

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
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«05» червня 2023 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав Смітюх
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«05» червня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

(код та назва спеціальності)

технології»

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія
в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-1

Максименко Данііл Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Киричук Сергій Андрійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Олена Харкенья

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач

(підпис)

Київ – 2023 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 «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

«03» квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Максименку Данілу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари

керівник роботи ст. викл. Киричук Сергій Андрійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. №204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 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. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проєктне 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 03 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Максименко Д.О.

_____ (підпис)

Керівник роботи Киричук С.А.

_____ (підпис)

Анотація

У даній кваліфікаційній роботі проводився опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення рідкої опари за допомогою сучасних технік і засобів автоматизації.

Показана система автоматизації процесу виробництва рідкої опари розроблялась із використанням промислового логічного контролера М340 від виробника Schneider Electric.

За допомогою програмного забезпечення EcoStruxure Control Expert v15.2 (Unity Pro в минулих версіях) було розроблено програму автоматизованого процесу виготовлення рідкої опари на мові FBD. У цьому ж програмному середовищі було створено операторську дисплейну мнемосхему робочого процесу.

Ключові слова: автоматизація, опара, М340, Control Expert, KOBOLD LTS.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Annotation

In this qualification work, a description of the development of the automation system of the process of making liquid foam using modern techniques and automation tools was carried out.

The shown automation system of the liquid-vapor production process was developed using the M340 industrial logic controller from Schneider Electric.

With the help of EcoStruxure Control Expert v15.2 software (Unity Pro in previous versions), a program for the automated process of manufacturing liquid foam in the FBD language was developed. An operator display mnemonic of the workflow was created in the same software environment.

Keywords: automation, opara, sourdough, M340, Control Expert, KOBOLD LTS.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.	17
Розділ 2. Система автоматизації	18
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	18
2.2. Схема автоматизації.....	33
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	35
Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	37
3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	37
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	39
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	40
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу	46
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового... логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	49
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	60
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних.....	60
6.2. Зображення дисплейних мнемосхем оператора.....	63
Висновки	64
Список використаної літератури	65

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Процеси замішування та бродіння відіграють важливу роль в технологічному процесі виготовлення опари. Оскільки від даних процесів буде залежати якість отриманої опари.

Для отримання якісної опари необхідно дотримуватися всіх параметрів технологічного процесу, починаючи від підготовки сировини, продовжуючи процесами замішування, бродіння та закінчуючи процесом переливу отриманої опари.

Сучасний рівень технологій процесів автоматизації дозволяє проводити процес виготовлення опари на високому рівні з дотриманням всіх вимог технологічного процесу, шляхом забезпечення оптимального проходження технологічних процесів виготовлення опари.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари з використанням сучасних технічних засобів автоматизації для забезпечення оптимального проходження технологічного процесів замішування та бродіння при виготовленні опари.

Застосування сучасних технічних засобів і технологій автоматизованих комп'ютерних систем дає змогу підвищити ефективність процесу, знижуючи споживання енергетичних ресурсів для технологічного процесу бродіння та замішування та збільшуючи якість продукту при зменшенні часу проходження всього процесу, що дозволяє збільшити прибутковість виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Опара – це суміш або розчин, що складається з муки, дріжджів і рідини, іноді з додаванням цукру, солі або інших інгредієнтів. Це перша стадія приготування дріжджового тіста. Опара створюється шляхом змішування дріжджів з рідиною та поступовим додаванням муки до утворення рідкого тістоподібного консистентного розчину. Опара залишається на деякий час для активації дріжджів та початку ферментаційного процесу, перш ніж її використовують для приготування кінцевого тіста. Цей метод дозволяє підвищити якість тіста та поліпшити його смак та текстуру.

Метою приготування опари є адаптація дріжджів до життєдіяльності в анаеробних умовах борошняного середовища, їх розмноження; гідратація та ферментативний гідроліз біополімерів борошна; накопичення кислот, водорозчинних і ароматичних сполук.

Приготування тіста, а також приготування хлібу за допомогою опарного способу не є найбільш поширеним. Проте даний спосіб й досі використовується для виготовлення деяких видів хлібу, в своїй більшості які – формові житньо-пшеничні та пшеничні.

Всього ж існує два види опари: рідка та густа. Обидва види приготування мають одні й ті ж самі складові частини, проте дещо відрізняються по технології свого приготування.

Опару готують за виробничою рецептурою, яку розробляє лабораторія підприємства.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Максименко Д.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Киричук С.А.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Разом із виробничою рецептурою лабораторія також визначає технологічний режим виготовлення кожного виду виробів.

При порційному способі приготування у виробничій рецептурі зазначають витрати сировини, розчинів солі, цукру, суспензії дріжджів тощо на замішування однієї порції опари і тіста.

Регламентуються наступні параметри: вологість, початкова температура, тривалість бродіння, кінцева кислотність опари, маса тістової заготовки при поділі тіста на шматки, тривалість і температура вистоювання опари.

Готування тіста за допомогою опари займає більше часу, проте двоетапний процес бродіння покращує гнучкість тіста, сприяє розкладу складових борошна та накопиченню більшої кількості речовин, які надають хлібу смак і аромат.

Хліб, приготовлений за допомогою опари, має кращу пористість м'якушки, структуру пор, їхню тонкостінність, оскільки в тісті відбуваються більш інтенсивні процеси набрякання частинок борошна, денатурація білків тощо.

Покращенню гнучкості і смакових якостей тіста сприяє також значна концентрація молочної кислоти в ньому. За допомогою опари, скоринки хліба мають краще забарвлення (світло-коричневі, рожевуваті), гладенькі завдяки наявності цукрів і декстринів у тісті, а також утворенню складних сполук - меланоїдів.

Недоліком використання опари є більше часу, необхідного для приготування тіста порівняно з безопарним методом, а також більша потреба у додатковому обладнанні. Втрати сухої речовини борошна менші, тому вихід хліба зменшується приблизно на 0,5%.

Загалом увесь процес виготовлення опари розбивається на два етапи:

1. Етап заварювання
2. Етап вибродження

Проте, перед основним процесом приготування опари, необхідно отримати якісну сировину.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Борошно:

Вимоги до якості різних сортів пшеничного і житнього борошна наведені на рис. 1: для пшеничного борошна — за ГОСТ 26574—85, для житнього — за ГОСТ 7045—90, для житньо-пшеничного і пшенично-житнього — за ГОСТ 12183—66.

Для всіх сортів пшеничного і житнього борошна запах має бути притаманний нормальному борошну, без запаху плісняви, затхлості й інших сторонніх запахів; смак доброякісного борошна злегка солодкуватий, без кислуватого, гіркуватого або інших присмаків.

При розжовуванні не повинен відчуватися хруст. Не допускається вміст мінеральних домішок, зараженість або сліди зараженості шкідниками хлібних запасів.

На 1 кг борошна допускається не більше 3 мг металомангнітних домішок, розмір окремих частинок яких не повинен перевищувати 0,3 мм, а маса крупинок руди або шлаку не повинна перевищувати 0,4 мг.

Вологість хлібопекарського борошна не повинна перевищувати 15 % для районів Півночі і важкодоступних районів не повинна перевищувати 14,5 %.

Борошно	Колір	Крупність борошна*		Зольність (у перерахунку на СР), %, не більше	Сира клейковина, %, не менше	Кислотність,** град, не більше
		залишок на ситі, %, не більше	прохід крізь сито, %			
Пшеничне: крупчатка	Білий або кремовий з жовтуватим відтінком	23/2	35/10 (не більше)	0,60	30	—
вищий сорт	Білий або білий з кремовим відтінком	43/5	—	0,55	28	3,0
перший сорт	Білий або білий з жовтуватим відтінком	35/2	43/80	0,75	30	3,5
другий сорт	Білий з жовтуватим або сіруватим відтінком	27/2	38/65	1,25	25	4,5
обойне	Білий із жовтуватим або сіруватим відтінком з помітними частинками оболонки зерна	067/2	38/35	Не менше, ніж на 0,07 нижче зольності зерна до очищення, але не більше 2,0	20	5,0

За розтяжністю клейковину ділять на коротку — розтяжність до 10 см, середню — 10—20 см і довгу — більше 20 см.

Рис. 1.1. – Вимоги до якості борошна

Борошно	Колір	Крупність борошна*		Зольність (у перерахунку на СР), %, не більше	Сира клейковина, %, не менше	Кислотність,** град, не більше
		залишок на ситі, %, не більше	прохід крізь сито, %			
Житнє:***						
сіяне	Білий	27/2	38/90	0,75	—	4,0
обдирне	Сірувато-білий	045/2	38/60	1,45	—	5,0
обойне	Сірувато-білий з помітними частинками оболонки	067/2	38/30	Не менше, ніж на 0,07 нижче зольності зерна до очищення, але не більше 2,0	—	5,5
Житньо-пшеничне і пшенично-житнє обойне	Сірувато-білий з помітними частинками оболонки	067/2	38/40		—	—

* У чисельнику наведено номер сита, а у знаменнику залишок чи прохід крізь сито.
** Вимоги до кислотності стандартами не передбачено.
*** "Число падіння" за методом Партена-Хагберга, с, не менше: для сіяного — 160, обдирного — 150, обойного — 105.

Рис. 1.2. – Продовження до вимог до якості борошна

Вода:

Для виготовлення тіста вода повинна відповідати таким вимогам (ГОСТ 2874 — 82):

запах і смак при 20 та 60 °С, бали, не більше	2
кольоровість за шкалою, град, не більше	20
те ж за дозволом санепідемслужби, не більше	35
каламутність за шкалою, мг/л, не більше	1,5
загальна жорсткість, мг-екв./л, не більше	7
те ж за дозволом санепідемслужби, мг-екв./л, не більше	10
сухий залишок, мг/л	1000
те ж за дозволом санепідемслужби, мг/л	1500
вміст, мг/л:	
хлоридів	350
сульфатів	500
цинку	5,0
поліфосфатів	3,5
міді	1,0
заліза	0,3
марганцю	0,1
заліза за дозволом санепідемслужби	1,0
марганцю за дозволом санепідемслужби	0,5
рН	6,5–9,0

Рис. 1.3. – Вимоги до якості води

Санітарна придатність води для харчових цілей характеризується ступенем обсіменіння її мікроорганізмами, зокрема кишковою паличкою. Стандартом передбачено, що кількість бактерій при посіві 1 мл води, яка визначається кількістю колоній після 24-годинного вирощування при температурі 37 °С, повинна бути не більше 100; кількість кишкових паличок в 1 л води (колііндекс) — не більше 3, кількість мілілітрів води, на яку припадає одна кишкова паличка (колі-титр), — не менше 300.

Жорсткість води виражають у вигляді суми міліграм-еквівалентів іонів Са та Mg що містяться в 1 л води (1 мг • екв. жорсткості відповідає вмісту в 1 л води 20,04 мг Са²⁺ або 12,16 мг Mg²⁺).

Дріжджі:

Для розпушування тіста використовують дріжджі хлібопекарські пресовані (ГОСТ 171—81), дріжджове молоко ТУ (10-0334585-3—90), сушені дріжджі (ГОСТ 28483—90). Показники якості дріжджів наведено на рис. 4:

Показник	Дріжджі пресовані	Дріжджове молоко	Дріжджі сушені	
			вищий сорт	перший сорт
Консистенція	Густа, легко ламаються, не жуться	Рідка суспензія	У вигляді вермішелі, гранул, дрібних зерен, шматочків або круп	
Колір	Сіруватий із жовтуватим відтінком	Сіруватий з жовтим відтінком	Світло-жовтий або світло-коричневий	
Запах і смак	Притаманий дріжджам. Без гнилісного запаху, плісняви та інших сторонніх запахів			
Масова частка вологи, %, не більше	75	75*	8,0	10,0
Кислотність, мг оцтової кислоти, не більше:				
в день виготовлення	120	120*	—	—
на 12-у добу підняття тіста до 70 мм, хв, не більше	300	360**	—	—
Стойкість для дріжджів заводів, год, не менше				
дріжджових	60	—	—	—
спиртових	48	—	—	—
Термін зберігання з дня виготовлення, міс, не менше	—	—	12	5
Вміст дріжджів в 1 л у перерахунок на дріжджі з вологістю 75%, г, не менше	—	450	—	—
Мальтазна активність, хв:				
задовільна	90 – 100	90 – 100*	—	—
хороша, менше	90	90*	—	—
незадовільна, більше	100	100*	—	—

* Дріжджі виділено з дріжджового молока.
** Через 72 год зберігання молока при температурі від 0 до 10 °С.

Рис. 1.4. – Вимоги до якості дріжджів

Сіль кухонна харчова:

Сіль входить до рецептури хлібобулочних виробів у кількості 1,0 — 2,5 % до маси борошна. Згідно з ГОСТ 13830—91 сіль кухонна харчова поділяється на кам'яну, самосадну, садочну і виварну таких сортів: екстра, вищого і першого. Йодована сіль 12 всіх сортів містить 25 ± 5 г йодиду калію на 1 т солі. Показники якості солі наведено в рис. 5:

Показник	Сорт солі			
	всі види екстри	вищий	перший	другий
Колір	Білий	Допускається білий з сіруватим, жовтуватим і рожевим відтінком		
Запах	Без запаху, для йодованої допускається слабкий запах йоду			
Смак	Суто солоний, без сторонніх присмаків			
Масова частка вологи, %, не більше:				
кам'яної	—	0,25	0,25	0,25
садочної та самосадної	—	3,20	4,00	5,00
виварної	0,10	0,70	0,70	—
Масова частка на СР хлористого натрію, %, не менше	99,7	98,4	97,7	97,0
Масова частка нерозчинних у воді речовин, не більше	0,03	0,16	0,45	0,85
Масова частка хімічних домішок, %, не більше:				
Ca ²⁺	0,02	0,35	0,50	0,65
Mg ²⁺	0,01	0,05	0,10	0,25
Fe ₂ O ₃	0,005	0,005	0,01	0,01
Na ₂ SO ₄	0,20	0,50	0,50	0,50
SO ₄ ²⁻	0,16	0,80	1,20	1,50
K ⁺	0,20	0,10	0,10	0,20
pH розчину солі	6,5 — 8,0			

П р и м і т к а. Масова частка вологи йодованої солі — не більше 1,0 %, гарантійний термін зберігання 2 — 3 місяці.

Рис. 1.5. — Вимоги до якості кухонної харчової солі

Процес виготовлення густої опари:

Традиційні густі опари готують із 40-55 % всього борошна вологістю 43-48 % при порційному способі приготування тіста і 41-45 % — при безперервному. Вологість опари залежить також від сорту борошна, його хлібопекарських властивостей, рецептури виробів. При переробці слабкого по силі борошна вологість опари знижують, якщо борошно сильне або має короткорвану клейковину — вологість опари слід на 2-3 % підвищити.

Початкова температура опари 28-29°C сприятлива для розмноження дріжджових клітин, але залезно від якості борошна, пори року, кліматичних умов вона може бути 26-32 °С.

Термін бродіння опари 3-4,5 год залежно від сорту і якості борошна, активності дріжджів, температури, внесених добавок. Кислотність спілої опари має бути: для густих опар із пшеничного борошна вищого сорту 2,5-3,5 град, першого — 3,0-4,0; другого — 4,5; обойного — 6,5-7,5 град. На кінець бродіння опара збільшується в об'ємі в 1,5 рази, після чого вона починає опадати. Початок опадання опари є ознакою її готовності.

При порційному приготуванні традиційну опари, процес її замішування відбувається у тістомісильній машині з підкатною діжою або безперервним – у тістоприготувальних агрегатах.



					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 1.6. та 1.7. – Приклади зовнішніх виглядів тістомісильних машин

Процес виготовлення рідкої опари:

Рідкі опари мають низьку в'язкість, тому легко перекачуються по трубах, спускаються самопливом. Застосування рідких опар дає можливість більш гнучко управляти технологічним процесом. Рідкі опари в основному застосовують в виробництві хліба із пшеничного борошна другого сорту і обойного. На багатьох підприємствах їх застосовують і при виробництві виробів із борошна першого сорту.

Рідкі опари готують вологістю 65-72 % з 25-30 % всього борошна на рідких або пресованих дріжджах. Найбільш поширеним є варіант приготування опари з всієї кількості води, призначеної для замішування тіста, за виключенням води, необхідної для приготування розчинів сировини, що додається при замішуванні тіста. Такі опари називаються “великими”.

Малі рідкі опари готують з частини води. Проте, раціональним є спосіб приготування тіста на рідких опарах зниженої вологості. При вологості 58-62 % така опара містить 40-50 % борошна від загальної кількості за рецептурою. Оптимальна температура бродіння звичайних рідких опар 28-32 °С, тривалість бродіння 3,5-5 год, а зі зниженою вологістю — 3-4 год.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Для зниження в'язкості опар, зменшення піноутворення доцільно додавати в опари частину солі — 0,3-0,5 % до маси борошна в тісті.

Кінцева кислотність опар з пшеничного борошна першого сорту — 3,5-5 град, другого — 5-6,5, обойного — 8-9 град.

