1792 Кб	3584			
	для даних	128 Кб	256 Кб			
Макс. кількість об'єктів	локалізовані внутрішні біти %Mi	16250	32464			
	локалізовані внутр. слова %MWi		32464			
	нелокалізовані внутрішні дані	128 Кб	256 Кб			
вбудовані комунікації	послідовний RS-485/RS-232C	+	+	+	+	-
	Ethernet TCP/IP	-	-	-	+	+
	CANOpen	-	-	+	-	+

У кожному процесорному модулі M340 є вбудований USB-інтерфейс (рис.2.7., поз 3), який призначений для підключення терміналу програмування (комп'ютер зі встановленим UNITY PRO), а також для з'єднання зі операторськими станціями з встановленим програмним забезпеченням SCADA/HMI, а також з операторськими панелями. Для цього можна використати спеціальний екранований кабель, який поставляється у комплекті з процесорним модулем M340, або стандартний USB кабель з роз'ємом mini B. У будь якому випадку довжина кабелю не може перевищувати 5 м



Рис.2.7. Процесорні модулі Modicon M340

1. Гвинт для закріплення модуля на шасі.
2. Блок індикації.
3. Роз'єм USB mini B для підключення терміналу програмування, або засобів SCADA/HMI;
4. Відсік для карти пам'яті;
5. Роз'єм RJ45 для підключення кабелю послідовного інтерфейсу RS-485 та RS-232C, по Modbus RTU/ASCII або символного режиму (маркування чорним кольором);
6. Роз'єм для підключення кабелю Ethernet TCP/IP 10BASE-T/100BASE-TX (маркування зеленим кольором).

У спеціальному слоті (рис.2.7., поз 4) розміщується SD-карта пам'яті.

На карті, що входить у комплект стандартної поставки M340 (об'ємом 8 Мбайт), зберігаються загрузочний проект, вбудовані діагностичні Веб-сторінки, а

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

також при необхідності вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці. Альтернативний варіант – використання карти обсягом 128 Мб, з підтримкою збереження даних користувача з прикладної програми, а також файлових операцій через FTP Сервер.

Кожний процесорний модуль може вміщувати один або два вбудовані комунікаційні канали з комбінації (рис .14.): послідовний Modbus Serial RS-232/RS-485, Ethernet TCP/IP та CANOpen. Крім функцій обміну з іншими пристроями системи, Modbus RTU (Serial) та Modbus TCP/IP (Ethernet) забезпечують доступ терміналу програмування UNITY PRO до контролера.

#### *Дискретні модулі.*

Загальна характеристика. Модулі дискретних входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Ці модулі відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за типом вхідних та вихідних каналів і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Типи модулів. Дискретні модулі можуть мати входи/виходи постійного струму (DC) на 24 VDC та 48 VDC з позитивною (sink) або негативною (source) логікою підключення, або змінного струму (AC) на 100-240 VAC.

Таблиця 2.3. Основні технічні характеристики дискретних модулів

Позначення модуля	Кількість каналів	Характеристики каналів	Підключення
Модулі дискретних входів			
BMX DDI1602	16	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDI1603	16	48 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1602	16	24 VDC негативна логіка або 24 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1603	16	48 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAI1604	16	100..120 VAC	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDI3202K	32	24 VDC, позитивна логіка	40-конт. роз'єм
BMX DDI6402K	64	24 VDC, позитивна логіка	два 40-конт. роз'єми
Модулі дискретних входів та виходів (змішані)			
BMX DDM16022	8 Вх	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
	8 Вих	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.5 А	
BMX DDM16025	8 Вх	24 VDC, позитивна логіка	20-конт. з'ємна кол.
	8 Вих	релейні VDC/VAC, незахищені, 2 А	
BMX DDM3202K	16 Вх	24 VDC, позитивна логіка	40-конт. роз'єм
	16 Вих	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	
Модулі дискретних виходів			
BMX DDO3202K	32	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	40-конт. роз'єм
BMX DDO6402K	64	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.1 А	два 40-конт. роз'єми
BMX DDO1602	16	24 VDC, захищені, позитивна логіка, 0.5 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DDO1612	16	24 VDC, захищені, негативна логіка, 0.1 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DAO1605	16	тиристорні 100...240VAC, незахищені, 0.6 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DRA0805	8	релейні VDC/VAC, незахищені, 3 А	20-конт. з'ємна кол.
BMX DRA1605	16	релейні VDC/VAC, незахищені, 2 А	20-конт. з'ємна кол.

Доступні модулі з транзисторними або релейними виходами. Виходи можуть бути захищені від короткого замикання. Всі дискретні входи та виходи ізольовані від внутрішньої шини. У таблиці 3 наведені основні технічні характеристики дискретних модулів.

Способи підключення. Дискретні модулі за способом підключення зовнішніх сигналів можуть бути з 20-контактною з'ємною клемною колодкою (рис.6. варіант А) або з 40-контактними з'єднувальними роз'ємами (рис.6. варіант Б).

Для модулів з клемною колодкою (варіант А) додатково замовляється 20-контактна з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0, або готовий кабель, який на одному кінці має клемну колодку, а на іншому вільні провідники (з розпушеними кінцями) з кольоровим маркуванням (рис.2.8, а).



Рис.2.8. Зовнішній вигляд дискретних модулів з різними варіантами підключення

1- корпус; 2- маркування модуля; 3- панель індикації станів каналів; 4 – роз'єм для підключення з'ємної клемної колодки (варіант А) або виносної клемної колодки (варіант Б)

Існують три види 20-контактних клемних колодок:

- гвинтова клемна колодка VMX FTB 2000;
- колодка з гвинтовими зажимами VMX FTB 2010;
- пружинна клемна колодка VMX FTB 2020;

З'ємні клемні колодки поставляються з аксесуарами для кодування, що дає можливість забезпечити унікальний механічний ключ для кожної пари – модуль-клемна колодка (рис.2.9.). Іншими словами, кодування виключає можливість підключення клемної колодки, яка була встановлена на модулі до іншого модуля.

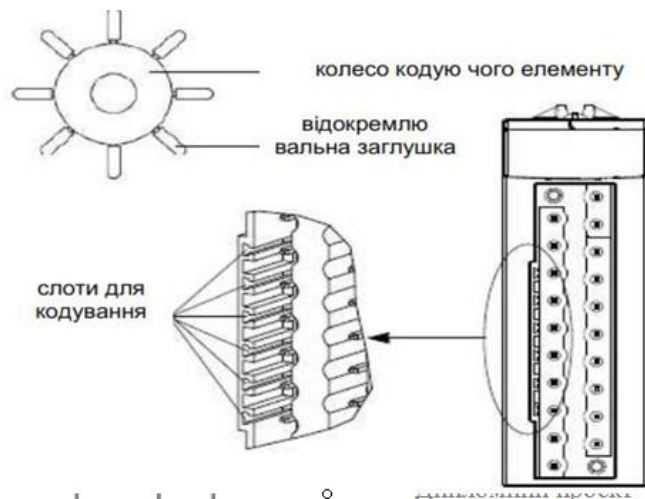


Рис.2.9. Механічне кодування модулів.

Модулі з роз'ємами (варіант Б) на 32 канали мають один 40-контактний роз'єм, на 64 канали – два роз'єми. До таких модулів додатково замовляються спеціальні кабелі з 40-контактним з'єднувачем в одному з двох варіантів:

- FCW••3, які з іншого боку мають розпушений кінець з кольоровим маркуванням провідників (рис.2.10. б);
- FCC••3, які з іншого боку мають два з'єднувачі HE10 для підключення до виносних клемних колодок типу Telefast ABE (рис.17.в).

Підключення з використанням кабелів з розпушеним кінцем проводиться через додаткову клемну колодку довільного виробника.

Підключення модулів через кабелі з HE10 з'єднувачами проводиться тільки з використанням спеціальних виносних блоків з клемними колодками системи швидкого монтажу Telefast ABE. Schneider Electric пропонує дуже велику гаму блоків Telefast для дискретних модулів, які відрізняються:

- кількістю та типом каналів, які обслуговує даний блок;
- типом клем (гвинтові, пружинні);
- наявністю розподілення живлення;
- наявністю гальванічних розв'язок між каналами, між блоком та дискретним модулем;

- вбудованими додатковими функціями перетворення сигналу (вбудовані або з'ємні твердотільні або електромеханічні реле на різні потужності);
- наявністю додаткових функцій захисту;
- наявністю світлових індикаторів;
- наявністю можливості ручного включення/відключення сигналу;
- іншими додатковими опціями.

