

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

«До захисту в ЕК»
Декан факультету
_____ Андрій Форсюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» лютого 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

«8» лютого 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАК-3-Іск

_____ Сарахман Ігор Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Клименко Олег Миколайович
(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 М'якшило
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. зав. кафедри АКТСУ

_____ Я.В.Смітюх

«11» листопада 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сарахман Ігор Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива*

керівник роботи *к.т.н. доц. Клименко Олег Миколайович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2021 р. № 886-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «15» лютого 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. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 11 листопада 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Сарахман І.Ю.

_____ (підпис)

Керівник роботи Клименко О.М.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу виробництва морозива.

Система автоматизації процесу виробництва морозива розроблена на базі промислового логічного контролера Schneider Electric M340.

Окремо розглянуто монтаж технічного засобу автоматизації – витратоміра CS-INSTRUMENTS VA 520.

Використано Citect SCADA 2015 для розробки дисплейної мнемосхеми для АРМ оператора – автоматизованого робочого місця.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу регулювання температури охолодження суміші в резервуарі для настройки ПІ-регулятора.

Ключові слова: морозиво, автоматизація, CS-INSTRUMENTS VA 520.

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

Annotation

The qualification work describes the development of an automation system for the ice-cream production process.

The ice-cream production automation system is based on the Schneider Electric M340 industrial logic controller.

The installation of technical means of automation – flowmeter CS-INSTRUMENTS VA 520 is considered separately.

Used Citect SCADA 2015 to develop a display mnemonic for the operator's AWP – an automated workplace.

Computer simulation of the process of regulating the cooling temperature of the mixture in the tank to adjust the PI controller.

Keywords: ice-cream, automation, CS-INSTRUMENTS VA 520.

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

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.....	12
Розділ 2. Система автоматизації	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	31
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	32
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	34
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	34
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	35
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	36
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	40
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	43
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	48
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	48
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	49
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	50
7.1. Постановка задачі дослідження.....	50
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	51
7.3. Моделювання САР.....	52
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	55
Висновки	56
Список використаної літератури	57

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

Вступ

Для отримання якісного морозива необхідно дотримуватися всіх параметрів технологічних процесів на стадіях: перевірки якості сировини, складання суміші для морозива, пастеризації, фільтрування, гомогенізації, охолодження та дозрівання суміші, заморожування, фасування і загартовування морозива.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива для оптимального проходження даного технологічного процесу з задіяння сучасних засобів автоматизації.

Задіяння сучасних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу виробництва морозива дозволить зменшити витрати енергоресурсів для проведення процесу виробництва морозива, зменшити собівартість виробництва морозива та збільшити прибутковість виробництва.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Виробництво морозива включає наступні операції: перевірка якості сировини, складання суміші для морозива, пастеризація, фільтрування, гомогенізація, охолодження та дозрівання суміші, заморожування, фасування і загартовування морозива.

Суміш готують у ємностях-пастеризаторах з мішалкою. Попередньо компоненти підготовляють і зважують. У першу чергу завантажують рідкі компоненти – воду, молоко, вершки та нагрівають їх до 35-45 °С, це забезпечує повне та швидке розчинення. Цукор вносять у сухому вигляді після просіювання у вигляді цукрового сиропу. Сухі молочні компоненти змішують із цукром у співвідношенні 1:2 та розчиняють у невеликій кількості молока до отримання однорідної маси. Згущені молочні продукти вносять в ємності-пастеризатори безпосередньо. Вершкове масло або пластичні вершки розрізають на невеликі шматки або плавлять.

Обробка суміші. Обробка включає фільтрацію суміші, пастеризацію суміші та гомогенізацію суміші.

Фільтрацією суміші видаляються механічні домішки і нерозчинні частинки компонентів, що залишилися в суміші. Фільтрацію краще проводити до пастеризації. Зазвичай використовують пастеризаційно-охолоджувальні установки, які включають також фільтр і гомогенізатор.

					<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>Сарахман І.Ю.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Клименко О.М.</i>				8	5
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Обробка суміші проходить у тонкому шарі та в безперервному потоці, без доступу повітря, чим забезпечується висока ефективність пастеризації, збереження ароматичних речовин, а також вітамінів. Пастеризацію проводять за нормальної температури 85 °С витримкою 50-60 секунд. Такі високі режими теплової обробки пояснюються тим, що у сумішах для морозива підвищений вміст сухих речовин, які, збільшуючи в'язкість сумішей, надають захисну дію на мікроорганізми.