При приготуванні опар на суміші пресованих і рідких дріжджів рідкі дріжджі вносять в кількості 10-15 % до маси всього борошна для опар із борошна першого сорту, і 15-20 % — другого сорту, а пресовані за рецептурою. Допускається зменшення кількості пресованих дріжджів на 30-50 %. Такі опари дозрівають 3,5-4 год. Кислотність їх на 0,5-1,0 град вища, ніж опар, що готують тільки на пресованих дріжджах.

Для приготування рідких опар використовують машини ХЗ—2М—300 або ХЗ—2М—600.

Для дозрівання рідких опар рекомендуються стандартизовані ємкості, оснащені водяними сорочками для підігріву або охолодження опари.

При перерві в роботі на 8-48 год рідку опару можна охолодити до температури 10-15 °С, а перед вживанням підігріти.



Рис. 1.8. – Приклад зовнішнього вигляду бродильної ємності

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

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	Конвеєр	Подача борошна	ВКЛ/ВИКЛ	Управління	Стан	Вплив на двигун М1	
2	Трубопровід	Швидкість подачі опари	ВКЛ/ВИКЛ	Управління	Стан	Вплив на насос М3	
		Кількість подачі води	210 л	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі теплої води	
		Кількість подачі сольового розчину	0,3 л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі сольового розчину	
		Кількість подачі розчинених дріжджів	90 л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі розчинених дріжджів	
3	Тісто-місильна машина	Замішування опари	ВКЛ/ВИКЛ	Управління	Стан	Вплив на двигун М2	
		Температура	30°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі теплої води	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Підібрані у даному проекті технічні засоби вимірювання, виконавчі механізми та регулюючі органи були підібрані з міркуваннями найбільшої ефективності та адаптивності до необхідної автоматизованої системи за найменшої ціни.

Змішувальний механізм

Для проведення процесу замішування опари в даному проекті задіяна тістомісильна машина PRO E 300 італійського виробника MIXER (рис. 2.1).



Рис. 2.1. – Зовнішній вигляд тістомісильної машини MIXER PRO E 300

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Максименко Д.О.				18	18
Керівник		Киричук С.А.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.					
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					НУХТ АК-4-1		

Тістомісильна машина обладнана системою регулювання швидкості, що являє собою панель управління з двома таймерами. Дана модель також має можливість адаптації конструкції до безупинного автоматизованого процесу, що дає гарну можливість використання її в якості основного виконавчого механізму.

У своїй конструкції тістомісильна машина має спіральний тістоміс з підкатною діжою об'ємом 470 літрів з двома незалежними двигунами на місильний орган і діжку та реверсом діжі:

- Двошвидкісний спіральний двигун (1-а/2-а) - 90/182 об/хв;
- Двошвидкісний двигун діжі (1-а/2-а) - 8/17 об/хв.

Завантаження борошна за цикл (мін/макс) – 12/185 кг.

Завантаження тіста за цикл (мін/макс) – 20/300 кг.

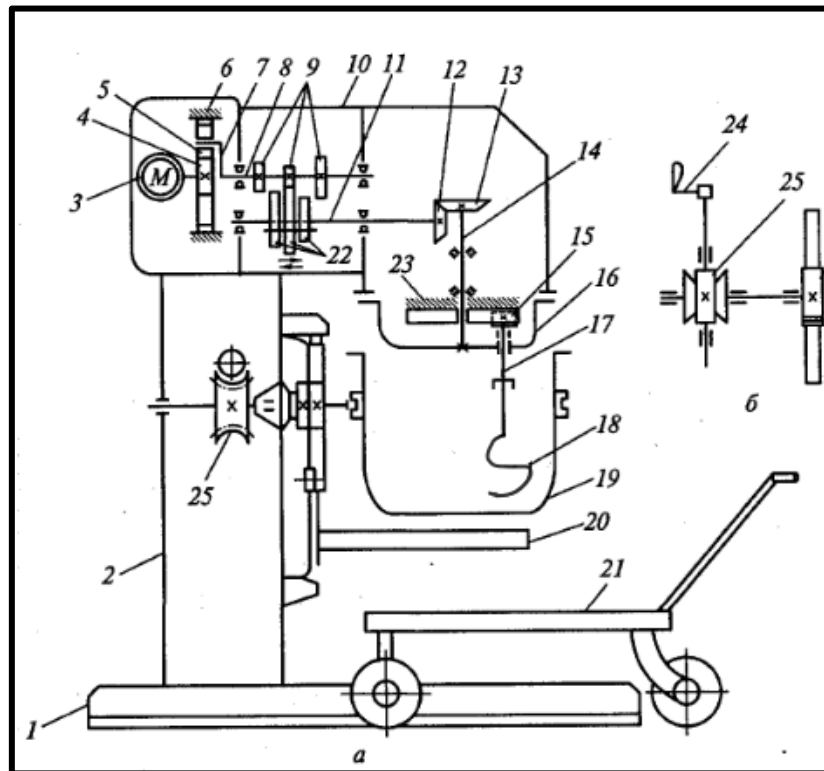


Рис. 2.2. – Схема тістомісильної машини MIXER PRO E 300

1 – плита; 2 – станина; 3 – електродвигун; 4 – шестерня; 5 – шестерня-сателіт; 6 – сонячне колесо; 7 – водило; 8 – верхній вал; 9 – шестерні; 10 – коробка швидкостей; 11 – нижній вал; 12, 13 – конічна шестерня і колесо; 14 – головний привідний вал; 15 – шестерня-сателіт; 16 – водило; 17 – робочий вал; 18 – збивач; 19 – бачок; 20 – кронштейн; 21 – підкатний візок; 22 – блок коліщат; 23 – сонячне колесо; 24 – маховик; 25 – черв'ячний редуктор

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Вимір температури

В даному проекті для визначення температури опари в бачку замішування тістомісильної машини під час процесу замішування було використано термометр опору KOBOLD LTS-A-0-3-02-M3-1-K-0 (рис. 2.5).

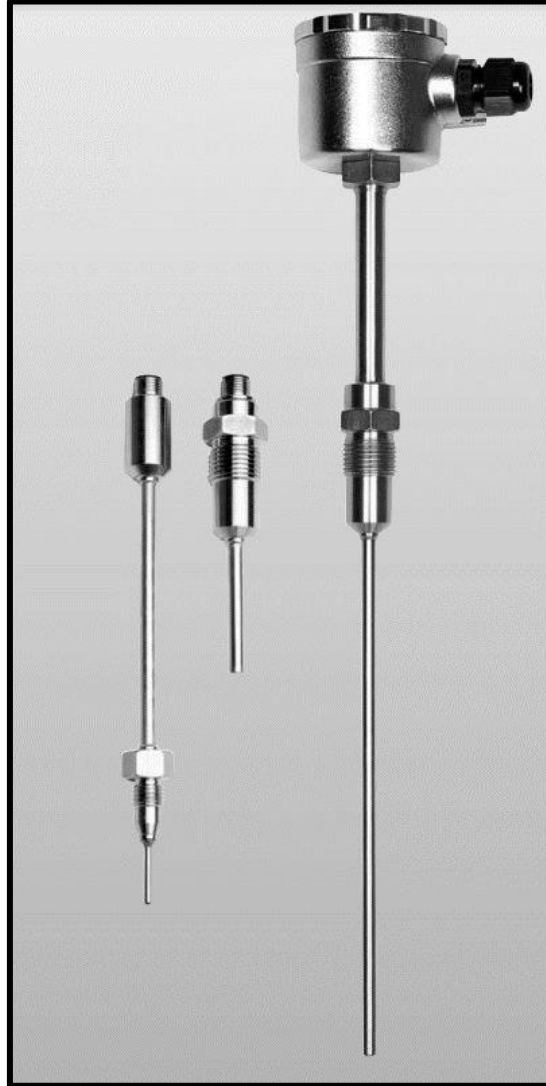


Рис. 2.5. – Зовнішній вигляд термометра опору KOBOLD LTS

Основні характеристики датчика температури:

- Діапазон вимірювання температури від $-50 \dots +250 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Діапазон допустимого тиску в середовищі вимірювання до 10 бар;
- Ступінь захисту датчика температури – IP 67;
- Клас точності А згідно DIN IEC 751.

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

Дані вимірювальні прилади, що використовуються для вимірювання температури, використовують спеціальний Pt100 сенсор згідно з міжнародним стандартом ІЕС 60751. Цей сенсор має платиновий резистор, який реагує на зміни температури і має опір 100 Ом при 0 °С, а його температурний коефіцієнт α дорівнює 0,003851 °С⁻¹.

Зміна опору платини по відношенню до вимірюваної температури використовується для вимірювання температури за допомогою резистивних температурних датчиків KOBOLD LTS. Пристрої підключаються електрично за допомогою 2- або 3-провідної технології, залежно від входу пристрою оцінки та довжини лінії. Крім того, датчик температури можна підключити до входу струму 4-20 мА (2-провідна петля струму) через вбудований 2-провідний передавач. Датчики температури з безпорожнистим з'єднанням (...Т, ...М) оснащені сумісною з харчовими продуктами металевою системою ущільнення, яка утворює гігієнічну точку вимірювання разом із відповідним приварним рукавом LZE. Датчики температури з горловиною призначені для вимірювання постійно високих температур (до 250°C).

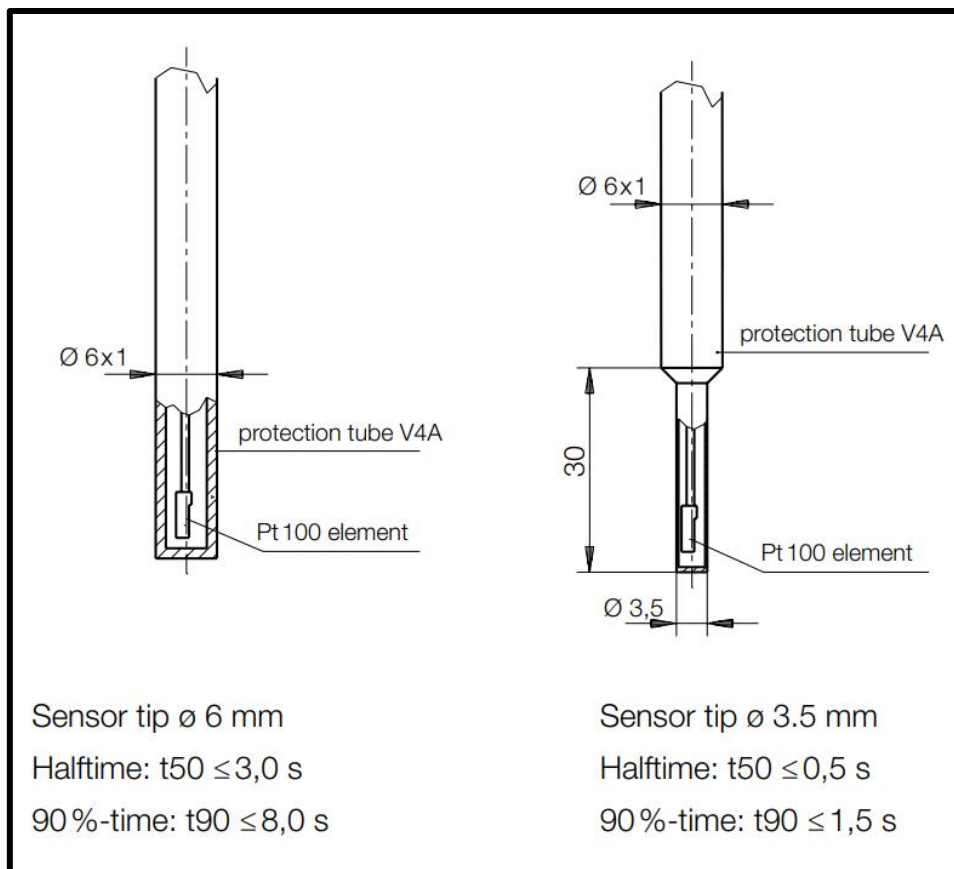


Рис. 2.6. – Розміри сенсора Pt100

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Technical Details**Measuring sensor**

Measuring principle:	Pt 100, Klasse A nach DIN IEC 751
Sensors:	1 or 2 Pt 100 per device (2-wire)
Measuring range:	without transmitter: -50 ... +250 °C (from 70 °C use only with neck well!)
Ambient temperature:	-20 ... +80 °C
Tolerances Class A:	0 °C: ±0,15K, 100 °C: ±0,35K
Max. pressure:	10 bar
Material:	stainless steel 1.4404
Process connection:	M12 x 1,5 hygienic (with sleeve LZE), G ½ hygienic (with sleeve LZE), G ½ ,ale without screw thread (for clamp screwing LZE-M1, LZE-S1)
Sensor length:	20, 50, 100, 150, 250 mm, special length up to max. 1000 mm

Electrical connection

Compact device:	LTS-K: M12 x 1-plug
Connection box:	LTS-A: cable connection M16 x 1.5 optional: M12 x 1-plug
Max. current:	1 mA
Protection:	IP 67
Weight:	LTS-K: 0.3-2 kg LTS-A: 0.5-2 kg

Рис. 2.7. – Технічні характеристики сенсора Pt100

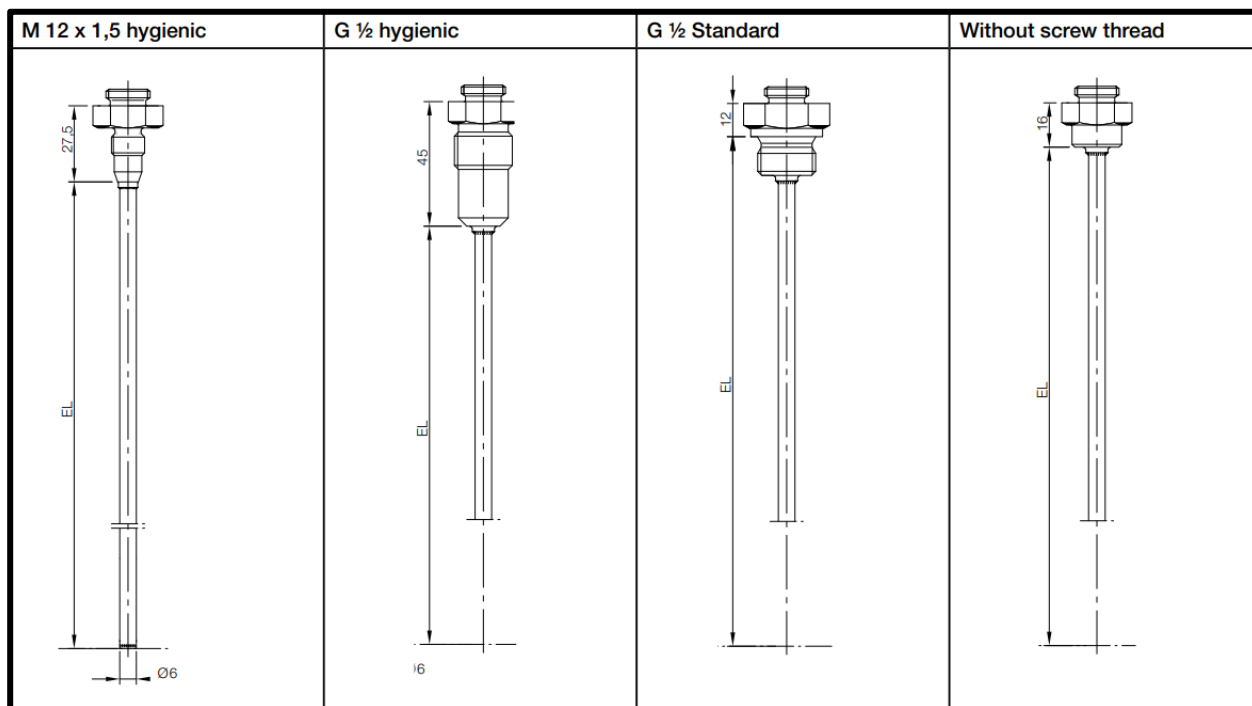


Рис. 2.8. – Розміри термометра опору KOBOLD LTS-A

Model	Version	Screw thread	Sensor tip	Sensor length	Process connection
LTS-	K = compact A = connection box	0 = without neck well H = with neck well	3 = Ø 3.5 mm (not for 2 sensors)	02 = 20 mm	M3 = M 12 x 1,5 hygienic
			3 = Ø 3.5 mm (not for 2 sensors) 6 = Ø 6 mm	05 = 50 mm 10 = 100 mm 15 = 150 mm 25 = 250 mm YY = special length max. 1000 mm	M3 = M 12 x 1,5 hygienic G4 = G ½, hygienic R4 = G ½, standard (for threaded jacket) K0 = without screw thread

Order Details (continued)

Sensor	Electrical connection	Transmitter
1 = 1 Pt 100, Class A, 2-wire (not for compact version K) 2 = 2 Pt 100, Class A, 2-wire 3 = 1 Pt 100, Class A, 3-wire	K = cable connection M16x1,5 (not for compact version) M = M12-plug	0 = without transmitter
6 = with transmitter		A = -10...+40 °C B = 0...50 °C C = 0...100 °C D = 0...150 °C E = 0...200 °C S = special

Рис. 2.9. – Специфікація замовлення термометра опору KOBOLD LTS-A

Вимір рівня

В даному проекті для визначення рівня у бродильних ємностях задіяні датчики рівня SHR-2 (2471203) (рис. 2.10).