Усі блоки Telefast мають змінний плавкий запобіжник, який захищає входи/виходи модуля від перевантаження.

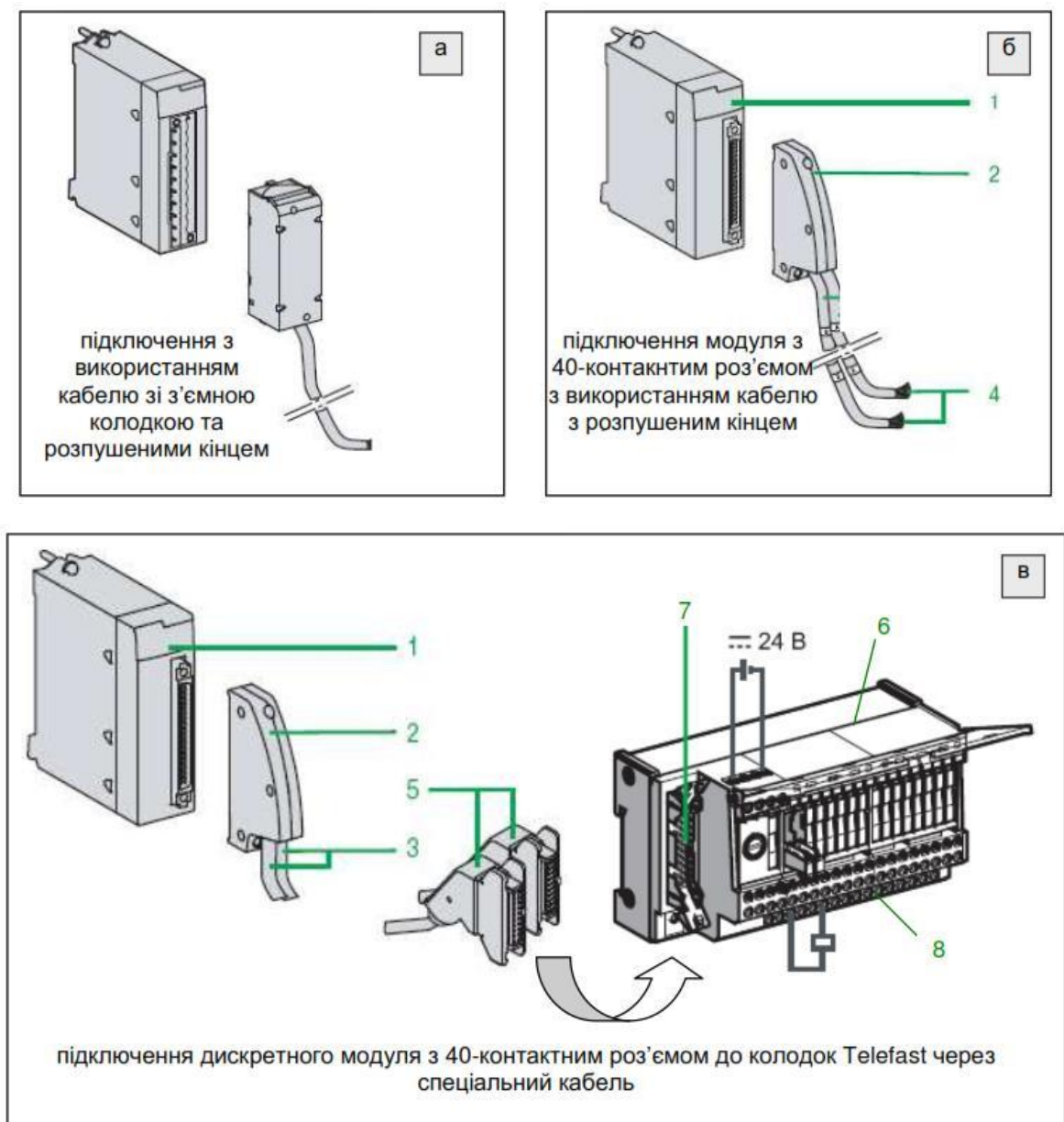


Рис.2.10. Способи підключення технічних засобів до дискретних модулів

		№ докум.	Підпис	

1 - дискретний модуль; 2 - 40-контактний роз'єм; 3 – кабель FCC••3; 4 – розпушений кінець кабеля; 5 – з'єднувачі типу HE10 для підключення до виносних клемних колодок типу Telefast; 6 – виносна клемна колодка типу Telefast; 7 – роз'єм типу HE10; 8 – клеми для підключення зовнішніх сигналів;

Одним із універсальних блоків Telefast для дискретних входів/виходів є ABE7H16R21, який може підключатися до будь яких модулів з 40-контактним з'єднувачем з використанням кабеля FCC••3 (•• - залежить від довжини кабеля). Він використовується для підключення 16 дискретних входів або 16 дискретних виходів окремими парами гвинтових клем колодки.

Перелік необхідних аксесуарів для дискретних модулів зведений в таблицю 4. У таблиці 4 не наведений перелік аксесуарів для способів підключення кабелів з розпушеним кінцем та клемних колодок з підключенням до Telefast. У таблиці 4 також наведений тільки один варіант блоку Telefast.

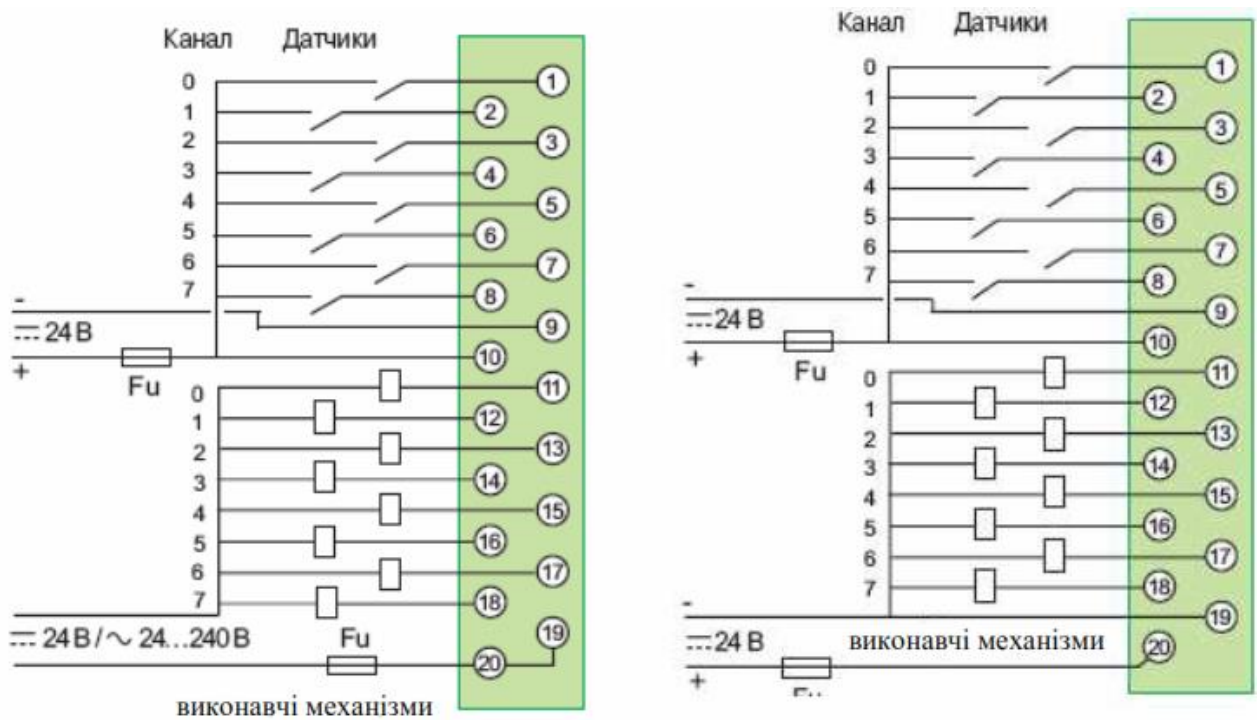
Таблиця 2.4. Монтажні аксесуари для підключення дискретних модулів