Суміш на молочній основі треба гомогенізувати, особливо при використанні вершкового масла, як жиру. При гомогенізації відбувається процес дроблення жирових кульок та їх рівномірне розподілення у суміші. Дрібні жирові кульки краще проходять процеси охолодження та загартовування, в них досягається великий ступінь затвердіння гліцеридів молочного жиру, що сприяє не тільки одержанню однорідної консистенції продукту, але й більшої збитості, яка змінюється у прямій залежності від кількості гліцеридів, що затверділи.

Гомогенізація проводиться при температурі, не нижче 63 °С.

Тиск гомогенізації має бути тим вищим, чим нижчий вміст жиру. Молочні суміші гомогенізують при 12,5-15 МПа, вершкові при 10-12,5 МПа, плombsірні при 7,5-9 МПа в залежності від сировини. Порушення режимів гомогенізації призводить до дестабілізації жиру при фрізеруванні та погіршенні консистенції готового продукту – появі крупинок молочного жиру.

Охолодження та дозрівання суміші. Суміш, яку гомогенізували необхідно швидко охолодити до температури 0-6 °С і направити в резервуар з мішалкою для подальшого дозрівання та зберігання суміші.

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

Затверділий жир в суміші добре поглинає і утримує бульбашки повітря при процесі заморожуванні суміші та процесі загартування морозива. Чим більше затверділого жиру, тим вищий рівень поглинання (збивання) бульбашок повітря. Готовий продукт, що виготовлений із суміші, має високу властивість збитості та ніжну структуру, без вкраплення кристалів льоду. Тривалість дозрівання суміші залежить від її складу та температури, а також від властивостей стабілізатора.

Фрізерування суміші. Під час фрізерування суміш насичується повітрям при одночасному процесі часткового заморожування. В результаті утворюється нова фаза, в якій присутні кристали льоду та жиру. При правильному проведенні процесу фрізерування забезпечується оптимальна структура та консистенція готового продукту.

При фрізеруванні суміші морозива на основі молока замерзає 45-67 % вологи, а на плодово-ягідній основі лише 25% від загальної частки вологи. Чим більше води заморозиться в процесі фрізерування, тим необхідно менше часу для загартування морозива. Початкова температура суміші при фрізеруванні становить -2,2...-3,5 °С.

У морозиві після фрізерування більша частка жиру переходить в твердий стан, а рідкого жиру залишається всього 11-12%.

Температура суміші наприкінці фрізерування становить -4,5...-6 °С.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фасування та загартовування морозива. Морозиво виходить з фрізера, його швидко фасують та негайно направляють на загартовування, тому що при затримці частина води, що закристалізована, може відтанути, а це в подальшому може призвести до утворення кристалів льодів великого розміру.

Під час процесу загартовування температура морозива стає $-15...-18$ °C. При цьому заморожується 75-85 % всієї кількості води, що знаходиться в морозиві.

Процес загартовування проходить значно повільніше, чим процес фрізерування, та при відсутності механічного перемішування. У морозиві температурою до -20 °C в значній мірі переважає кристалізаційна структура. Таке морозиво має значну щільну консистенцію та має досить високу міцність.

Тривалість процесу загартовування залежить від складу морозива, а також температури навколишнього середовища, обладнання та виду упаковки.

У камерах для загартовування температура морозива підтримується в межах $-30...-22$ °C.

Зберігання морозива. Загартоване морозиво пакують у картонні коробки і направляють його до камери зберігання з температурою $-18...-25$ °C та відотною вологістю повітря 85-90 %. Коливання температури в камері не повинно перевищувати ± 3 °C. Упаковане морозиво в залежності від його виду може зберігатися протягом 2 місяців. При виході з підприємства температура морозива молочних видів повинна бути забезпечена не вище -10 °C, а фруктово-ягідного та ароматичного виду не вище -12 °C. [1]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	Резервуар	Рівень	90 %	Управління	Стан	Вплив на насос М1	
		Температура	6 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачу холодної води	
		Змішувач	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М3	
2	Фрізер	Рівень	90 %	Управління	Стан	Вплив на насос М2	
		Витрата	5 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі аміаку	
		Компресор	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М5	
		Змішувач	Вкл/ Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М4	
3	Трубопровід	Тиск	250 кПа	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Визначення температури

Для визначення значення температури в процесі виробництва морозива використано датчик температури Е+Н Omnigrad M TR10 (рис. 2.1). [2]