Рис. 2.10. – Зовнішній вигляд датчика рівня SHR-2

Основні характеристики датчика рівня:

Вага: 55 г

Температура експлуатації: + 1...+80 °С

Довжина зонда: 96 мм, 21 мм

Ступінь захисту: IP68

Переріз провідників: 2.5 мм²;

Напруга на електродах: max 3,5V AC;

Струм електродів: < 0,1mA AC;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Електропневматичний перетворювач

У даному проекті при управлінні пневматичними клапанами для проходження процесу виробництва опари задіяно електропневматичні перетворювачі PC-28G/A українського виробника Aplisens (рис. 2.11).



Рис. 2.11. – Зовнішній вигляд електропневматичного перетворювача Aplisens PC-28G/A

Електропневматичний перетворювач призначений для перетворення вання уніфікованого струмового сигналу $4...20$ мА в уніфікований пневматичний сигнал $20...100$ кПа.

Прилад дозволяє забезпечити спільну роботу засобів автоматизації працюючих в електричному та пневматичному стандарті, наприклад, керувати пневматичним виконавчим пристроєм від аналогового виходу електронного контролера.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Технічні характеристики	
Вхідний сигнал	0...20мА, 4...20мА, 20...0мА, 20...4мА
Вихідний сигнал	20...100 аПа
Тиск живлення	140 кПа ±10%
Основна приведена похибка	0,5%
Додаткова похибка від зміни навколишнього середовища	макс. 0,8%/10°C
Додаткова похибка від зміни тиску живлення на 10%	макс. 0,5%
Вхідний опір	макс. 250 Ом
Робоче положення	довільне, можливість обнулення в обраному положенні
Використання повітря	0,35 кг/год для статичного режиму 7,5 кг/год для динамічного режиму
Маса	1,1 кг
Ступінь захисту	IP54
Діапазон робочих температур	-40...±70°C
Вологість	98%

Рис. 2.12. – Технічні характеристики електропневматичного перетворювача Aplisens PC-28G/A

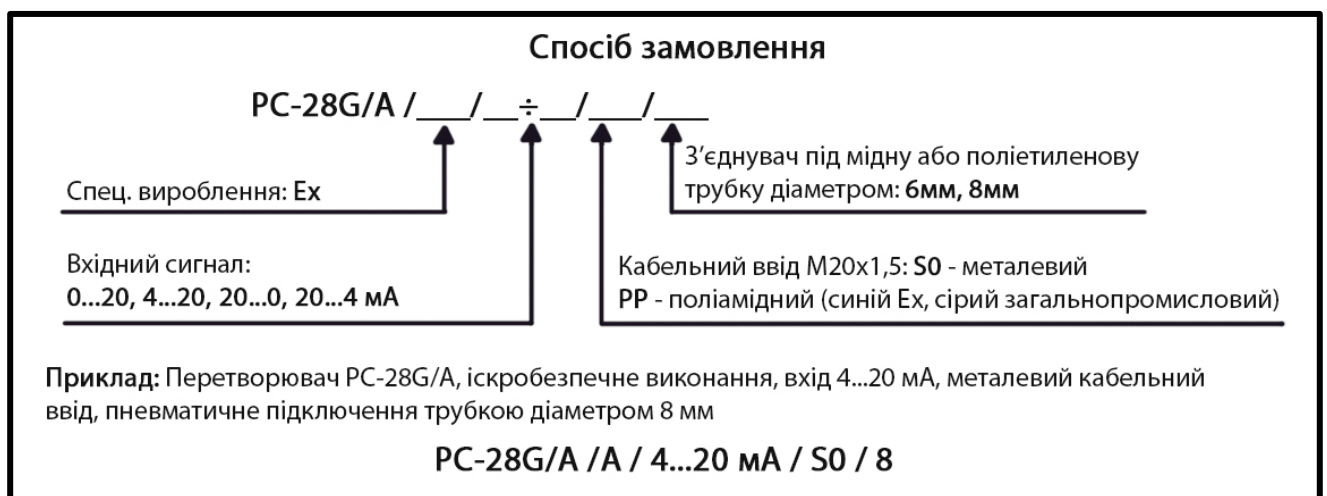


Рис. 2.13. – Специфікація замовлення електропневматичного перетворювача Aplisens PC-28G/A

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

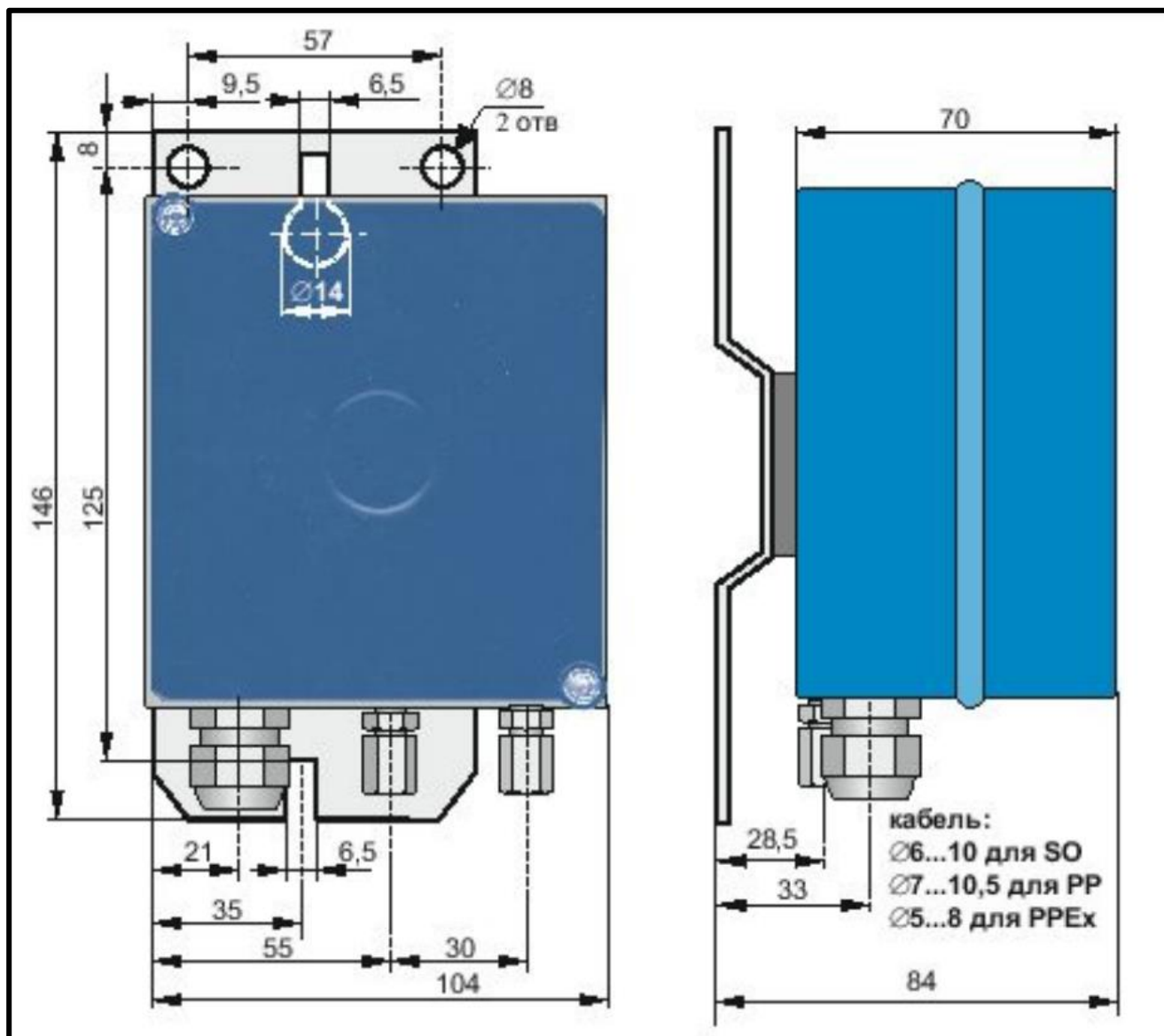


Рис. 2.13. – Розміри електропневматичного перетворювача Aplisens PC-28G/A

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Пневматичні клапани

У даному проекті для управління подачею води при проходженні процесу виробництва опари задіяно пневматичний клапан TFM20-S2-C французького виробника "Fincos" (рис. 2.14).



Рис. 2.14. – Зовнішній вигляд пневматичного клапана TFM20-S2-C

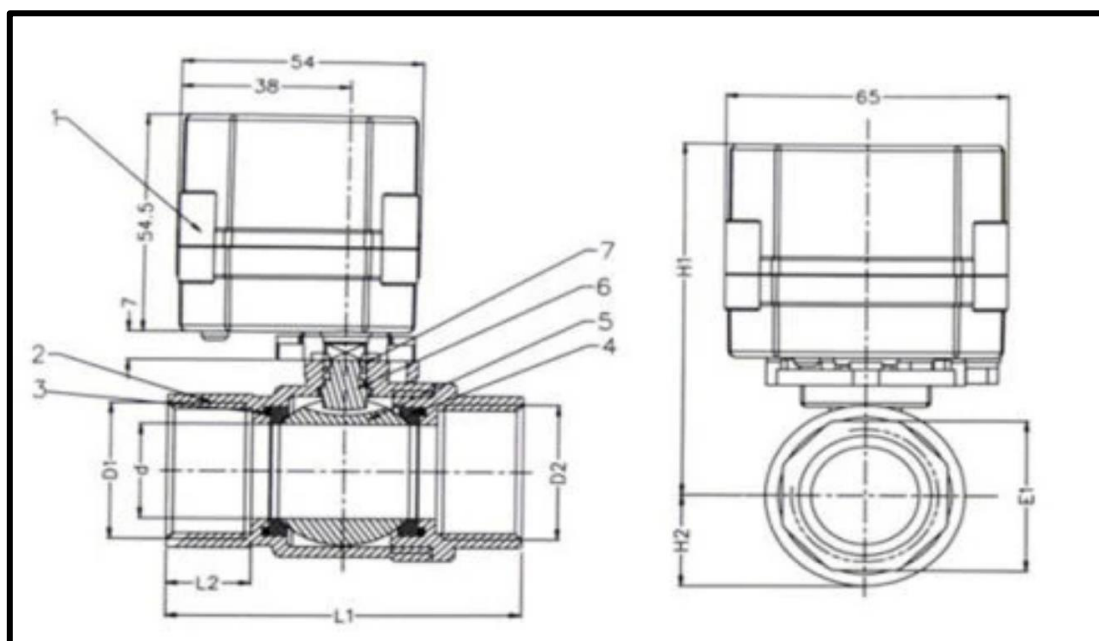


Рис. 2.15. – Розміри пневматичного клапану TFM20-S2-C

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Характеристики пневматичного клапану:

- Модель продукту: TFM20-S2-C
- Розмір: 3/4", DN20
- Різьба: BSP або NPT (На вибір)
- Матеріал корпусу: Stainless Steel 304
- Робоча напруга: DC9V-24V
- Контрольний сигнал: 0-5V, 0-10V, 4-20mA (На вибір)
- Позиція: Any position
- Кут нахилу: +-1.6 Degree
- Час відкриття/закриття: 7 sec
- Час затримки із заблокованим ротором: 2-4 sec
- Методи контролю проводки: 5 wires
- Максимальний робочий тиск: 1.0MPa
- Речовини: Fluid, Air
- Робочий струм: 500MA
- Час використання: 100,000 times
- Матеріал приводу: PPO
- Ущільнювальний матеріал: FKM & PTFE
- Обертання приводу: 90°
- Макс. сила крутного моменту: 2 N.M
- Довжина кабелю: 0.5m
- Температура середовища: -15°~60°
- Температура рідини: 1°~95°
- Ручне перевизначення: None
- Індикатор відкриття/закриття: Yes
- Клас захисту: IP67

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

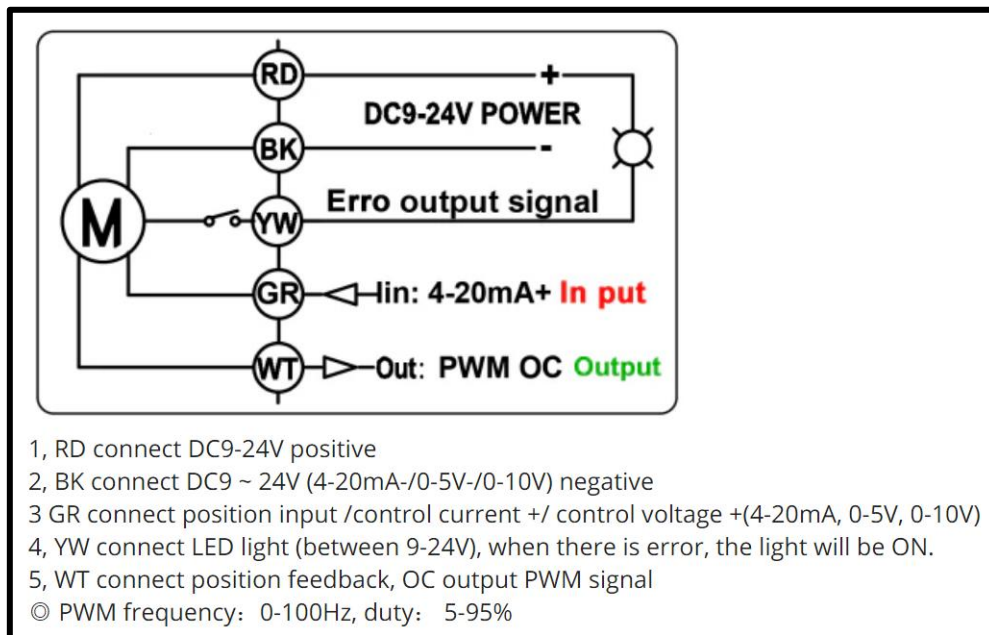


Рис. 2.16. – Підключення пневматичного клапану TFM20-S2-C зі зворотнім сигналом зв'язку 4-20 мА

У даному проекті для управління подачею сольового розчину, розчину дріжджів, а також управління подачі опари на вхід і вихід бродильних ємностей при проходженні процесу виробництва опари задіяно пневматичні клапани DSS-15 N.C. 1/2 китайського виробника “GAMA” (рис. 2.17).



Рис. 2.17. – Зовнішній вигляд пневматичного клапана GAMA DSS-15 N.C. 1/2

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Характеристики пневматичного клапана:

- Вид клапана: нормально закритий
- Напруга: 12 В, 24 В, 220 В
- Тип приєднання: муфтове
- Приєднувальні розміри, DN (ДК): 15
- Ступінь захисту: IP65
- Приєднання, дюйм: 1/2"
- Мінімальний робочий тиск: 0 бар
- Витрата: л/хв40
- Матеріал корпусу: Нержавіюча сталь
- Температура: -5...+80 °С
- Спосіб дії: комбінованої дії
- Матеріал ущільнення: NBR, VITON
- Максимальний робочий тиск: 10 бар

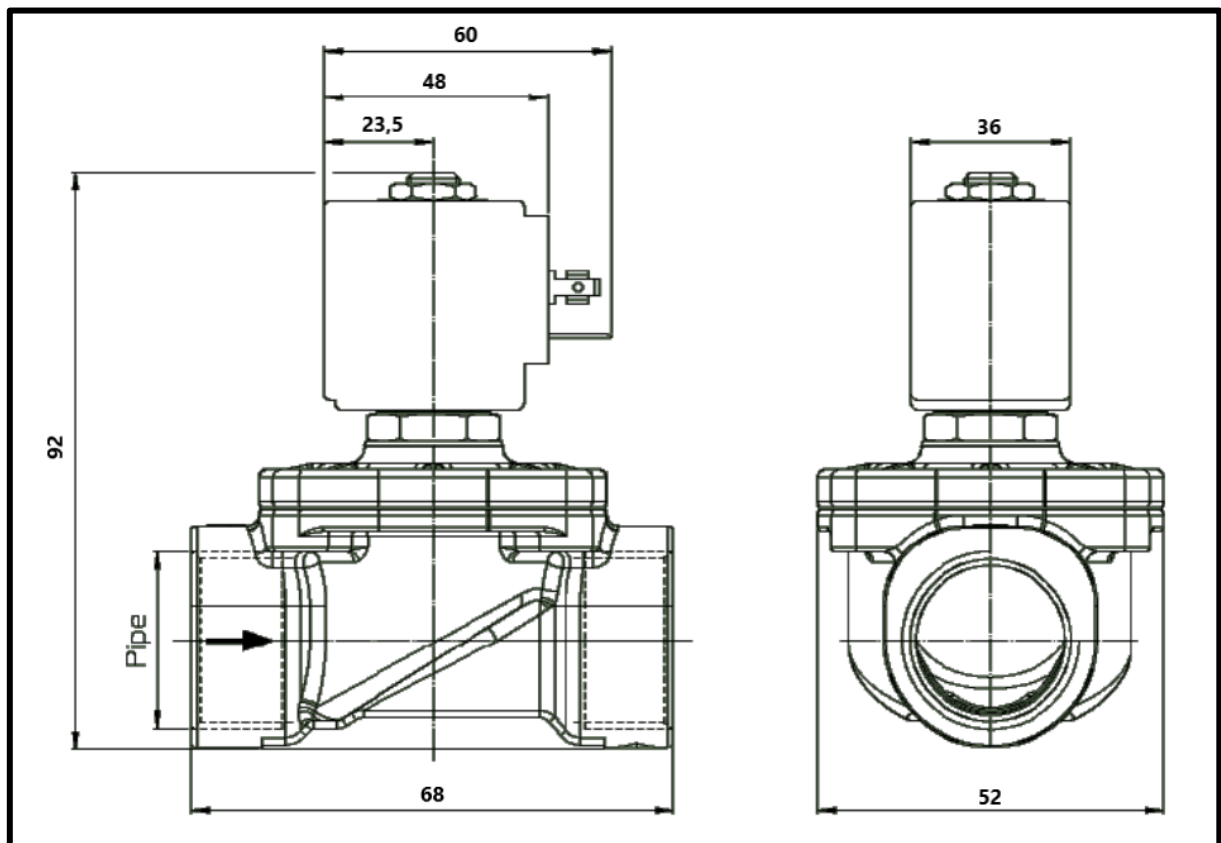


Рис. 2.18. – Розміри пневматичного клапана GAMA DSS-15 N.C. 1/2

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.2. Схема автоматизації

На схемі автоматизації процесу виготовлення опари представлено регулювання температури опари та регулювання її ж вологості при процесі змішування, також представлено управління двигунами.