Позначення модуля	Тип підключення	Спосіб підключення
Модулі дискретних входів		
BMX DD11602	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DD11603	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DA11602	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DA11603	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DA11604	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DD13202K	40-контактний роз'єм	кабель FCC••3 (від 0.5 до 10 м) + Telefast ABE 7H16R21 – 2 шт.
BMX DD16402K	40-контактний роз'єм	(кабель FCC••3 (від 0.5 до 10 м) + Telefast ABE 7H16R21 – 2 шт.) – 2 комплекти
Модулі дискретних виходів		
BMX DDO3202K	40-контактний роз'єм	кабель FCC••3 (від 0.5 до 10 м) + Telefast ABE 7H16R21 – 2 шт.
BMX DDO6402K	два 40-контактні роз'єми	(кабель FCC••3 (від 0.5 до 10 м) + Telefast ABE 7H16R21 – 2 шт.) – 2 комплекти
BMX DDO1602	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DDO1612	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DAO1605	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DRA0805	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0
BMX DRA1605	20-контактна з'ємна колодка	з'ємна клемна колодка BMX FTB 20•0

Схеми підключення. На рис.2.11-2.13 показані схеми підключення дискретних датчиків та виконавчих механізмів до деяких модулів зі з'ємною



Рис.2.12. Підключення модулів дискретних виходів зі з'ємними колодками



а) BMX DDM 16025

б) BMX DDM 16022

Рис.2.13. Підключення змішаних дискретних модулів зі з'ємними колодками

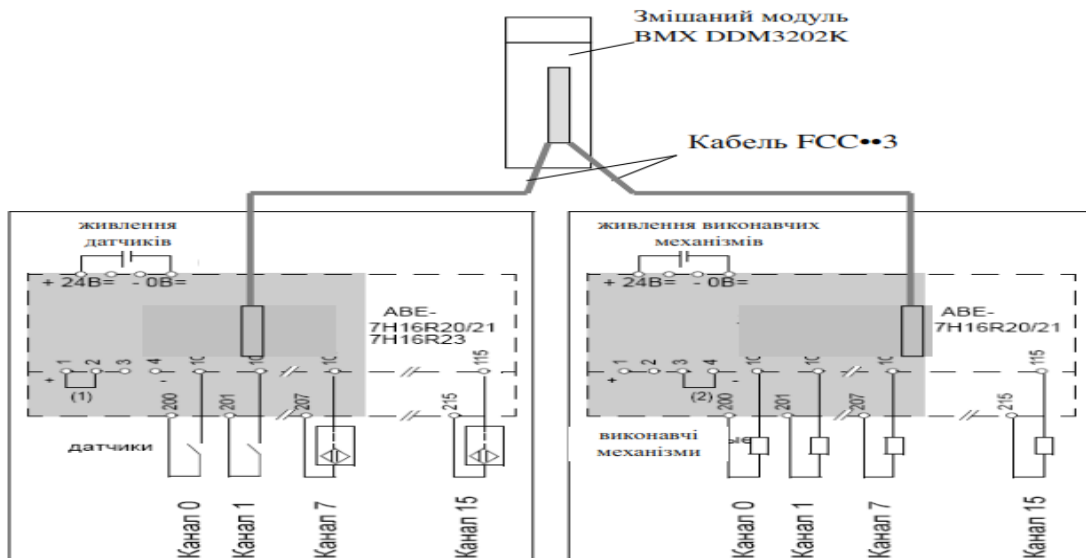


Рис.2.14. Схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до Telefast ABE 7H16R21 на прикладі модуля BMX DDM3202K

		№ докум.	Підпис	

## Аналогові модулі

Загальна характеристика. Модулі аналогових входів/виходів М340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Як і дискретні модулі, аналогові відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за характеристикою і діапазоном сигналів (напруга, струм, термометри опору, тощо), наявністю гальванічного розподілення і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

Типи модулів. Перелік всіх типів аналогових модулів М340 наведений в таб.4.

Таблиця 2.5 .Основні технічні характеристики аналогових модулів

Позначення модуля	Кількість каналів	Діапазон сигналу	Характеристики каналів	Підключення
Модулі аналогових входів				
BMX ART 0414	4	мВ, термометри опору, термопари	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 400 мс	40-контактний роз'єм
BMX ART 0814	8	мВ, термометри опору, термопари	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 400 мс	40-контактний роз'єм
BMX AMI 0410	4	$\pm 10\text{В}, 0...10\text{В}, 0...5\text{В}, 0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс	20-контактна з'ємна колодка
BMX AMI 800	8	$\pm 10\text{В}, 0...10\text{В}, 0...5\text{В}, 0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, з загальною точкою підключення, час опитування модуля - 9 мс	28-контактна з'ємна колодка
BMX AMI 810	8	$\pm 10\text{В}, 0...10\text{В}, 0...5\text{В}, 0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 9 мс	28-контактна з'ємна колодка
BMX AMO 0210	2	$\pm 10\text{В}, 0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами	20-конт. з'ємна кол.
BMX AMO 410	4	$\pm 10\text{В}, 0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, ізоляція між каналами	20-конт. з'ємна кол.
BMX AMO 802	8	$0...20\text{мА}, 4...20\text{ мА}$	16-бітні, загальна точка	20-конт. з'ємна кол.

Аналогічно аналоговим модулям Modicon Premium, аналогові вхідні модулі М340 виконують функції:

- сканування вхідних каналів різного діапазону за допомогою безконтактного мультиплексування;

- аналогово-цифрове перетворення;

- фільтрація сигналів;

- моніторинг модуля: тестування ланок перетворення, вхідний контроль перевищування рівня сигналу, тест наявності клемної колодки.

Модулі аналогових виходів виконують функції:

- цифро-аналогове перетворення;

- захист каналів модулів від перевантаження;

- моніторинг модуля: тест перетворення, тест виходу за межі, тест наявності клемної колодки.

Способи підключення. Подібно дискретним модулям за способом підключення зовнішніх сигналів, аналогові модулі можуть бути: з 20-контактною з'ємною клемною колодкою, з 28-контактною клемною колодкою або з 40- контактними з'єднувальними роз'ємами. З'ємні клемні колодки поставляються з аксесуарами для кодування, що дає можливість забезпечити унікальний механічний ключ для кожної пари – модуль-клемна колодка.

### Конфігурування МПК MODICON M340

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення:

Таблиця 2.6 Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	26

## Вибір процесорного модуля

Кількість аналогових входів і виходів : 21Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль ВМХ Р34 1000.

## Вибір модулів вводу/виводу

8 ВА 4-20 мА – ВМХ АМІ 0810 – 4 шт. (26, 5 вільних)

8 АВ 4-20 мА – ВМХ АМО 0802 – 3 шт.(12, 4 вільних)

8 АВ 4-20 мА – ВМХ DDO 1602– 1 шт. (10, 6 вільний)

Таблиця 2.7. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу

Модулі вводу/виводу		Аксесуари		
‘Найменування	Кількість	Найменування	К-сть	Примітка
1	2	3	4	5
BMX AMI 0810	4	BMX FTB 2820	1	28 контактна з’ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX AMO 0802	3	BMX FTB 2010	1	20 контактна з’ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX DDO 1602	1	BMX FTB 2010	1	20 контактна з’ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами

Вибір шасі, додаткових модулів та аксесуарів для шасі. Загальна кількість модулів разом з процесором: 1 CPU + 2 AI + 2 AO = 5. Таким чином мені потрібне лише одне шасі на 6 місць (BMX XBP 0600)

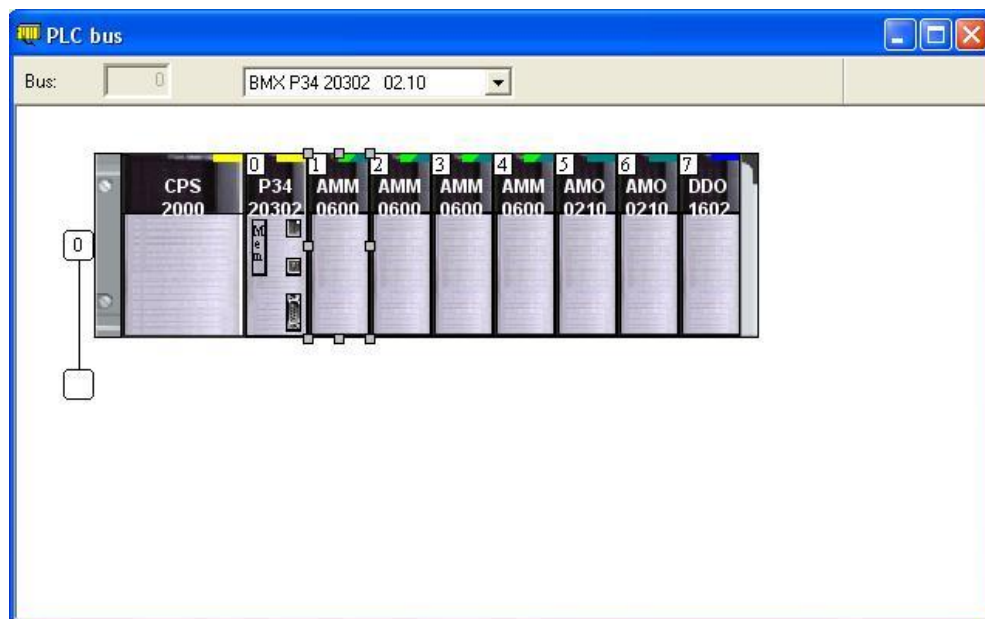


Рис.2.16. Розміщення модулів у шасі

### 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

#### 3.1 Загальна схема підключення

В даному дипломному проєкті розроблена принципова електрична конфігураційна схема автоматичного регулювання на базі мікропроцесорного контролера “Modicon M340” (креслення 2).

Принципова схема системи автоматизації - це схема, що показує зв'язок і взаємодію окремих елементів, пристроїв автоматизації за допомогою умовних позначень, при цьому кожен елемент схеми виконує визначену функцію і не може бути поділений на частини, що мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, принципові схеми визначають повний склад елементів системи автоматизації.

Схеми електричні принципові виконуються на стадії «Робоча документація». Розробляють такі схеми електричні:

- 1) схеми електричні принципові живлення;
- 2) схеми електричні принципові сигналізації і блокування;
- 3) схеми електричні принципові контролю і автоматизації;
- 4) схеми електричні принципові управління електродвигунами і виконуючими механізмами.

На основі цих схем розробляються: монтажні схеми щитів і пультав, схеми зовнішніх з'єднань, схеми електричні контролю і автоматизації, схеми електричні принципові сигналізації і блокування та ін. Вони використовуються при монтажі і наладці системи автоматизації, а також дають можливості для вивчення принципу дії системи автоматизації.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільченко Р.П.			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					55	12
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
Секретар		Проскурка Є.С.						

Схеми електричні принципові виконуються, як правило, стосовно до окремих установок або ланок автоматизованої системи (наприклад, «Схема електрична принципова регулювання рівня», «Схема електрична принципова сигналізації роботи випарної установки»). При виконанні цих схем використовується розвернуте зображення елементів автоматизації.

Ці схеми розглядаються на стадії проектування «Робоча документація» і служать для проектування живлення засобів контролю і автоматизації, розрахунку витрат електроенергії.

Проектування систем електроживлення здійснюється на основі ВСН 205-84/ММСС ССРСР "Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов" та РМ4-4-85 «Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование систем электропитания», а також нормативних вимог конкретних виробництв. В загальному випадку на кресленнях таких схем повинна бути показана:

- 1) апаратура вмикання і вимикання джерел живлення і споживачів електроенергії;
- 2) апаратура контролю напруги;
- 3) назва споживачів електроенергії;
- 4) загальні пояснення і примітки;
- 5) креслення, які відносяться до даної схеми;
- 6) перелік апаратури.

Схеми живлення можна суміщати з іншими схемами автоматизації проекту (наприклад сигналізації).

Для відображення стану окремих елементів об'єкта і сповіщення про порушення нормального ходу виробничих процесів на пунктах управління використовують різного роду світлові і звукові сигнали. Схеми електричні принципової сигналізації можна класифікувати таким чином:

I. По характеру (виду) сигналу: світлова, звукова, змішана сигналізації. Світлова сигналізація може виконуватись рівним світлом, мигаючим світлом, горіння ламп неповним розжарюванням.

II. По роду струму: схеми на постійному струмі, схеми на змінному струмі.

III. По призначенню:

1) сигналізація стану - для сигналізації про стан технологічного устаткування («Відкрито»-«Закрито», «Увімкнено»-«Вимкнено»);

2) командна сигналізація – дозволяє передати різні вказівки (накази) з одного пункту керування в іншій за допомогою світлових чи звукових сигналів;

3) сигналізація дії захисту і автоматики;

4) технологічна сигналізація – дає інформацію про стан таких технологічних параметрів, як температура, тиск, витрата, рівень. Буває двох видів:

а) попереджувальна сигналізація (сигналізація про ненормальні, але ще допустимі значення параметрів);

б) аварійна сигналізація (про недопустимі значення параметрів).

IV. По принципу дії:

1) схеми з індивідуальним зняттям звукового сигналу;

2) схеми з центральним зняттям звукового сигналу без повторності дії;

3) схеми з центральним зняттям звукового сигналу з повторністю дії.

Алгоритм роботи принципової електричної конфігураційної схеми автоматизованого регулювання, управління та сигналізації (креслення 2).

Принцип проходження сигналу оснований поступовим проходженням сигналу через вхідні ПЗО, обробці його програмою написаною на мові “FBD” та видачі регулюючих дій на вихідні ПЗО та виконавчі механізми.

В дипломному проєкті багато механізмів приводяться в дію двигунами, тому важливим фактором є принципи керування і комутаційна апаратура, що управляє двигунами.

Всі двигуни трифазні з включенням через частотний перетворювач, та кнопочну станцію, що знаходяться безпосередньо поруч з об’єктом, та можливе вимкнення двигуна дистанційно з дисплейної мнемосхеми. Для зручності, робота всіх двигунів показується на дисплейній мнемосхемі, тому у випадку поломки чи непередбаченої зупинки оператор може вказати обслуговуючому персоналу на несправність того чи іншого двигуна і

зупинити роботу апарату чи відділення якщо це необхідно та при відсутності резервних ліній.

### **Опис схеми управління електродвигунами з магнітним пускачем**

Схему управління електродвигуном М1 при живленні ланцюга управління фазною напругою зображено на рис.1. За даною схемою здійснюється місцеве управління відповідними приводами.

В ручному режимі роботи електродвигуна М1 при натисканні кнопки SB2 (кнопка “Пуск”) напруга 220 В подається на магнітний пускач KV1, як наслідок замикається його контакт KV1, що забезпечує блокування кнопки “Пуск”, тобто при відпусканні цієї кнопки схема продовжує працювати. Це явище називається самопідхватом. Магнітний пускач, в свою чергу, і запускає двигун.

При натисканні кнопки SB1 (кнопка “Стоп”) електричний ланцюг розривається, на магнітний пускач не надходить струм, розмикається його само підхват, електродвигун зупиняється.

При перемиканні на автоматичний режим роботи електродвигуна М1 за допомогою ключа SA, управління відбувається дискретним виходом з промислового контролера KV1.

Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву. Отже, коли двигун перегрівається, розмикаються нормально замкнені контакти теплових реле KK1, розривається ланцюг і двигун зупиняється.