Контур регулювання температури в зоні тістомісильної машини

Температура опари, що замішується вимірюється за допомогою вібростійкого термометра опору KOBOLD LTS-A з вихідним сигналом 4-20 мА (позиція а1), від яких з технологічного об'єкта поступають уніфіковані сигнали до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0410 ПЛК М340. Після цього вихідний сигнал 4-20 мА подається від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0210 ПЛК М340 на аналоговий електропневматичний перетворювач Aplisens PC-28G/A (позиція 5б), з якого сигнал поступає на пневматичний клапан TFM20-S2-C (позиція 5в), що регулює подачу теплої води. Вся інформація про температуру і управління також надходить до ПК, що діє змогу зручного відслідковування та керування проходженням процесу.

Контур управління двигуна ковєєра

Управління конвеєром здійснюється за допомогою впливу на конвеєрний двигун (позиція М1), що в свою чергу керується наявністю поступаючого уніфікованого сигналу 4-20 мА до ПЛК М340.

Контур управління двигуна тістомісильної машини

Управління двигуном тістомісильної машини (позиція М2) здійснюється при допомозі частотного перетворювача Mitsubishi FR-F740 (позиція 2а).

Контур управління двигуна насосу

Управління двигуном насосу (позиція М3) здійснюється при допомозі частотного перетворювача Mitsubishi FR-F740 (позиція ба).

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Контур управління клапанами бродильних ємностей

При завершенні процесу замішування опари на ПЛК М340 подається сигнал, що повідомляє про завершення процесу замішування. Модуль дискретних виходів ВМХ DDO 1602 утворює дискретний електричний сигнал, що передається на магнітний пускач Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (позиція КМ3), що в свою чергу передає управляючий сигнал до насосу Grubdfos TP-150-110/6 (позиція М1). Таким чином починається перекачування рідкої опари по трубам.

Паралельно із цим від модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 ВМХ DDO 1602 утворюється дискретний електричний сигнал, що передається на клапан Кл4 (позиція 7Г), через що останній відкривається, даючи можливість проходження рідкої опари до бродильної ємності.

Під час цього процесу від сигналізаторів рівня SHR-2 (позиція 7а-12а) передається дискретний електричний сигнал до модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602, що сигналізує про достатній або недостатній рівень рідини в ємності. При досягненні необхідного рівня від сигналізатора рівня SHR-2 (позиція 7а) передається дискретний електричний сигнал до модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602, після чого від модуля дискретних виходів ВМХ DDO 160 передається дискретний електричний сигнал до пневматичного перетворювача клапана на вхід до першої бродильної ємності GAMA DSS-15 N.C. 1/2 (позиція 7Г), після чого останній закривається. Паралельно із цим від модуля дискретних виходів ВМХ DDO 160 утворюється дискретний електричний сигнал до клапана на вхід до другої бродильної ємності (позиція 9Г), через що останній відкривається.

Таким самим чином процес відбувається й для останньої третьої бродильної ємності.

Після заповнення третьої бродильної ємності, від сигналізатора рівня (позиція 11а) подається дискретний електричний сигнал до модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602. Після чого від ПЛК М340 подаються сигнали відповідно на зупинення всіх двигунів (позиція М1-М3) і закриття всіх клапанів (позиція 3в-5в, 7Г-12Г). Після чого починається процес виброджування опари.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Термометр опору в комплекті з Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань -50...+250°C	LTS-A-0-3-02-M3-1-K-A	1	“KOBOLD”, Німеччина
2	2а, 6а	на щиті	Трьохфазний частотний перетворювач потужністю 5.5 кВт, з напругою живлення 380В.	FR-F740-00126-EC	2	Mitsubishi Electric, Японія
3	7а-12а	по місцю	Датчик із оцинк.сталі у ПВХ корпусі; переріз провідників – 2,5мм ² ; t°експл. від +1..+80°C	SHR-2 2471203	6	ETI Group, Словенія
4	5б	на щиті	Електропневматичний міжсистемний перетворювач для перетворення аналогово сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 DC	PC-28G/A	1	ТОВ "Група Компаній Аплісенс", Тернопіль

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

5	5В	по місцю	Електричний пневматичний клапан з управляючим уніфікованим сигналом постійного струму 4-20 мА, Uжив. ~220 В	TFM20-S2-C	1	Fincos, Франція
6	3В, 4В, 7Г- 12Г	по місцю	Електромагнітний клапан комбінованої дії з напругою живлення 24 DC, t°експл. від -5..+80°С	DSS-15 N.C. 1/2	8	GAMA, Китай
7	3В, 4В, 7В- 12Г	на щиті	Пневмоелектричний перетворювач 24V DC 160Om	П1ПР.5	8	Atmos, Луцьк

Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Основним документом, що стосується замовлення промислового логічного контролера (ПЛК) є специфікація, в якій вказується конкретна модель, включаючи кількість та опис модулів.

Сама ж система автоматизації процесу виготовлення опари розроблялася та виконувалася на основі ПЛК Schneider Electric M340.

Модулі, котрі були обрані для даного ПЛК викладені у вигляді специфікації, що наведені в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу ПЛК M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2000	1	Процесорний модуль Schneider Electric Modicon M340
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX DDI 1602	1	Модуль дискретних входів (16 входів)
BMX DDO 1602	1	Модуль дискретних виходів (16 виходів)
BMX AMI 0410	1	Модуль аналогових входів (4 входи)
BMX AMO 0210	1	Модуль аналогових виходів (2 виходи)

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Максименко Д.О.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					37	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

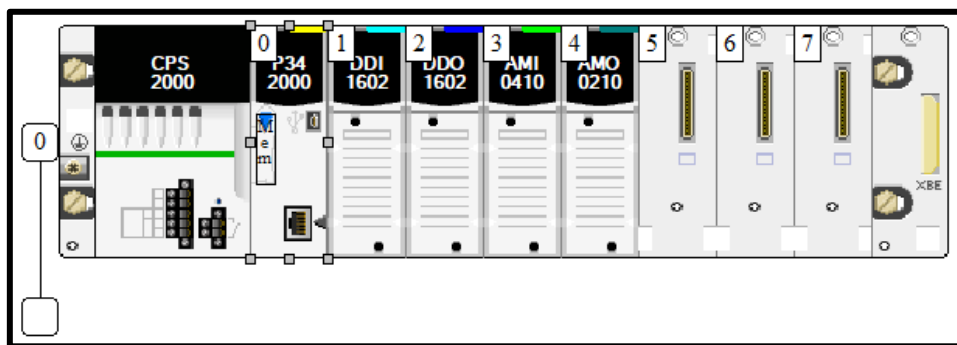


Рис. 3.1. – Компонування модулів ПЛК М340

Дискретні входи

До модуля дискретного входів ВМХ DDI 1602 у даному проекті підключені: перемикачі старту робочого процесу (SB1 і SB2 за схемою підключення датчиків), двигун конвеєра подачі борошна М1, двигун тістомісильної машини М2, двигун насосу М3, а також усі сигналізатори рівня (позначення 106-113 на схемі підключення датчиків). Імпульсний сигнал 0В або 24В надходить від сигналізаторів до модуля дискретних входів, повідомляючи про достатність або недостатність рівня опари в зброджувальних ємностях.

Дискретні виходи

До модуля дискретного виходів ВМХ DDO 1602 у даному проекті підключені: клапан на подачу розчинених дріжджів Кл1, клапан на подачу сольового розчину Кл2 та клапани на вхід і на вихід зброджувальних ємностей Кл4-Кл9. Імпульсний сигнал 0В або 24В надходить від модуля дискретних виходів до клапанів, що змушує останні закрити чи відкрити прохід опари по трубам.

Аналогові входи

До модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0410 у даному проекті підключений датчик вимірювання температури. Уніфікований аналоговий сигнал 4-24 мА подається від датчика технологічного об'єкта до ПЛК, сповіщаючи по дійсну температуру опари в бачку замішування, що дає змогу її регулювати.

Аналогові виходи

До модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0210 у даному проекті підключені: пневматичний клапана з аналоговим електропневматичним частотним перетворювачем. Уніфіковані аналогові сигнали 4-20 мА подаються від модуля на електричний регулюючий клапан і частотні перетворювачі.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципових електричних схем живлення датчиків і ВМ процесу виготовлення опари були використані наступні компоненти:

- SF1 – Автоматичний вимикач TD2-C 4P 10A (1 шт.)
- SF2..SF6 – Автоматичний вимикач TD2-C 4P 4A (4 шт.)
- G1 – ІБЖ джерело безперебійного живлення, 220В, 1000 ВА (1 шт.)
- G2 – Блок живлення контролера ВМХ CPS3500 (1 шт.)
- G3 – Блок живлення 24В DR-120-24 вихідна потужність 120 Вт (2 шт.)
- EL1 – Блок світильника 220В, 50Гц (1 шт.)
- FU0-FU6 – Запобіжник Іпл.вст.= 0,25 А (7 шт.)
- QF1.QF2 – Автоматичний вимикач захисту (2 шт.)

У принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК була сатована наступна нумерація провідників:

- 100-109 – провідники з вимірювальним сигналом;
- 200-213 – провідники з управляючим сигналом;
- 800-828 – провідники змінного струму;
- 900-905 – провідники постійного струму.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

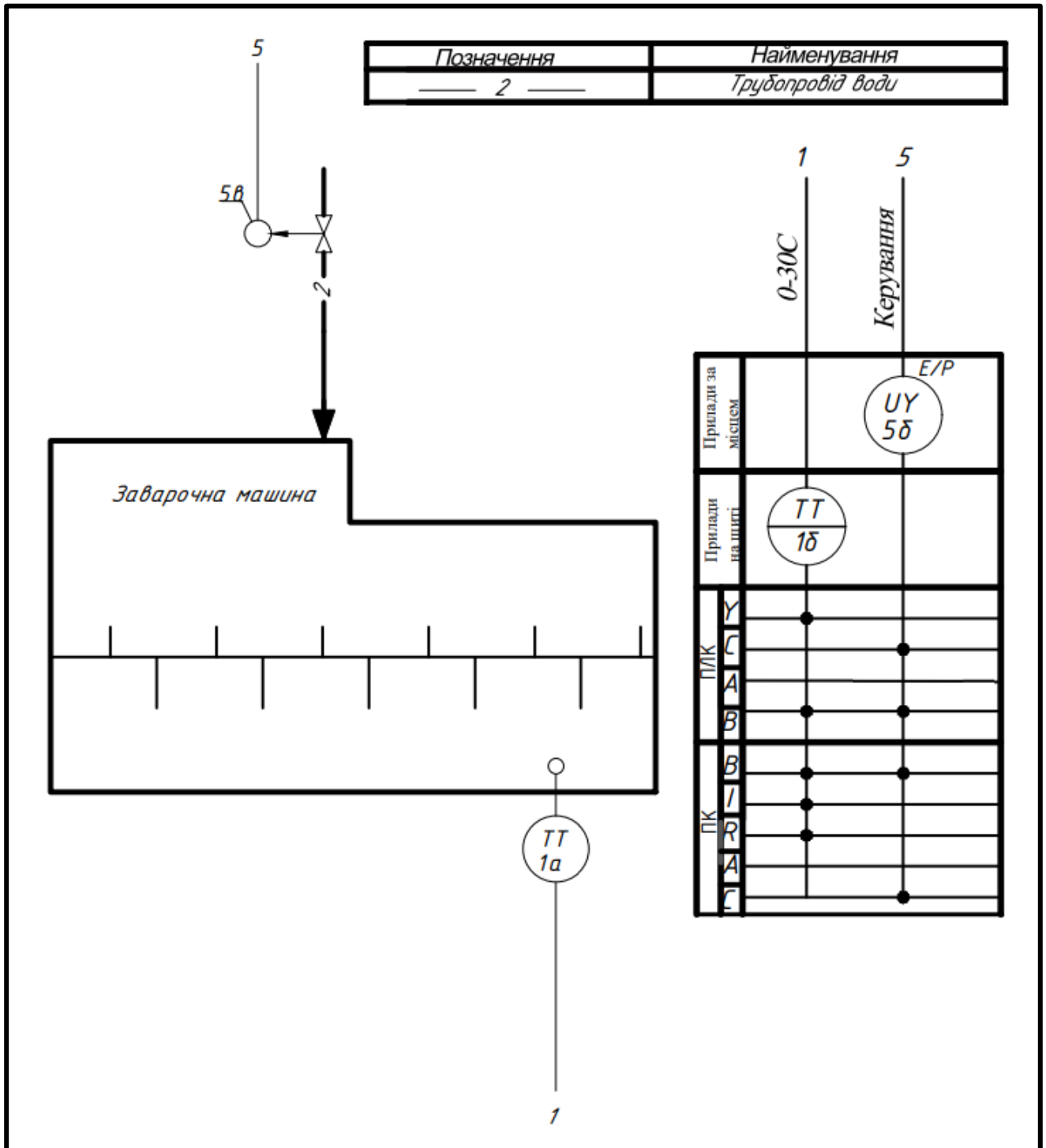


Рис. 3.2. – Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання температури бачку замішування тістомісильної машини

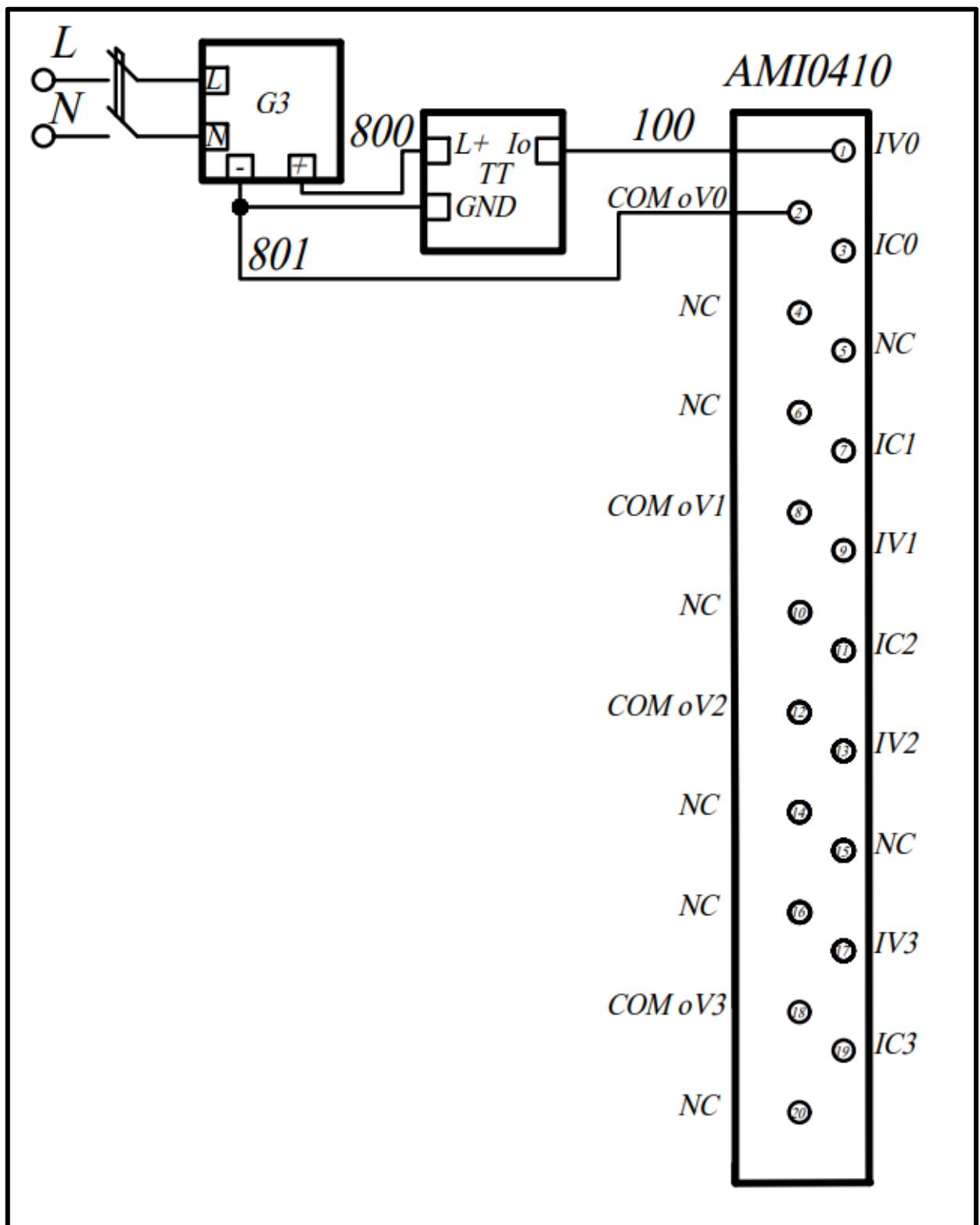


Рис. 3.3. – Принципова схема підключення датчика температури до модуля ВМХ АМІ 0410

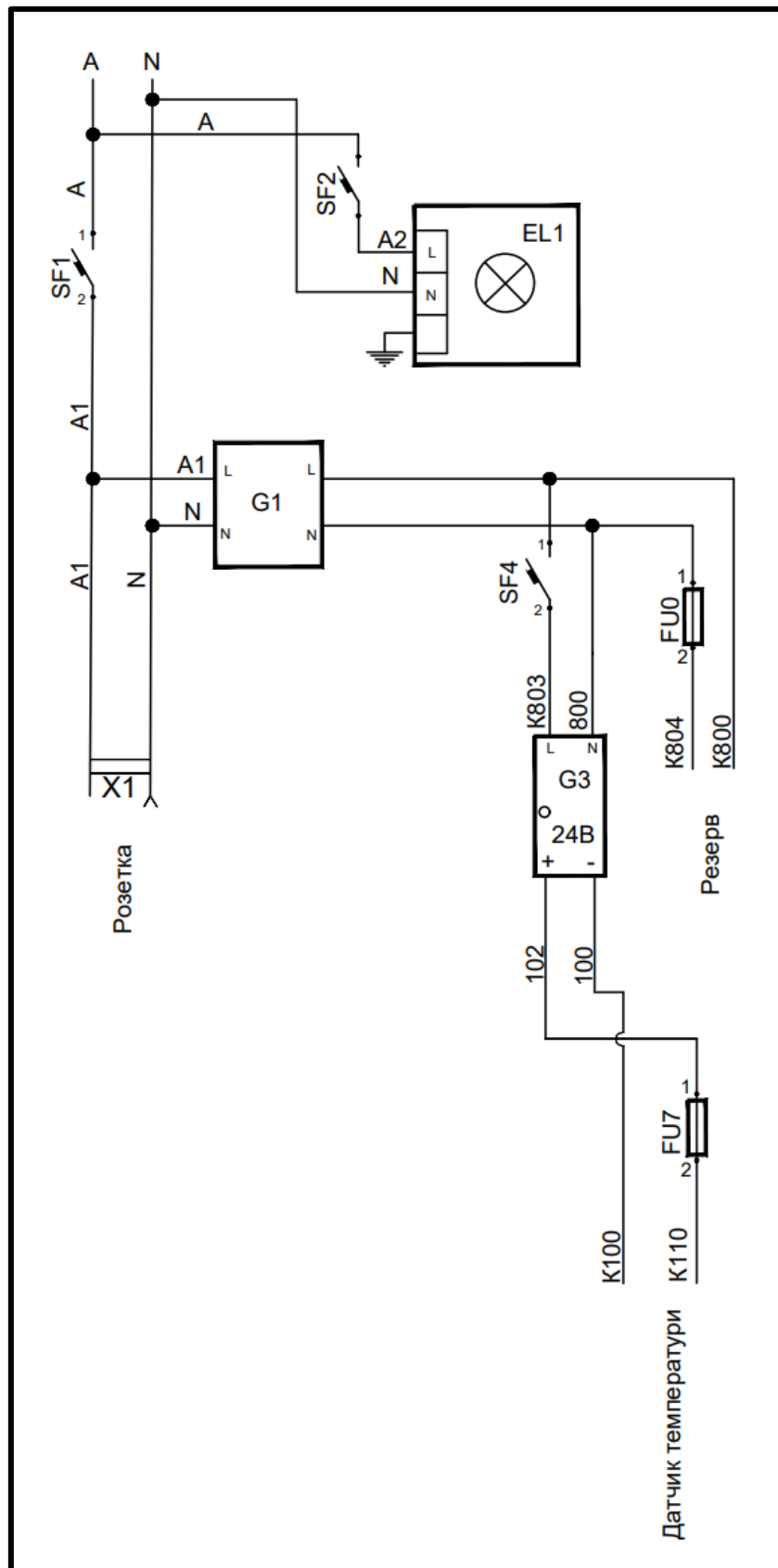


Рис. 3.4. – Принципова схема підключення датчика температури до блока живлення

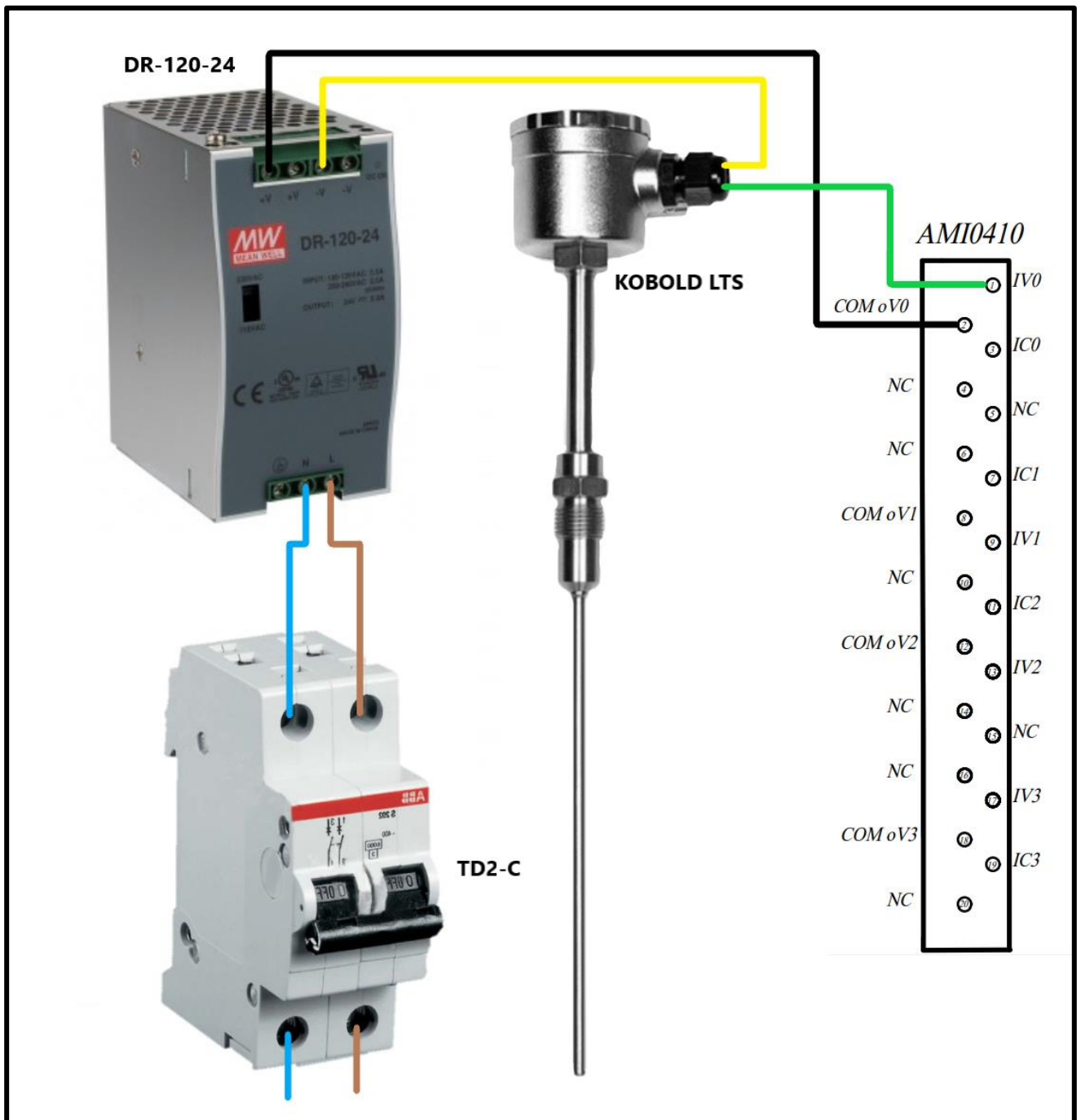


Рис. 3.5. – Графічна схема підключення датчика температури KOBOLD LTS до модуля ВМХ АМІ 0410

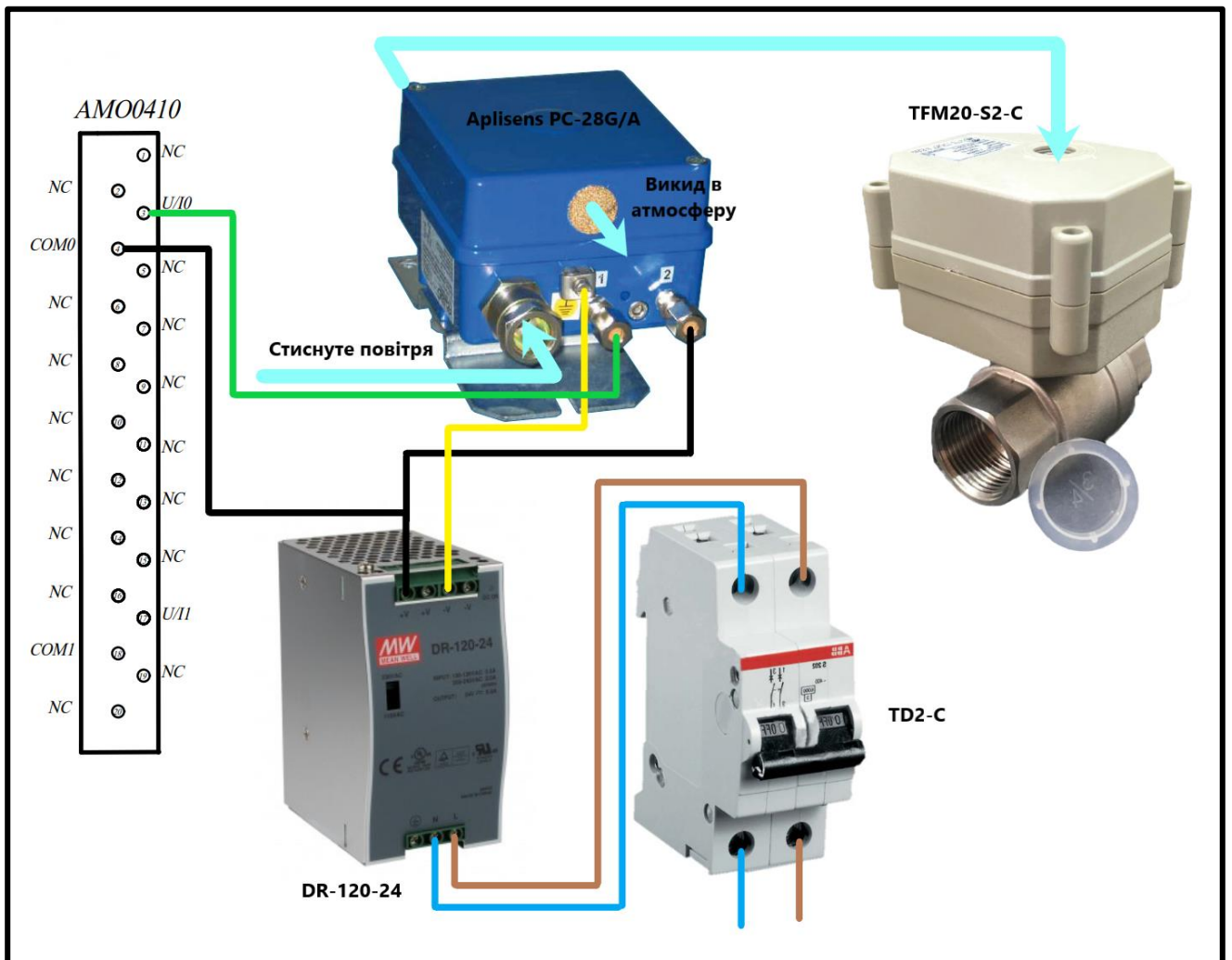


Рис. 3.6. – Графічна схема підключення ЕПП Aplisens PC-28G/A до модуля ВМХ АМО 0410

Температура рідкої опари в бачку замішування тістомісильної машини вимірюється датчиком температури Pt100 термометра опору KOBOLD LTS-A-0-3-02-M3-1-K-0 (позиція 1а).

Регулювання температури відбувається за допомогою пневматичного клапана Fincos TFM20-S2-C (позиція 5в), що відповідає за подачу теплої води до бачка замішування.

Положення пневматичного клапана регулюється електропневматичним перетворювачем Arlisens PC-28G/A (позиція 5б) до якого надходить уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0410 ПЛК М340.

Датчик температури та електропневматичний перетворювач живляться напругою 24 В постійного струму за допомогою блока живлення DR-120-24 (позиція G3). Напруга на блок живлення вмикається чи вимикається за допомогою автоматичного вимикача TD2-C 4P 4A (позиція SF4), по лінії з яким підключений Запобіжник Іпл.вст.= 0,25 А.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вимірювання температури в замішувальному бачку тістомісильної машини відбувається за допомогою датчика температури KOBOLD LTS-A-0-3-02-M3-1-K-0, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 4.1.

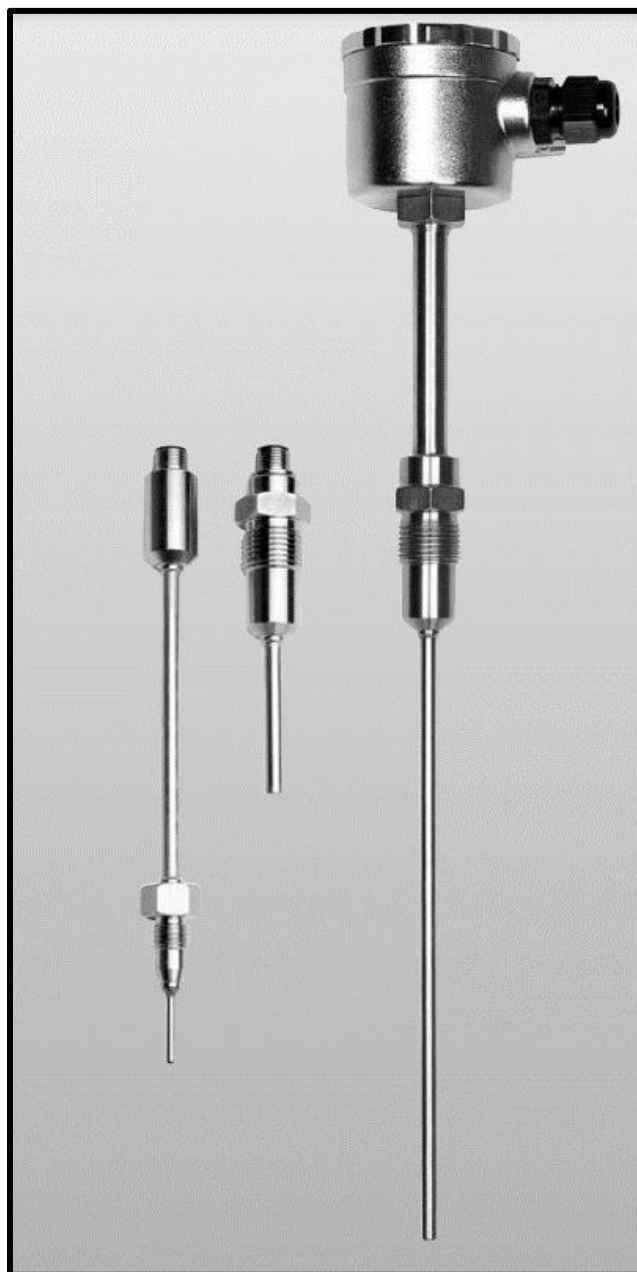


Рис. 4.1. – Зовнішній вигляд датчика температури KOBOLD LTS

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Максименко Д.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Киричук С.А.</i>					46	3
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Конфігурацію датчика температури KOBOLD LTS-A представлено на рис. 4.2.