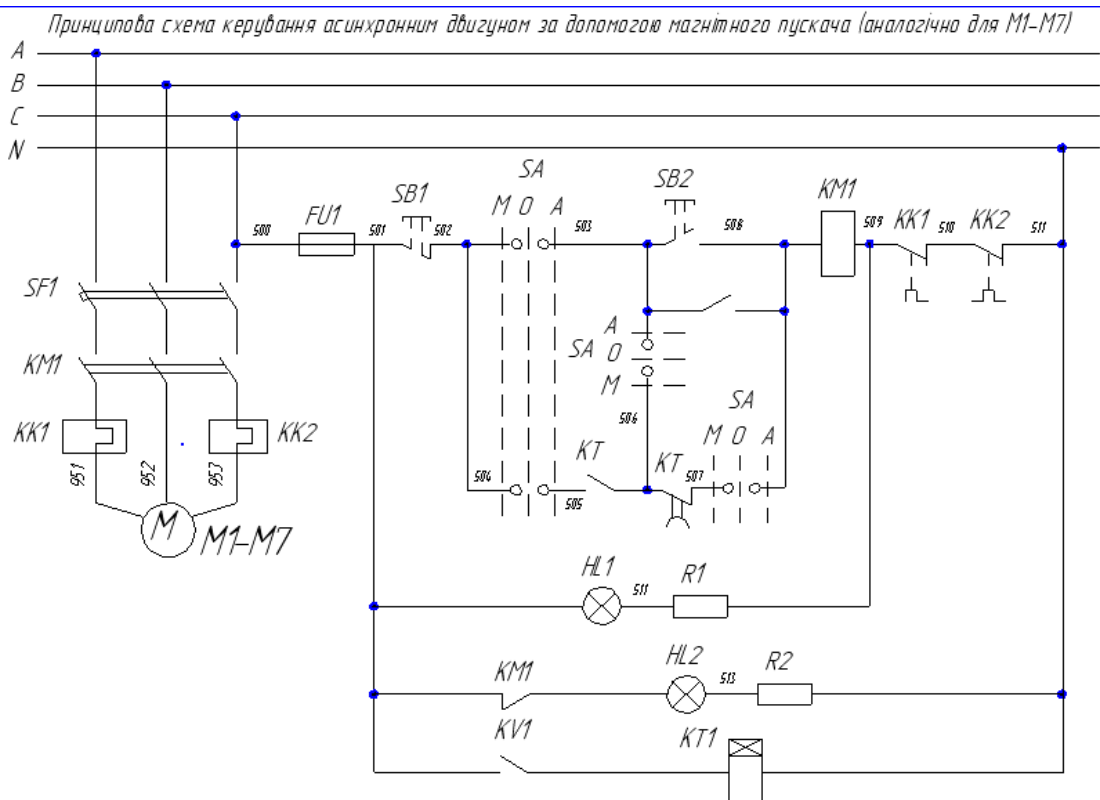
Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни.

До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 8 каналів кожний TSX AEY 414, який призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера.

Вихідні ПЗО – TSX ASY 410 – модуль аналогових виходів на 4 канали.

Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі контролера Schneider TSX Premium, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі).



		№ докум.	Підпис	





### 3.2.4 Опис схеми підключення

Регулювання витрати увареного яблучного пюре здійснюємо за допомогою ПВП витрати Sitrans FM MAGG 1100 (17а), сигнал від нього передається на вторинний перетворювач Sitrans FM MAGG 6000 (17б), сигнал 4..20 мА поступає модуль аналогових входів контролера, опрацьовується і якщо є розузгодження із заданим значенням, то на вихідному каналі модуля аналогових виходів пропорційний сигнал 4-20 мА поступає на частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (17в).

Також передбачено ручне та дистанційне управління контуром регулювання витрати пюре через блок ручного управління БРУ-107 (17г). Сигнал із датчика надходить на вхід БРУ і відображається на екрані. На другий вхід БРУ під'єднаний до модуля аналогових виходів. Вихід БРУ з'єднаний із частотним перетворювачем Lenze 8200 Vector (17в). Якщо режим роботи автоматичний, то управляючий сигнал 4-20 мА, через модуль аналогових виходів МПК надходить на вхід БРУ, на виході із БРУ-107 видається сигнал 4-20 мА на частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (17в), аналогічний як і той що надійшов від модуля аналогових виходів. У разі ручного режиму управління ручним задатчиком регулюється значення стумового сигналу на виході БРУ-10, таким чином змінюючи ступінь відкриття клапану, і таким чином процес проводиться інтенсивніше, або повільніше, в залежності яке значення вихідного сигналу з БРУ, що ми встановили.

#### **Блок ручного управління, завдання, індикації БРУ-10**

Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів як:

- Функціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами
- Блоку ручного задатчика аналогового сигналу
- Блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше" - "менше"

- Цифрового індикатора двох технологічних параметрів

Галузь застосування:

- Індикатор двох фізичних величин

- Ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів

- Ручний задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше

- Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом

- Станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом

- Перетворювач імпульсних сигналів більше-менше в вихідний уніфікований сигнал

- Перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів у вихідний уніфікований сигнал

- Перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів в вихідний аналоговий уніфікований сигнал

### **Функціональні можливості**

Шляхом зміни встановлюється один з семи режимів роботи приладу:

- Режим 0: Індикатор двох фізичних величин на цифровому і лінійному індикаторі. Ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів (керований клавішами на передній панелі).

- Режим 1: Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом з зовнішнім перемиканням керуючих ланцюгів.

- Режим 2: Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом з внутрішнім перемиканням керуючих ланцюгів.

- Режим 3: Станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом з зовнішнім перемиканням керуючих ланцюгів з індикацією положення виконавчого механізму за допомогою внутрішнього інтегратора. Задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше.

- Режим 4: Перетворювач імпульсних сигналів більше-менше від імпульсного регулятора у вихідний уніфікований сигнал.

- Режим 5: Перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів від ШІМ-модулятора в вихідний уніфікований сигнал. Індикація ШІМ-сигналу на світлодіодному індикаторі "менше".

- Режим 6: Перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів в вихідний аналоговий уніфікований сигнал. Можливість масштабування і перетворення (пряма або зворотна) шкал. Наприклад, перетворення вхідного сигналу 0-100% 0-20мА в вихідний аналоговий сигнал 0-5мА - від 20% до 75% вхідного сигналу, але перетвореного в 0-100% вихідного сигналу.

- Режим 7: Задатчик аналогових і імпульсних сигналів. Індикатор двох фізичних величин.

- Режим 8: Задатчик аналогових і імпульсних сигналів (з захищеним режимом зміни аналогового сигналу). Індикатор двох фізичних величин.

- Режими роботи ручної-автомат, індикація режиму роботи

- статичне та динамічне балансування, забезпечення ненаголошеності перемикання

- Індикація фізичної величини (параметр, положення механізму) на цифровому індикаторі, сигналізація мінімального і максимального значення на світлодіодних індикаторах

- Індикація значення вихідного керуючого впливу на лінійному індикаторі

- Індикація сигналів більше-менше на світлодіодних індикаторах

- ретрансмісії вхідного сигналу

- Програмна калібрування (виконувана користувачем) почала шкали і діапазону вимірювання двох аналогових входів і аналогового виходу



- 0-5 мА ( $R_{вх} = 400 \text{ Ом}$ );
- 0 (4) -20 мА ( $R_{вх} = 100 \text{ Ом}$ );
- 0-10 ( $R_{вх} = 25 \text{ кОм}$ ).

Сигнали РУЧ / АВТ:

- логічний "0" - 0-7В;
- логічна "1" - 18-30В.

Інтерфейс / протокол:

- RS-485 / ModBus.

1 АО:

- 0-5 мА ( $R_{н} \leq 2 \text{ кОм}$ );
- 0 (4) -20 мА ( $R_{н} \leq 500 \text{ Ом}$ );
- 0-10 ( $R_{н} > 2 \text{ кОм}$ ).

Три переключаючих реле:

- Постійний струм: до = 34В, 250мА;
- Змінний струм: до 220, 0,25А.

Ключі БІЛЬШЕ - МЕНШЕ:

- 24В, 100м

#### 4. Креслення встановлення технічних засобів

Встановлення буйкового густиноміра на корпус збивальної машини зображено на кресленні 2.

Існує багато видів вимірювальних перетворювачів з двухпровідно. схемою. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний температурі. Вимірювальні перетворювачі з типом вибухозахисту "Іскробезпека" і "вибухонепроникний корпус" можуть монтуватися всередині вибухонебезпечних зон (зона 1) або в зоні 0.