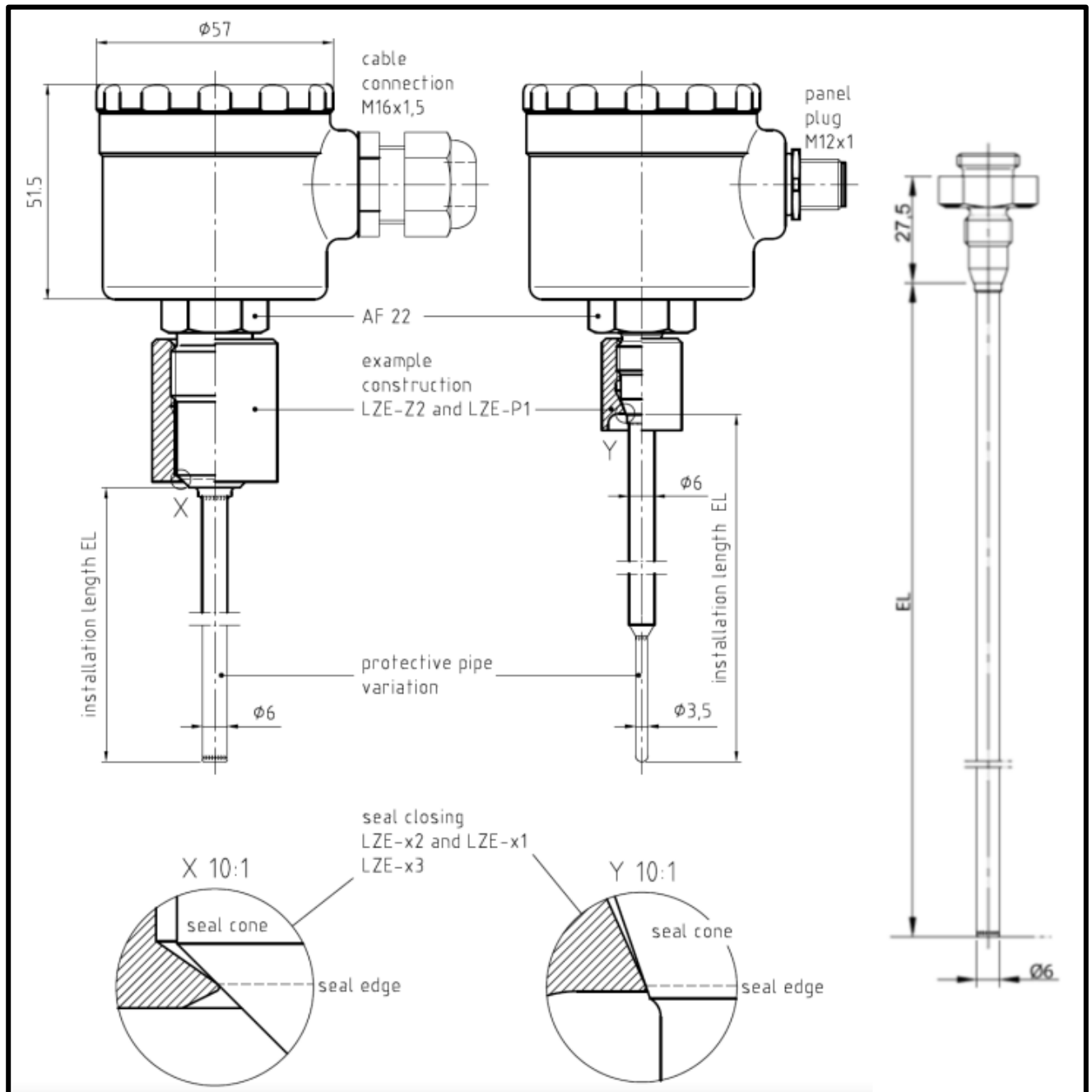


Рис. 4.2. – Конфігурація датчика температури KOBOLD LTS-A

Метод підключення датчика температури KOBOLD LTS-A до ПЛК за допомогою уніфікованого електричного сигналу 4-20 мА представлено на рис. 4.3.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

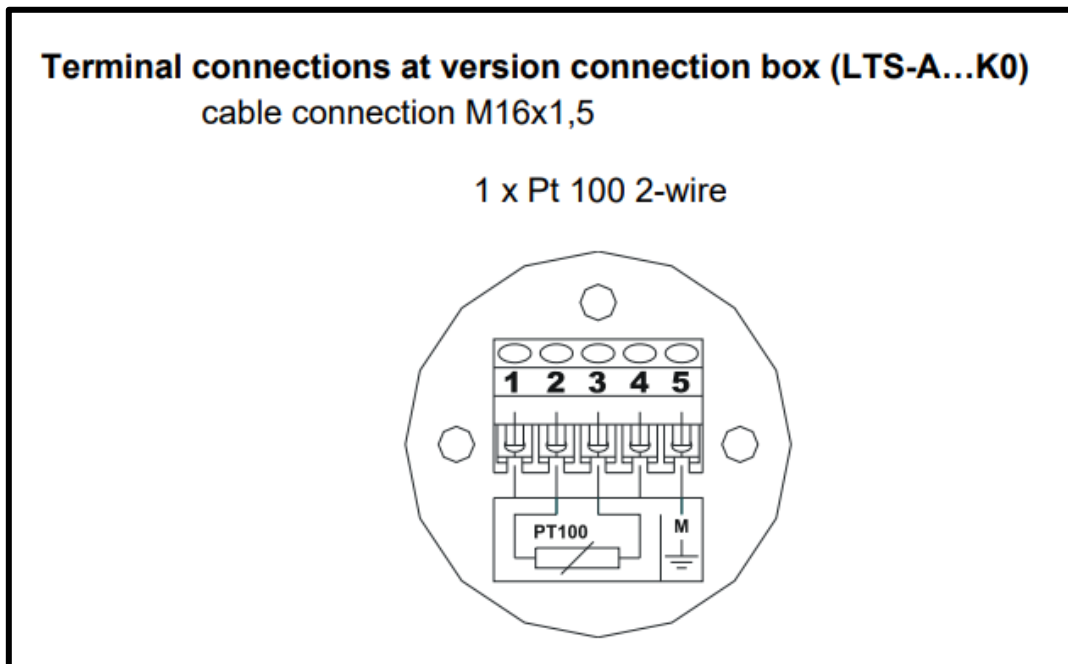


Рис. 4.3. – Конфігурація підключення датчика температури KOBOLD LTS-A

Правильні позиції для встановлення датчика температури KOBOLD LTS-A представлено на рис. 4.4.



Рис. 4.4. – Монтаж датчика температури KOBOLD LTS-A у ємність

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

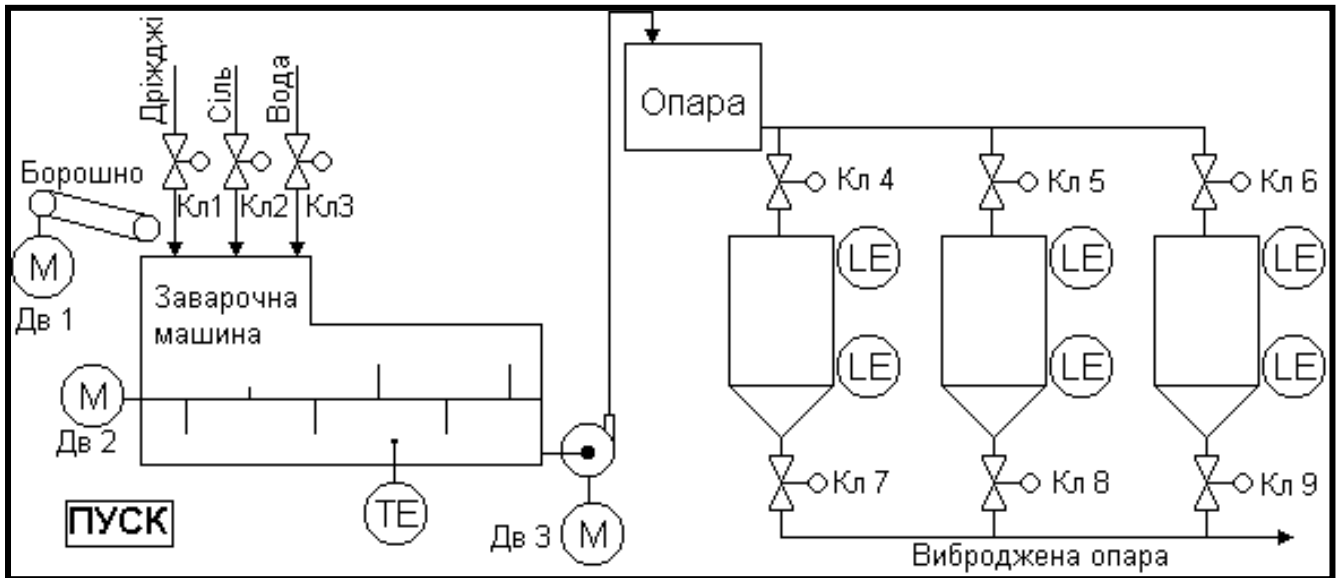


Рис. 5.1. – Схема установки технологічного процесу

Проходження процесу виробництва рідкої опари відбувається за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Максименко Д.О.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Киричук С.А.					49	10
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

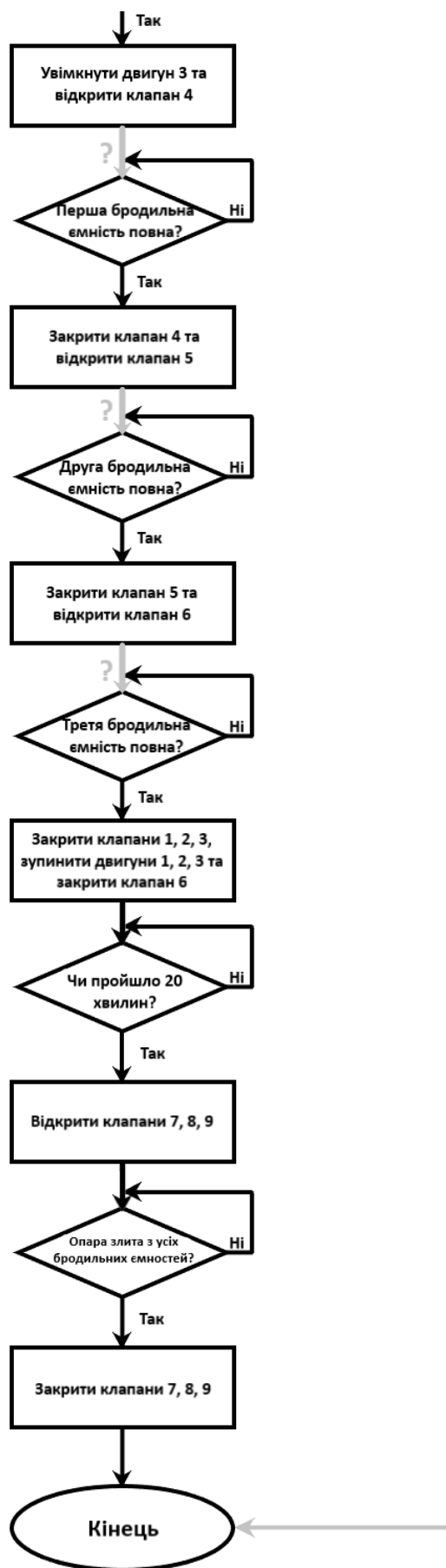


Рис. 5.2. – Блок схема алгоритма процесу виготовлення рідкої опари

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1. Після натискання кнопки “ПУСК” відкриваються клапани 1, 2, 3 та включаються двигуни 1, 2.
2. Температура опари в замішувальній машині повинна підтримуватись на рівні 30 °С. Температура опари вимірюється термометром опору, а регулюється за допомогою аналогового регулятора температури і клапана 3.
3. Після замішувальної машини опара надходить у вільні бродильні ємності по черзі, де виброджується протягом певного часу, після чого зливається. Передбачити, якщо всі бродильні ємності зайняті, то необхідно зупинити двигуни 1, 2, 3 та закрити клапани 1, 2, 3. Вивести технологічне повідомлення, що повідомляє про припинення процесу. В іншому випадку продовжити процес далі.
4. У випадку виникнення аварійної зупинки одного з двигунів перекрити подачу компонентів тіста, та вивести технологічне аварійне повідомлення.
5. При відсутності аварійної ситуації продовжити роботу програми.

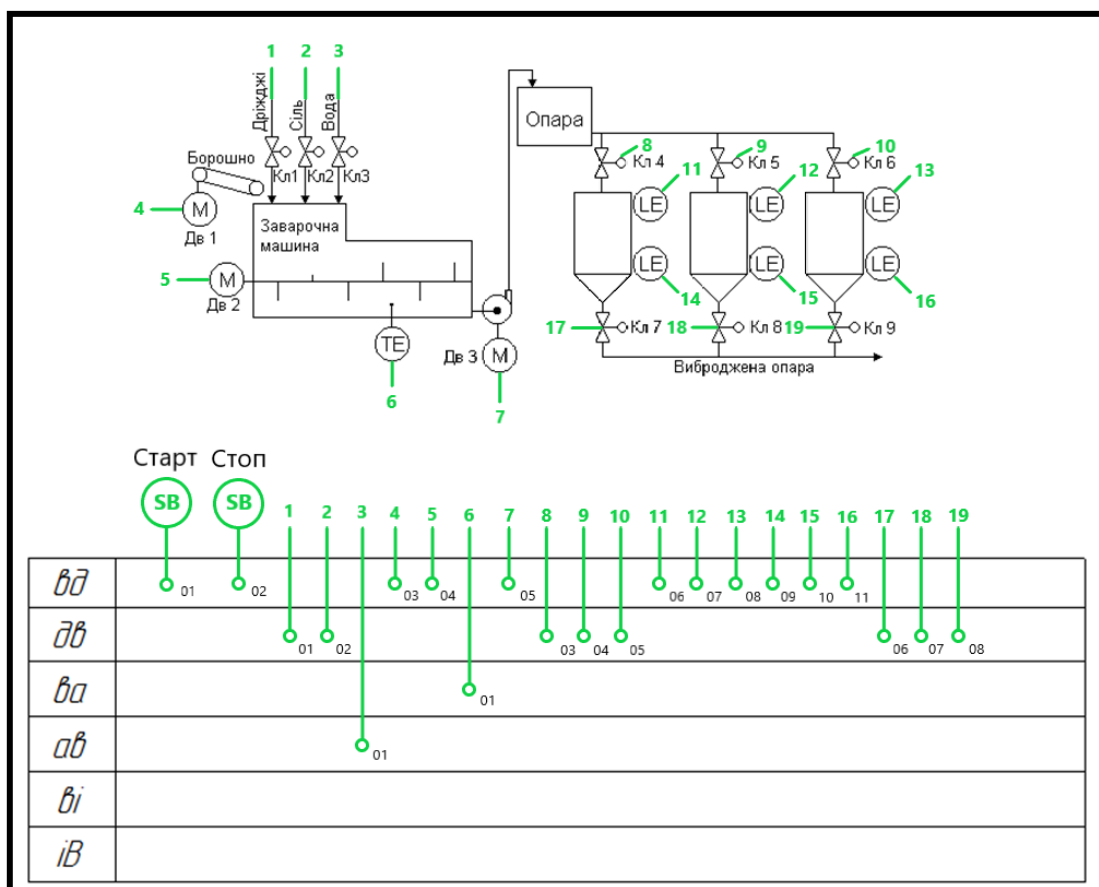


Рис. 5.3. – Спрощена схема автоматизації

ВД – входи дискретні; ДВ – виходи дискретні; ВА – входи аналогові; АВ – аналогові виходи; ВІ – входи імпульсні; ІВ – імпульсні виходи

Опис скорочених найменувань технічних засобів:

1. Кнопка «Пуск» (SB) та кнопка «Стоп» (SB) – вхідний дискретний сигнал (01) та (02).
2. Клапани Кл 1, Кл 2, Кл 4, Кл 5, Кл 6, Кл 7, Кл 8, Кл 9 – дискретні електропневматичні клапани. 3 дискретними вихідними сигналами відповідно: 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08.
3. Клапан Кл 3 – пневматичний клапан з аналоговим електропневматичним перетворювачем. Управляючий сигнал 0 – 20 мА. Аналоговий вихідний сигнал – 01.
4. Задля неперервного вимірювання температури (ТТ) – термометр опору з вихідним сигналом 0 – 20 мА. При підключенні до МПК - вхідний аналоговий сигнал (01).
5. Задля приведення певних механічних конструкцій у дію – трифазні двигуни Дв 1, Дв 2, Дв 3 з необхідною кількістю обертів за хвилину та з відповідними вхідними дискретними сигналами: 03, 04, 05.
6. Сигналізатори рівня LE за дискретними вхідними сигналами: 06, 07, 08, 09, 10, 11.

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
START	%QW0.1.0	Кнопка на старт процесу
STOP	%QW0.1.1	Кнопка на закінчення процесу
ENGINE1	%QW0.1.2	Двигун конвеєра подачі борошна
ENGINE2	%QW0.1.3	Двигун тістомісильної машини
ENGINE3	%QW0.1.4	Двигун насосу
TANK1_LOW	%QW0.1.5	Нижній датчик рівня першої ємності
TANK1_UP	%QW0.1.6	Верхній датчик рівня першої ємності

TANK2_LOW	%QW0.1.7	Нижній датчик рівня другої ємності
TANK2_UP	%QW0.1.8	Верхній датчик рівня другої ємності
TANK3_LOW	%QW0.1.9	Нижній датчик рівня третьої ємності
TANK3_UP	%QW0.1.10	Верхній датчик рівня третьої ємності
VALVE1	%Q0.1.0	Клапан подачі рідких дріжджів
VALVE2	%Q0.1.1	Клапан подачі розчину солі
VALVE4	%Q0.1.2	Клапан на вхід першої бродильної ємності
VALVE5	%Q0.1.3	Клапан на вхід другої бродильної ємності
VALVE6	%Q0.1.4	Клапан на вхід третьої бродильної ємності
VALVE7	%Q0.1.5	Клапан на вихід першої бродильної ємності
VALVE8	%Q0.1.6	Клапан на вихід другої бродильної ємності
VALVE9	%Q0.1.7	Клапан на вихід третьої бродильної ємності
TEMP	%IW0.1.0	Датчик температури в бачку змішування
VALVE3	%I0.1.0	Клапан подачі теплої води

Програма автоматизованого процесу виготовлення рідкої опари написана на мові програмування FBD та розбита на окремі секції у програмному середовищі EcoStruxure Control Expert v15.2 (Unity Pro в минулих версіях).

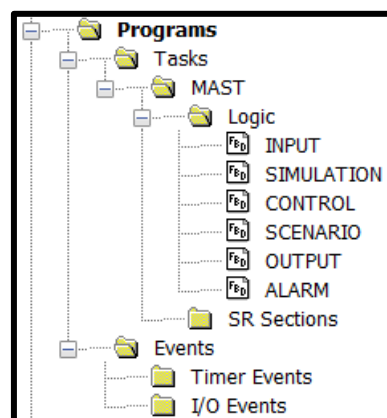


Рис. 5.4. – Структура програми на мові FBD за задачею MAST

Секція «INPUT»

Призначена задля обробки сигналів типу **Input**, а також для масштабування змінних.

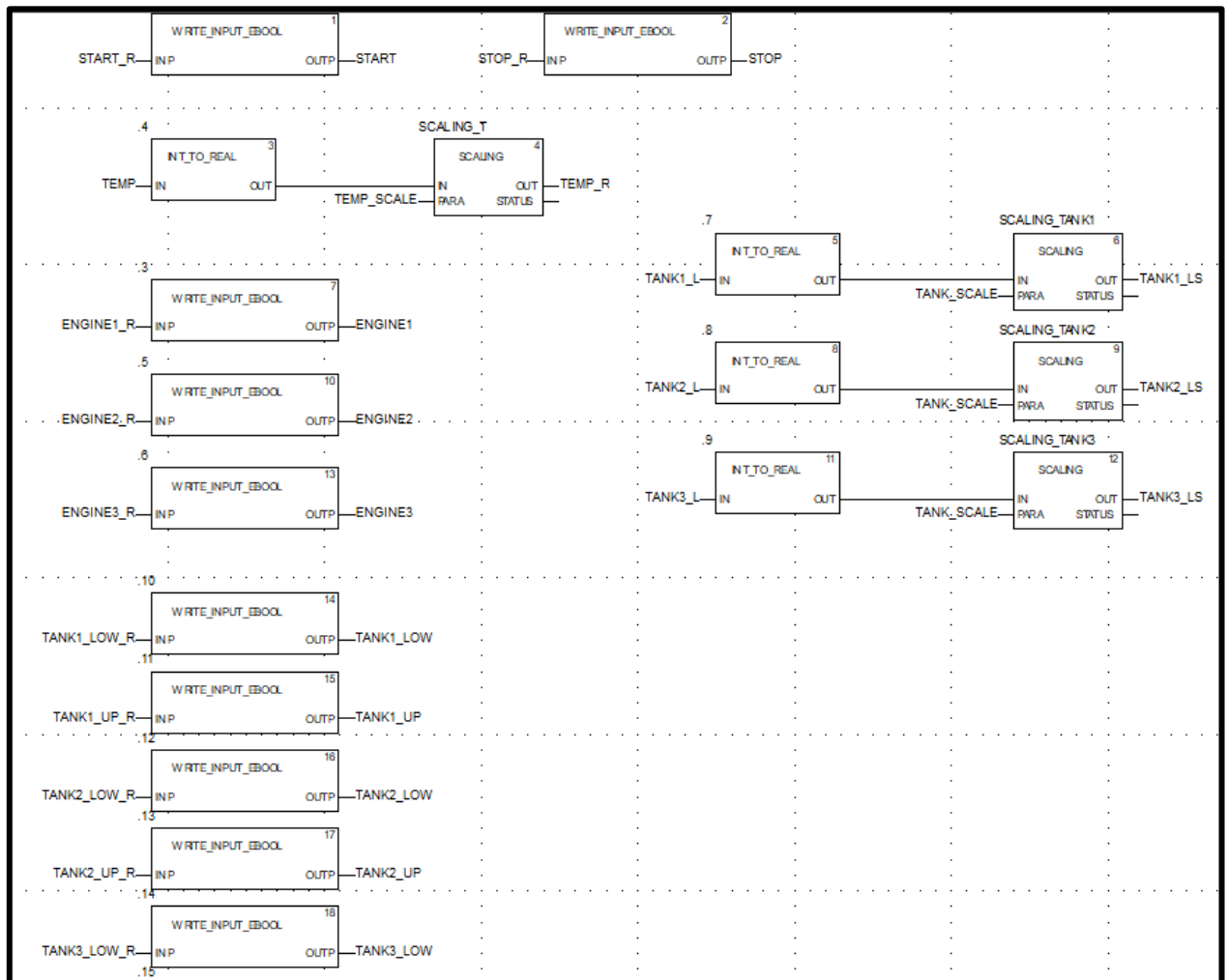


Рис. 5.5. – Зображення програмної секції “INPUT”

Секція «SIMULATION»

Призначена задля реалізації імітації програми керування та механічних процесів.

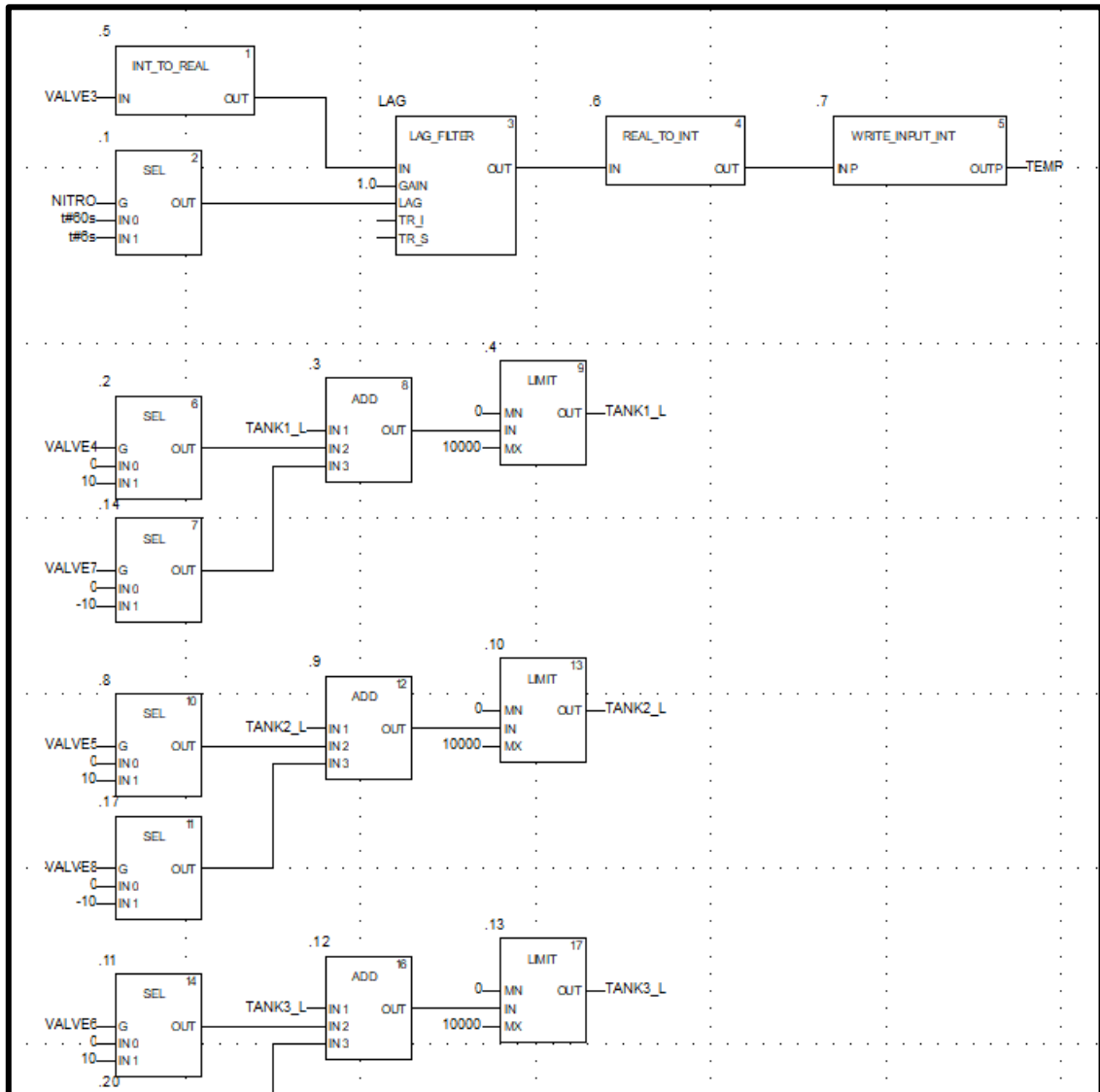


Рис. 5.6. – Зображення програмної секції “SIMULATION”

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

Секція «CONTROL»

Призначена задля реалізації ПІ-регулятора та керування діючими механічними процесами.

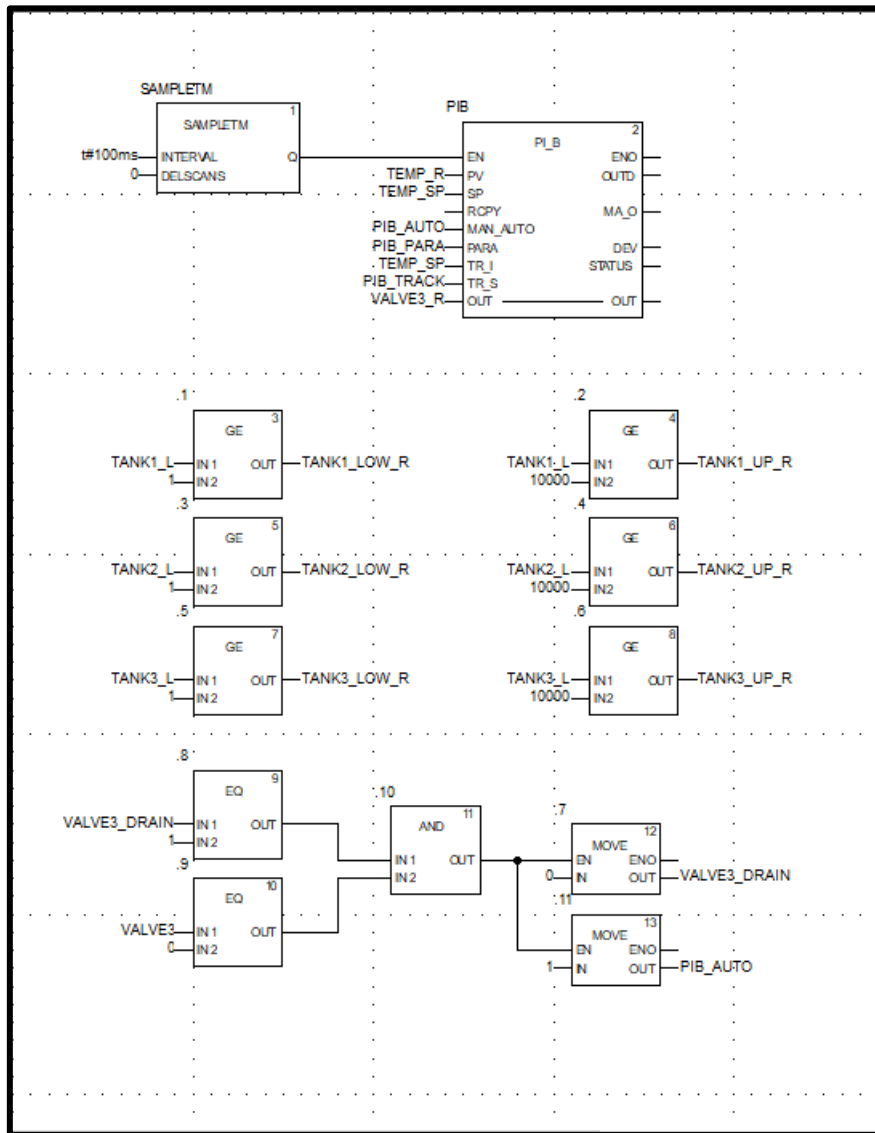


Рис. 5.7. – Зображення програмної секції “CONTROL”

Секція «SCENARIO»

Призначена задля реалізації програми за необхідним алгоритмом дії.

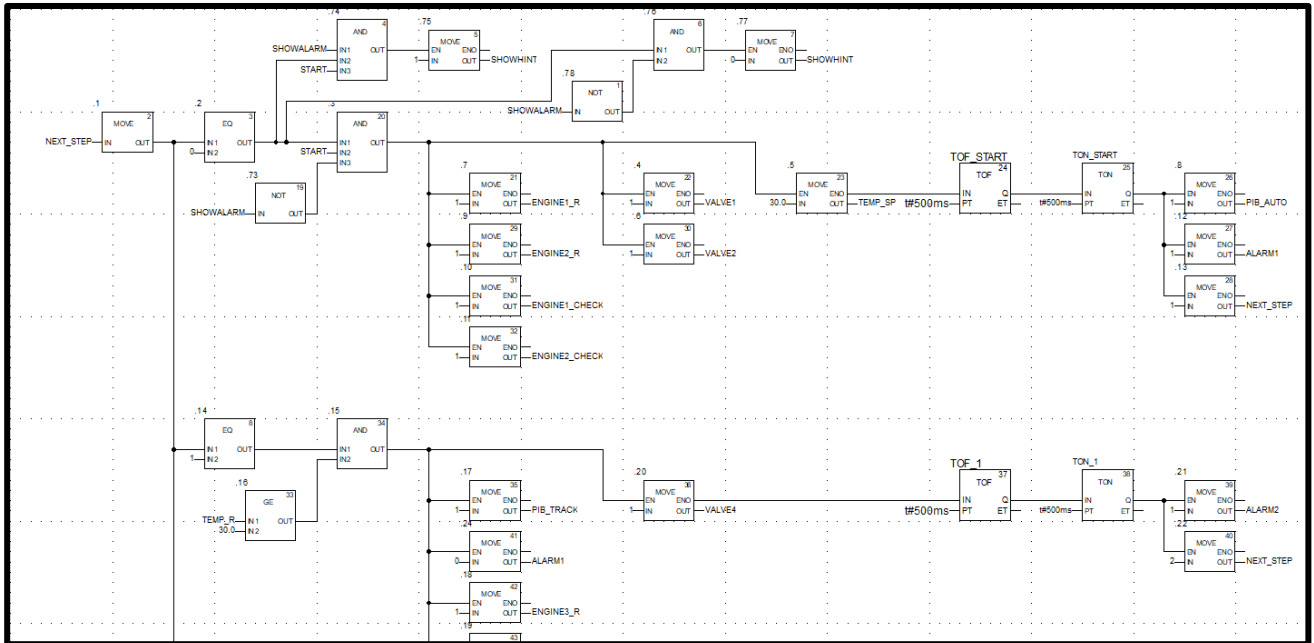


Рис. 5.8. – Зображення програмної секції “SCENARIO”

Секція «OUTPUT»

Призначена задля обробки сигналів типу **Output**, а також для масштабування змінних.