Призначення: буйковий мікропроцесорний щільномір «Плотномер ТМ-1»

Плотномер мікропроцесорний тензометричний «Плотномер ТМ-1» призначений для безперервного вимірювання щільності рідини.

#### Галузь застосування

Збагачувальні фабрики чорної і кольорової металургії, гірничої хімії, підприємства хімічної, харчової та інших галузей промисловості.

#### Принцип дії

Дія приладу заснована на вимірюванні ваги повністю зануреного в рідину буйка.

«Плотномер ТМ-1» дозволяє контролювати за допомогою екрану рідкокристалічного дисплея:

- поточне значення ваги буйка;
- миттєве значення вимірюваної щільності;
- поточне усереднене значення щільності;
- вихідний струм, відповідний усередненому значенню;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Ільченко Р.П.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					67	3
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секретар		Проскурка Є.С.						

- архів середніх значень по 24 інтервалам вимірювання.

Переваги:

- Висока надійність конструкції;
- Простота налаштування і перевірки працездатності;
- Високий ступінь захисту від навколишнього середовища;
- Регульована відбудова від випадкових високочастотних коливань;
- Відсутність рухомих частин;
- Наочне уявлення інформації;
- Створення архіву вимірних середніх значень густин за встановлений період;
- Можливість вибору діапазону значення вихідного сигналу.

**Основные характеристики**

Диапазон измерения плотности, г/см <sup>3</sup>	0,5±2,5
Питание от сети переменного тока частотой 50 Гц:	
Напряжение, В	220
Потребляемая мощность, не более, Вт	10
Выходной сигнал постоянного тока, мА	4±20 (0±5, 0±20)
Приведенная погрешность измерения, %	±0,5
Расстояние от ТДС до ПМВ, не более, м	10
Степень защиты ПМВ-1	IP-65
Температура окружающей среды, °С	от -10 до +50
Вес плотномера в сборе, кг	4
Габаритные размеры, мм, не более	
Буйка	150×60×60
ТДС-1	120×60×100
ПМВ-1	180×110×110

**Склад виробу**

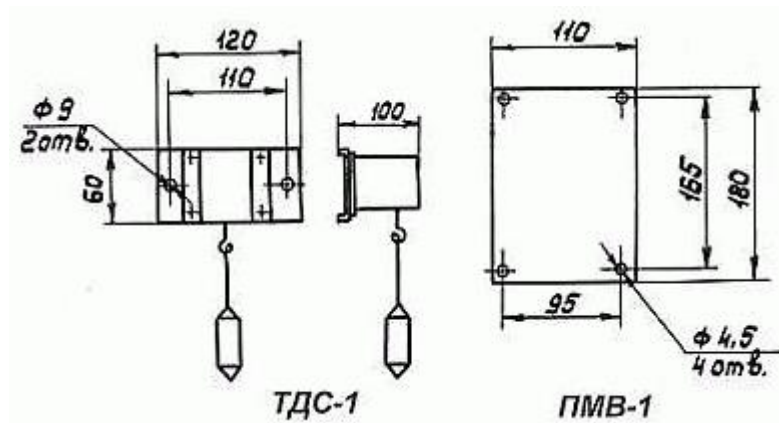
Плотномер ТМ-1 складається з тензометричного датчика сили ТДС-1, буйка і перетворювача мікропроцесорного ПМВ-1.

**Спосіб монтажу**

ТДС-1 кріпиться над технологічної ємністю по місцю.

Буйок підвішується до ТДС-1 на тросі і розміщується в спокійній зоні технологічної ємності. При відсутності спокійній зони в ємність монтується заспокоювач рідини, в який поміщається буйок.

Перетворювач ПМВ-1 монтується за місцем на відстані не більше 10м від ТДС-1. Плотномер ТМ-1 поставляється з кабелем довжиною 1,7 м. При необхідності інша довжина кабелю узгоджується з виробником.



## 5.Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорних контролерів (алгоритм та програма для ПЛК)

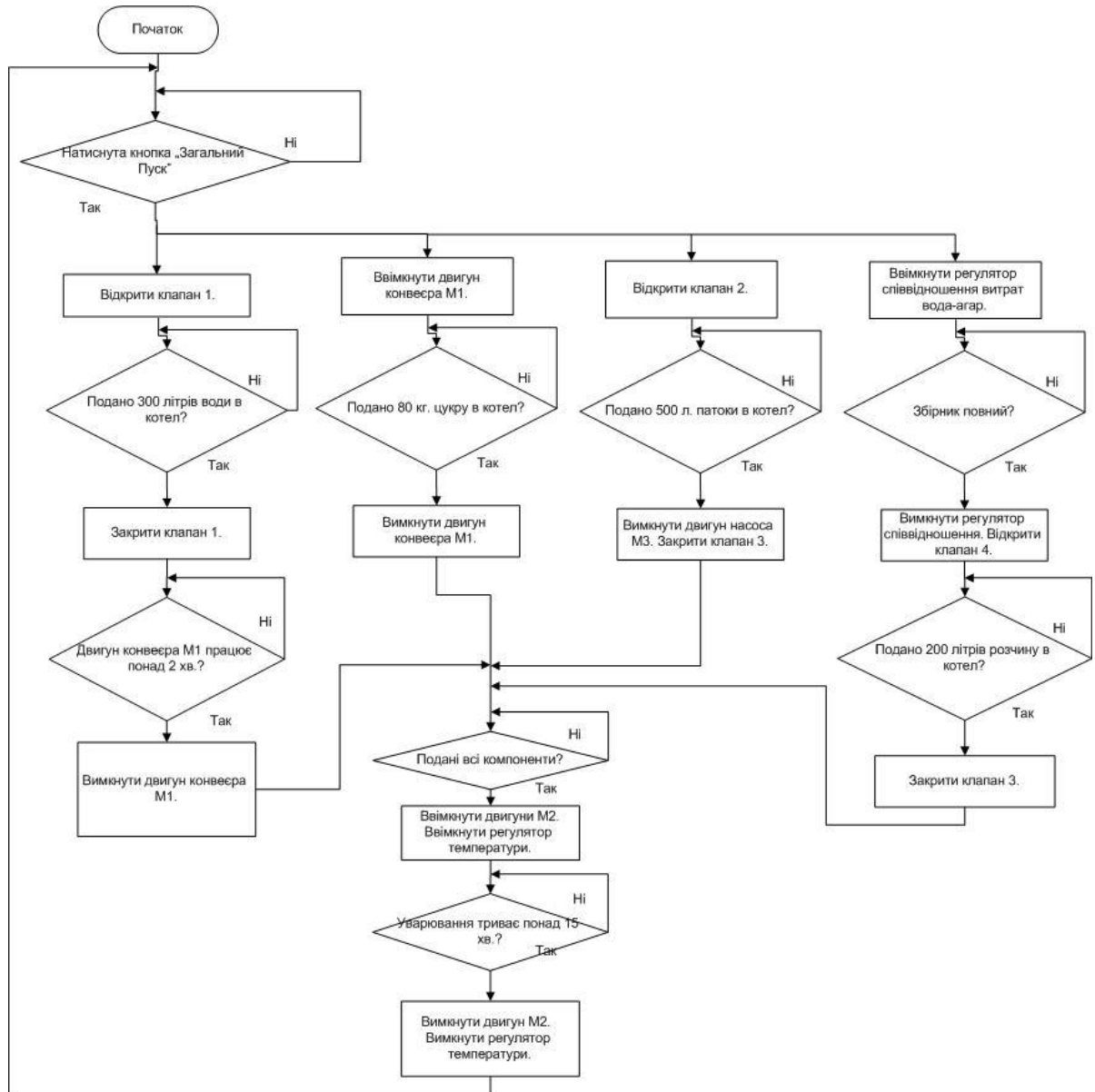


Рис.5.1. Блок-схема алгоритму управління

В середовищі Unity Pro створюються змінні яким присвоюється значення технологічних параметрів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільченко Р.П.			Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					70	3
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-2ск		
Секретар		Проскурка Є.С.						





## 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

За допомогою програмного забезпечення Vijeo Citect розробляємо SCADA-систему, яка дасть можливість оператору переглядати перебіг технологічного процесу та значення усіх технологічних параметрів. У вікні «Редактор проектів Citect» описуємо всі змінні, створюємо змінні для трендів, алармів та описуємо настройки до них. В меню «Теги»/«Змінні теги» описуємо всі змінні.