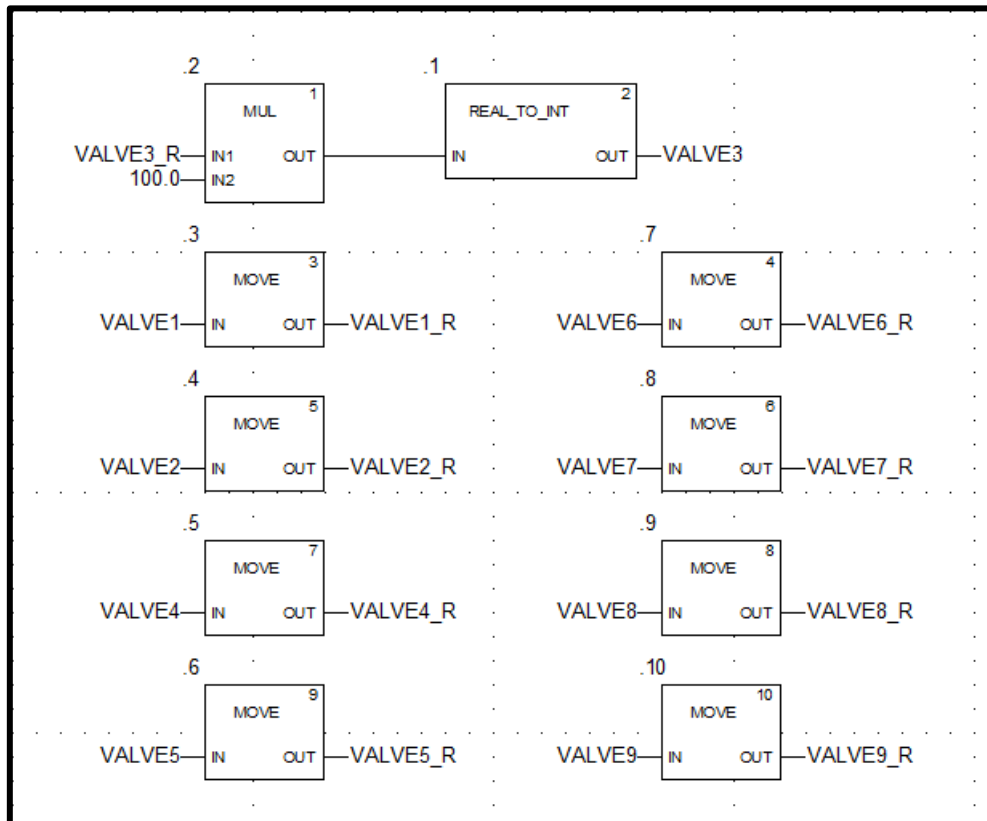


Рис. 5.9. – Зображення програмної секції “OUTPUT”

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних

Мнемосхема процесу виготовлення рідкої опари була розроблена в програмному середовищі EcoStruxure Control Expert v15.2 (Unity Pro в минулих версіях). Опис змінних та функціональних блоків даної програми наведено в таблиці 6.1. Змінні та функціональні блоки також зображені на рис. 6.1-6.3.

Таблиця 6.1. Опис змінних для програми EcoStruxure Control Expert.

Ім'я змінної	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
START	%QW0.1.0	0	1	0	1	BOOL
STOP	%QW0.1.1	0	1	0	1	BOOL
ENGINE1	%QW0.1.2	0	1	0	1	BOOL
ENGINE2	%QW0.1.3	0	1	0	1	BOOL
ENGINE3	%QW0.1.4	0	1	0	1	BOOL
TANK1_LOW	%QW0.1.5	0	1	0	1	BOOL
TANK1_UP	%QW0.1.6	0	1	0	1	BOOL
TANK2_LOW	%QW0.1.7	0	1	0	1	BOOL
TANK2_UP	%QW0.1.8	0	1	0	1	BOOL
TANK3_LOW	%QW0.1.9	0	1	0	1	BOOL
TANK3_UP	%QW0.1.10	0	1	0	1	BOOL
VALVE1	%Q0.1.0	0	1	0	1	BOOL
VALVE2	%Q0.1.1	0	1	0	1	BOOL
VALVE4	%Q0.1.2	0	1	0	1	BOOL
VALVE5	%Q0.1.3	0	1	0	1	BOOL
VALVE6	%Q0.1.4	0	1	0	1	BOOL
VALVE7	%Q0.1.5	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Максименко Д.О.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення опари	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Киричук С.А.					60	4
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

VALVE8	%Q0.1.6	0	1	0	1	BOOL
VALVE9	%Q0.1.7	0	1	0	1	BOOL
TEMP	%IW0.1.0	0	10000	0	100	INT
VALVE3	%I0.1.0	0	100	0	100	INT

Name	Type	Value	Comment
ALARM1	BOOL		Achtung #1!
ALARM2	BOOL		Achtung #2!
DELAY	TIME	#1m	Delay for all three tanks
ENGINE1	EBOOL		Engine 1
ENGINE1_CHECK	BOOL		Engine 1 Achtung!
ENGINE1_R	BOOL		Engine 1 (ReType)
ENGINE2	EBOOL		Engine 2
ENGINE2_CHECK	BOOL		Engine 2 Achtung!
ENGINE2_R	BOOL		Engine 2 (ReType)
ENGINE3	EBOOL		Engine 3
ENGINE3_CHECK	BOOL		Engine 3 Achtung!
ENGINE3_R	BOOL		Engine 3 (ReType)
MIX_L	REAL		Mix Machine Level
NEXT_STEP	INT		Vylina Kasa
NITRO	BOOL		Speed-up X10
PIB_AUTO	BOOL		Activate PI_B Auto mode
PIB_TRACK	BOOL		Activate PI_B Tracking mode
SHOWALARM	BOOL		Show Alarm Notification
SHOWEND	BOOL		Show Ending Hint
SHOWHINT	BOOL		Show Alarm Hint
START	EBOOL		Start
START_R	BOOL		Start (ReType)
STOP	EBOOL		Stop
STOP_R	BOOL		Stop (ReType)
TANK1_L	INT		Tank 1 Level
TANK1_LOW	EBOOL		Tank 1 Lower Sensor
TANK1_LOW_R	BOOL		Tank 1 Lower Sensor (ReType)
TANK1_LS	REAL		Tank 1 Level (ReScaled)
TANK1_UP	EBOOL		Tank 1 Upper Sensor
TANK1_UP_R	BOOL		Tank 1 Upper Sensor (ReType)
TANK2_L	INT		Tank 2 Level
TANK2_LOW	EBOOL		Tank 2 Lower Sensor
TANK2_LOW_R	BOOL		Tank 2 Lower Sensor (ReType)
TANK2_LS	REAL		Tank 2 Level (ReScaled)
TANK2_UP	EBOOL		Tank 2 Upper Sensor
TANK2_UP_R	BOOL		Tank 2 Upper Sensor (ReType)
TANK3_L	INT		Tank 3 Level
TANK3_LOW	EBOOL		Tank 3 Lower Sensor
TANK3_LOW_R	BOOL		Tank 3 Lower Sensor (ReType)
TANK3_LS	REAL		Tank 3 Level (ReScaled)
TANK3_UP	EBOOL		Tank 3 Upper Sensor
TANK3_UP_R	BOOL		Tank 3 Upper Sensor (ReType)
TEMP	INT		Temperature in the Mixing Machine
TEMP_R	REAL		Temperature in the Mixing Machine (ReType)
TEMP_SP	REAL		Set Temperature (TEMP) Value
VALVE1	EBOOL		Valve 1
VALVE1_R	BOOL		Valve 1 (ReType)
VALVE2	EBOOL		Valve 2
VALVE2_R	BOOL		Valve 2 (ReType)
VALVE3	INT		Valve 3
VALVE3_DRAIN	BOOL		Valve 3 Drain Activation
VALVE3_R	REAL		Valve 3 (ReType)
VALVE4	EBOOL		Valve 4
VALVE4_R	BOOL		Valve 4 (ReType)
VALVE5	EBOOL		Valve 5
VALVE5_R	BOOL		Valve 5 (ReType)
VALVE6	EBOOL		Valve 6
VALVE6_R	BOOL		Valve 6 (ReType)
VALVE7	EBOOL		Valve 7
VALVE7_R	BOOL		Valve 7 (ReType)
VALVE8	EBOOL		Valve 8
VALVE8_R	BOOL		Valve 8 (ReType)
VALVE9	EBOOL		Valve 9
VALVE9_R	BOOL		Valve 9 (ReType)

Рис. 6.1. – Змінні даного проекту в програмі EcoStruxure Control Expert

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types				
Filter				
Name	Type	Value	Comment	
[-] PIB PARA	Para_PI_B			
id	UINT			Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0		Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	100.0		Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0		Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0		Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL	FALSE		0: direct action of the PID controller 1: opposite
en_rcpy	BOOL			1: the RCPY input is used
kp	REAL	1.0		Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#10s		Integral time
dband	REAL	0.2		Dead zone on deviation
outbias	REAL			Manual adjustment of static deviation
[-] TANK_SCALE	Para_SCALING			
in_min	REAL	0.0		Lower limit of the input scale
in_max	REAL	10000.0		Upper limit of the input scale
out_min	REAL	0.0		Lower limit of the output scale
out_max	REAL	100.0		Upper limit of the output scale
clip	BOOL	TRUE		"1": the value of the OUT output is limited by o
[-] TEMP_SCALE	Para_SCALING			Scaling parameters for temperature
in_min	REAL	0.0		Lower limit of the input scale
in_max	REAL	10000.0		Upper limit of the input scale
out_min	REAL	0.0		Lower limit of the output scale
out_max	REAL	100.0		Upper limit of the output scale
clip	BOOL	TRUE		"1": the value of the OUT output is limited by o

Рис. 6.2. – Комплексні змінні масштабування в програмі EcoStruxure Control Expert

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types				
Filter				
Name	no.	Type	Value	Comment
[+] DELAY_START		DELAY		
[+] LAG		LAG_FILTER		
[+] LAG_0		LAG_FILTER		
[+] PIB		PI_B		
[+] SAMPLE		SAMPLETM		
[+] SAMPLETM		SAMPLETM		
[+] SAMPLETM_0		SAMPLETM		
[+] SAMPLETM_1		SAMPLETM		
[+] SAMPLETM_2		SAMPLETM		
[+] SAMPLETM_3		SAMPLETM		
[+] SCALING_T		SCALING		
[+] SCALING_TANK1		SCALING		
[+] SCALING_TANK1_0		SCALING		
[+] SCALING_TANK2		SCALING		
[+] SCALING_TANK3		SCALING		
[+] TOF_0		TOF		
[+] TOF_1		TOF		
[+] TOF_2		TOF		
[+] TOF_3		TOF		
[+] TOF_4		TOF		
[+] TOF_5		TOF		
[+] TOF_START		TOF		
[+] TON_0		TON		
[+] TON_1		TON		
[+] TON_2		TON		
[+] TON_3		TON		
[+] TON_4		TON		
[+] TON_START		TON		
[+] TP_0		TP		

Рис. 6.3. – Екземпляри функціональних блоків програми ESCE

6.2. Зображення дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу виготовлення рідкої опари дозволяє оператору спостерігати за проходженням автоматизованого прогресу технологічного процесу та за зміною технологічних параметрів із будь якого місця, маючи необхідне програмне забезпечення. Також при необхідності це дозволяє вносити управляючі дії щодо виконавчих механізмів і регулюючих органів вручну без необхідності присутності на місці виконання даних процесів. Приклад вигляду інтерфейсу програми автоматизованого процесу виготовлення рідкої опари зображено на рис. 6.4.

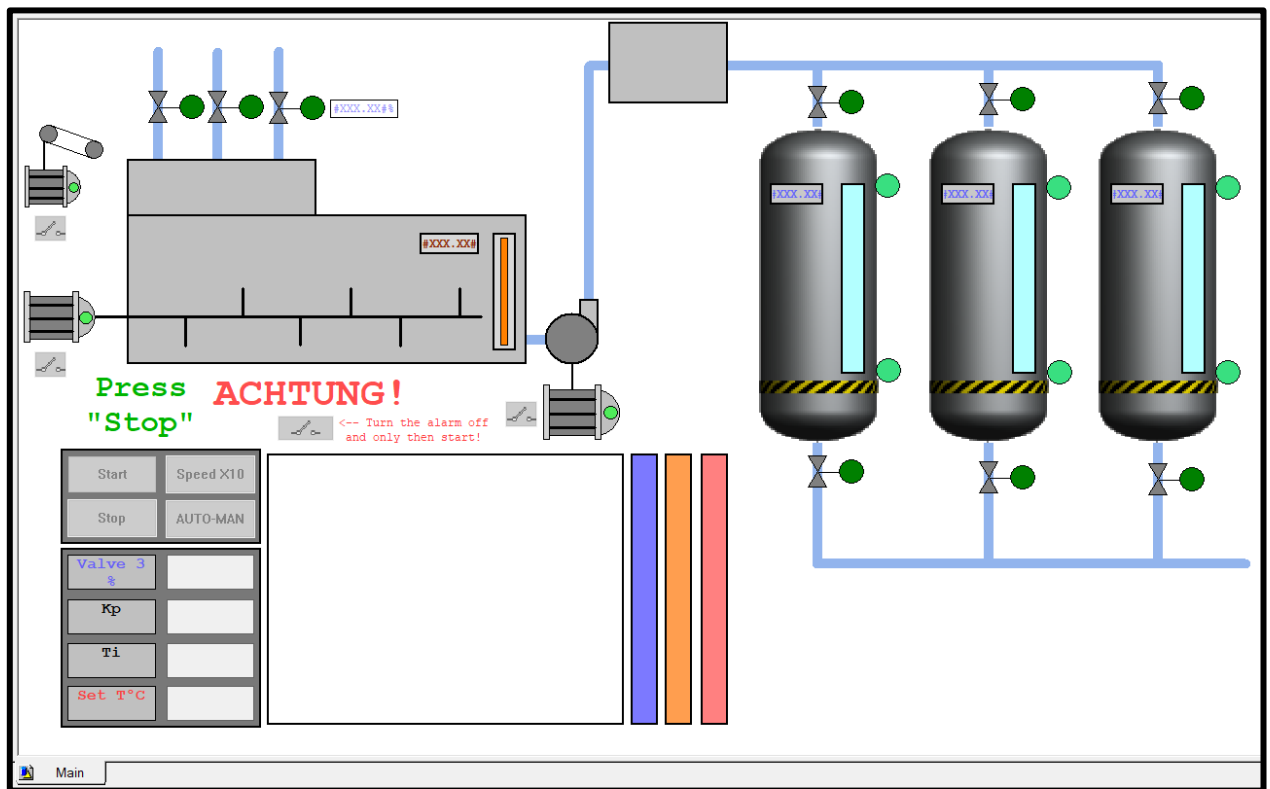


Рис. 6.4. – Операторський екран “MAIN” робочого процесу в програмному середовищі EcoStruxure Control Expert

Висновки

У даній кваліфікаційній роботі проводився опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення рідкої опари за допомогою сучасних технік і засобів автоматизації.

Показана система автоматизації процесу виробництва рідкої опари розроблялась із використанням промислового логічного контролера М340 від виробника Schneider Electric.

За допомогою програмного забезпечення EcoStruxure Control Expert v15.2 (Unity Pro в минулих версіях) було розроблено програму автоматизованого процесу виготовлення рідкої опари на мові FBD. У цьому ж програмному середовищі було створено операторську дисплейну мнемосхему робочого процесу.

Застосування сучасних технічних засобів і технологій автоматизованих комп'ютерних систем дає змогу підвищити ефективність процесу, знижуючи споживання енергетичних ресурсів для технологічного процесу бродіння та замішування та збільшуючи якість продукту при зменшенні часу проходження всього процесу, що дозволяє збільшити прибутковість виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Список використаної літератури

1. Ауерман Л. Я. Технологія хлібопекарського виробництва // СПб.: Видання «Профессия» – 2002. – 116 с.
2. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
3. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
4. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
5. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
6. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
7. Частотний перетворювач FR-F700 Instruction Manual: <https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/inv/ib0600177eng/ib0600177engf.pdf>
8. Аналоговий електропневматичний перетворювач Aplisens PC-28G/A: <https://aplisens.com.ua/product/pc-28g-a/>
9. Пневматичний клапан TFM20-S2-C: <https://www.amazon.ca/TFM20-S2-C-DC9V-24V-Modulating-Proportional-Control/dp/B07RTNHPVV>
10. Датчики рівня рідини SHR: https://www.etigroup.eu/images/product_db/documents/uk-UA/02_87-158_EVE-ETIREL_INDEX_2023.pdf#page=50
11. Термометр опору LTS-A: <https://www.kobold.com/uploads/files/lts-gb-temperature.pdf>
12. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
13. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- 14.Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
- 15.Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
- 16.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.
- 17.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
- 18.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
- 19.Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
- 20.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.
- 21.Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво ЛіраК, 2015. – 288 с. 67 Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота
- 22.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.
- 23.Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

24. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
25. 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.
26. 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.
27. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
28. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
29. 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 Uchbovonii Literatury, 2014.- 240 p. 68 Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота
30. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: 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.
31. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

- 32.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 33.34.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. – 274 с.
- 34.Системний аналіз складних систем управління. Практикум: 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)
- 35.Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
- 36.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 37.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
- 38.Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: 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 69
Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота
- 39.Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
- 40.Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

41. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: 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.
42. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
43. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
44. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69