Рис.6.1. Вікно опису змінної

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гльченко Р.П.			<i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу виробництва зефіру</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Романов М.С.					73	9
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-2ск</i>		
Секретар		Проскурка С.С.						



Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
M14	%Q0.7.7	-	-	-	-	BOOL
M15	%Q0.7.8	-	-	-	-	BOOL
M16	%Q0.7.9	-	-	-	-	BOOL

В меню «Теги»/« Теги Тренда» описуємо всі змінні, що будуть використовуватись в трендах.

Рис.6.2. Вікно опису змінної для тренду

В меню «Аларми»/«Дискретні Аларми» описуємо дискретні аларми.

Рис.6.3. Вікно опису дискретного аларми

Таблиця 6.2. Аларми дискретні

Тег аларма	Ім'я аларма	Опис аларма	Змінний тег А
1	2	3	4
M7	Двигун M1	Аварія двигуна	M7
M7_1	Двигун M1	Готовий до роботи	M7
M8	Двигун M2	Аварія двигуна	M8
M8_1	Двигун M2	Готовий до роботи	M8
M9	Двигун M3	Аварія двигуна	M9
M9_1	Двигун M3	Готовий до роботи	M9
M10	Двигун M4	Готовий до роботи	M10
M10_1	Двигун M4	Аварія двигуна	M10

В меню «Аларми»/«Аналогові Аларми» описуємо аналогові аларми.

Таблиця 6.3. Аларми аналогові

Тег аларма	Ім'я аларма	Змінний тег	Критично низький	Критично високий
1	2	3	4	5
Temper_1	Температура вакуум-апараті	TE1	40	65
Temper_2	Температура в котлі	TE2	60	75
Temper_3	Температура в апараті для збивання зефірних мас	TE3	50	70
FE1	Витрата води	FE1	15	25
FE2	Витрата патоки	FE2	250	320
FE3	Витрата агару	FE3	900	1050
PE	Тиск в вакуум- апараті	PT1	0,02	0,08

В меню «Аларми/Категорій алармів» описуємо як будуть відображатись аларми:



## 6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Тут відображається дані з датчиків, відкриття чи закриття клапанів, кнопки запуску та зупинки, анімаційне відображення переходу на наступну стадію технологічного процесу. Оператор слідкує за перебігом технологічного процесу з робочого місця оператора. В разі необхідності оператор може перейти до ручного, або автоматичного режиму управління. Для переходу в ручний чи автоматичний режим роботи оператор повинен натиснути на кнопку яка відповідає за цей чи інший режим. Оператор може змінювати ступінь відкриття клапанів, оберти двигуна. Для того щоб на виробництві не сталася аварія і не порушився перебіг технологічного процесу на екрані оператор може спостерігати за значенням параметрів і як тільки це значення цього параметру перевищить максимальні допустимі значення то оператор побачить зміну кольору цього параметру. Якщо параметр буде більше ніж граничне значення то колір буде червоним, якщо ж нижче – то жовтим. Двигуни коли працюють мають червоний колір, якщо двигун вимкнений і готовий до роботи – зелений.

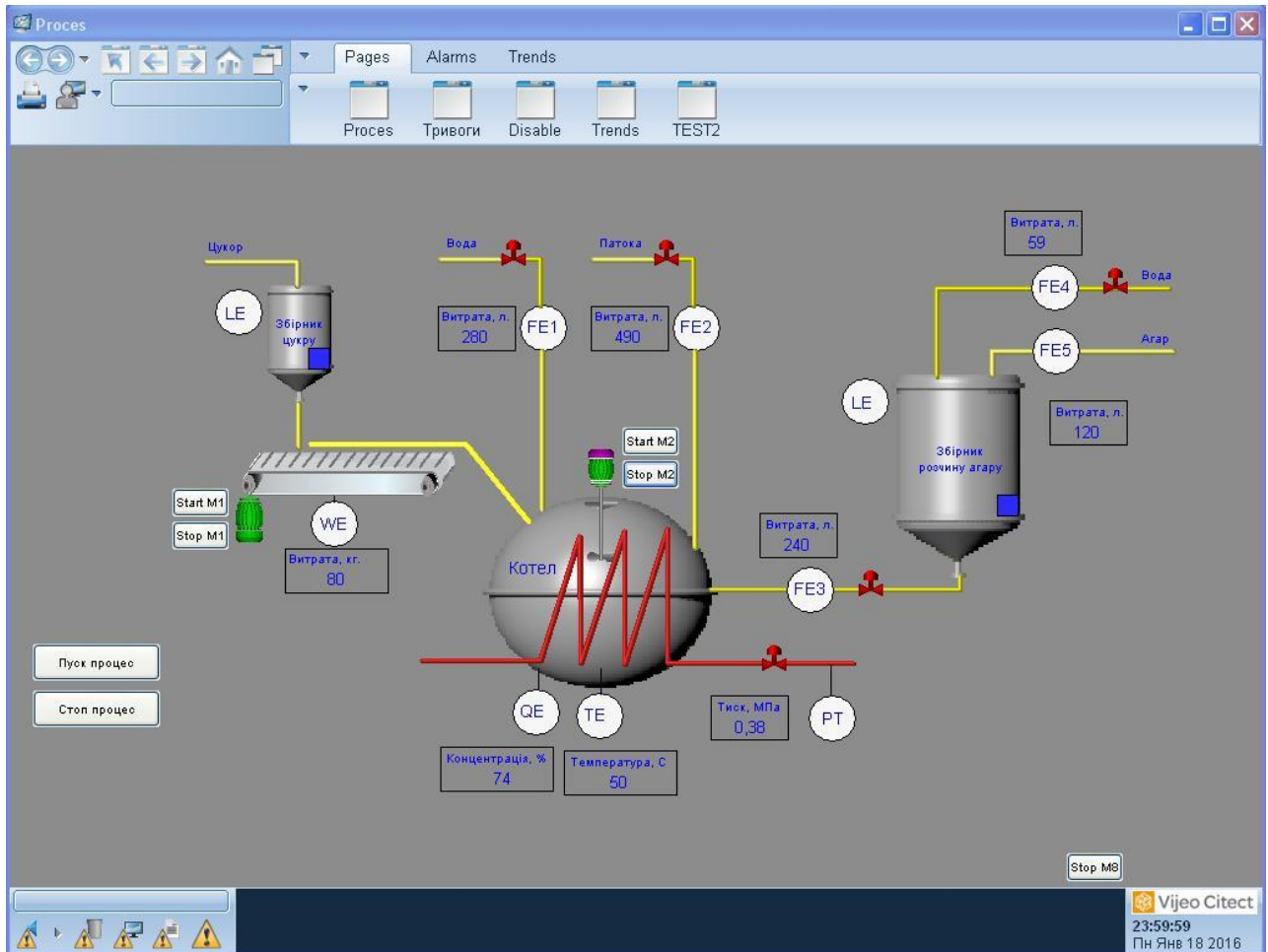


Рис.6.6. Мнемосхема заторного котлі

На сторінці Alarm ми можемо налаштувати, змінювати аларми, дивитися історію в вікнах алармових повідомлень:

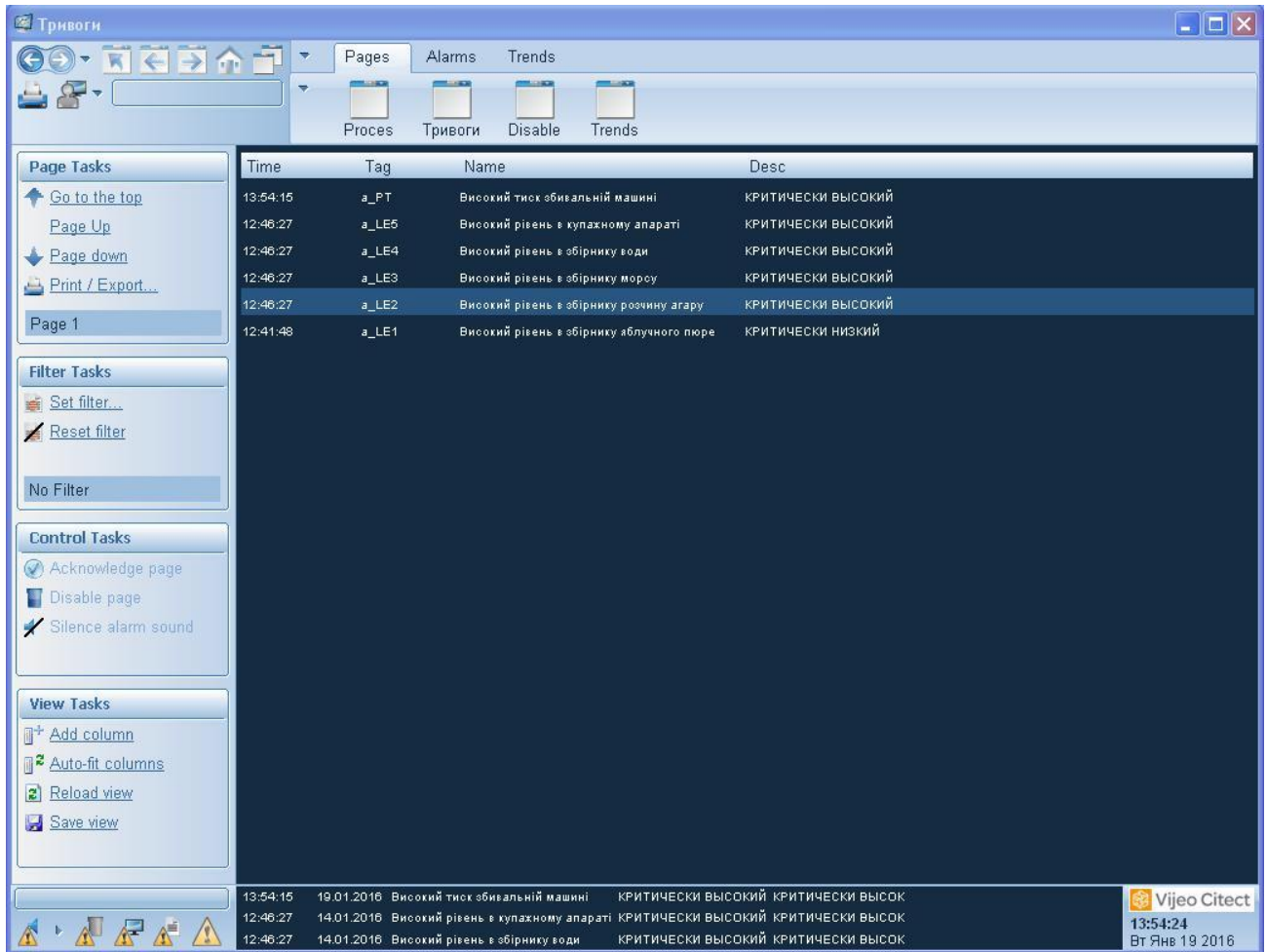


Рис.6.7. Вікно алармів

На сторінці Trend ми можемо спостерігати за графіком змінної та налаштувати її: Можна подивитись архівні записи які зберігаються в пам'яті.

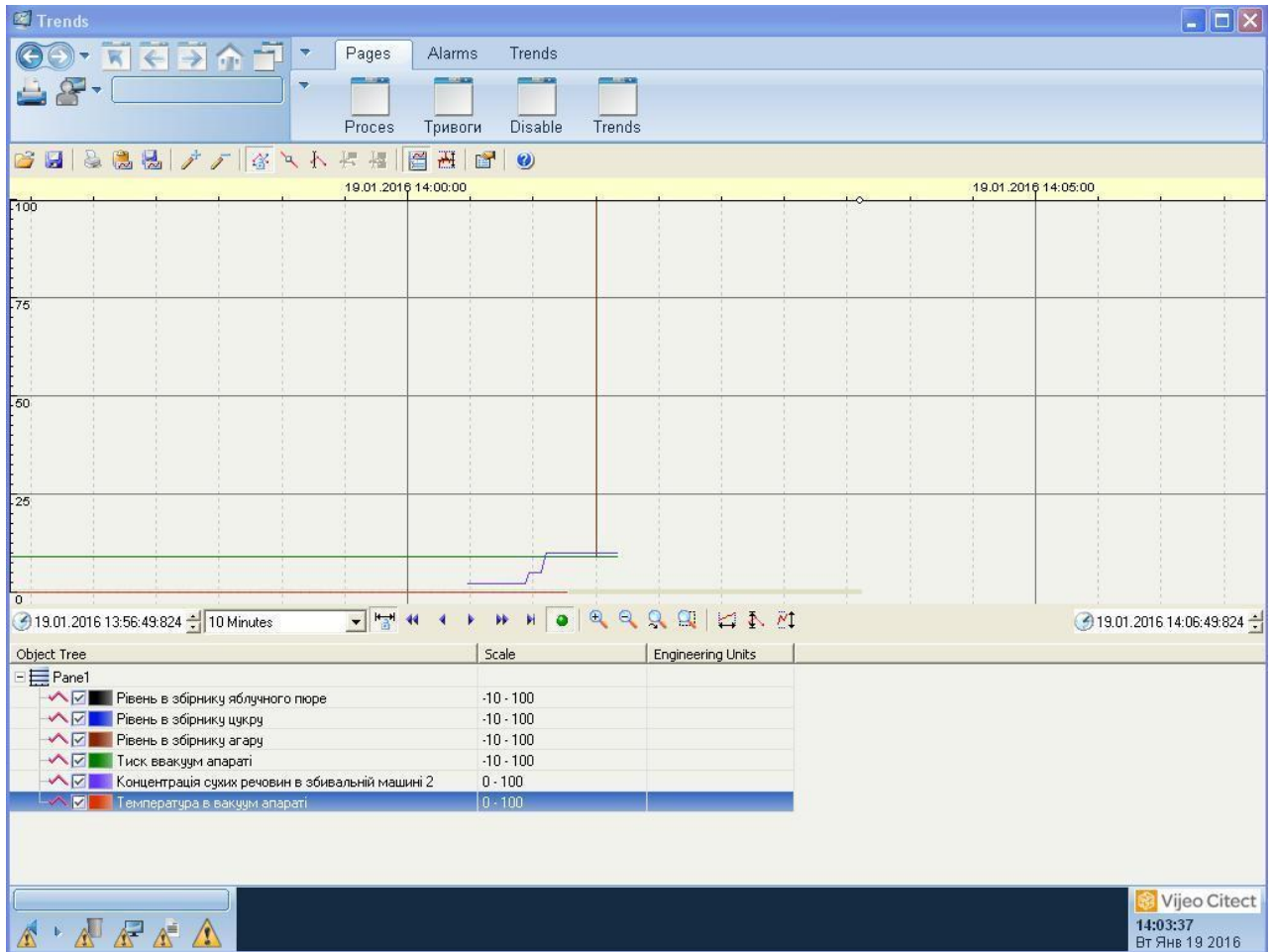


Рис.6.8. Вікно трендів

## Висновки

При роботі над даним дипломним проектом було зібрано багато інформації про відділення приготування зефіру, на основі якої було розроблено функціональну схему автоматизації, в якій передбачено контроль і регулювання таких параметрів:

- температура в вакуум-апараті;
- тиск в вакуум-апараті;
- витрата води в котел;
- витрата цукру в котел;
- тиск пари в трубопроводі подачі;
- рівень в збірниках.

Схема автоматизації реалізована на електричних засобах автоматизації.

На основі виконаної роботи можна зробити висновок, що при автоматизації будь-якої ланки харчової промисловості значно збільшується величина прибутку і значно зменшуються затрати на виготовлення однієї одиниці продукції.

Схема автоматизації побудована на базі використання мікропроцесорного контролера, який керує об'єктом за алгоритмом, записаним у його пам'яті. Для забезпечення спостереження за ходом технологічного процесу, а також можливості дистанційного оперативного управління як при нормально працюючому МПК, так і у разі виходу його з ладу, розроблено SCADA-систему.

## Список використаних джерел

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. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
4. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
6. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
7. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
8. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
9. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
10. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

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

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

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