Рис. 2.1. Е+Н Omnigrad M TR10.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сарахман І.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					13	21
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ ЗАК-3-1ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Selection in order code (Pos. RTD; wire; meas. range; class; validity:)	A	B	C	F	G	2	3	6	7	S	T	U	V
Sensor design; wiring type	1x Pt100 WW; 3-wire	2x Pt100 WW; 3-wire	1x Pt100 WW; 4-wire	2x Pt100 WW; 3-wire	1x Pt100 WW; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire	1x Pt100 TF; 3-wire	1x Pt100 TF; 4-wire
Vibration resistance for the tip of the insert	Vibration resistance up to 3g					Increased vibration resistance up to 4g				iTHERM® StrongSens® vibration-resistant up to 60g			
Measuring range; accuracy class with temperature range	-200...600 °C; cl. A, -200...600 °C			-200...600 °C; cl. AA, 0...250 °C		-50...400 °C; cl. A, -50...250 °C		-50...400 °C; cl. AA, 0...150 °C		-50...500 °C; cl. A, -30...300 °C		-50...500 °C; cl. AA, 0...200 °C	
Insert type	TPR100									iTHERM® TS111			
Diameter	Ø3 mm (0.12 in) or Ø6 mm (0.24 in), depending on selected tip shape									Ø6 mm (0.24 in)			

Рис. 2.2. Технічні характеристики E+H Omnicrad M TR10.

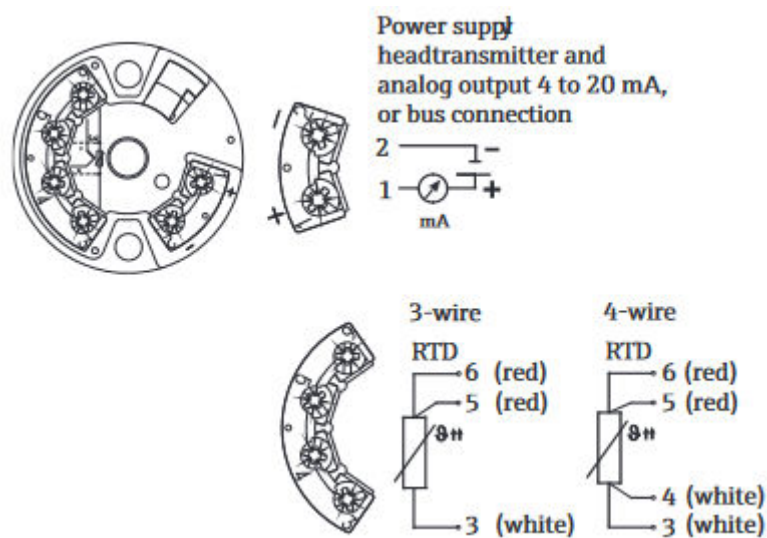


Рис. 2.3. Спосіб підключення вимірювального елемента.

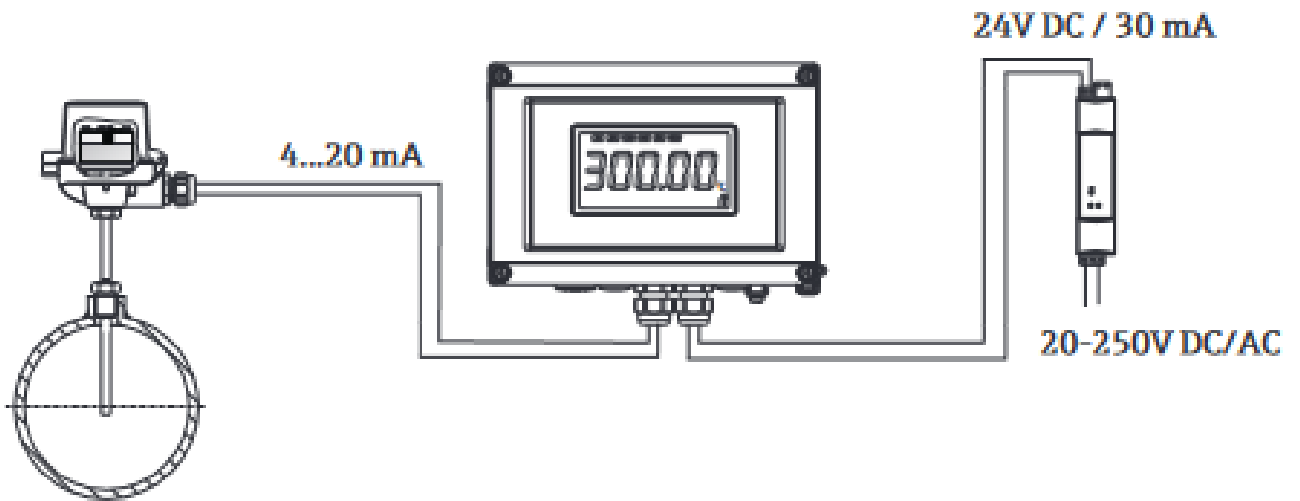
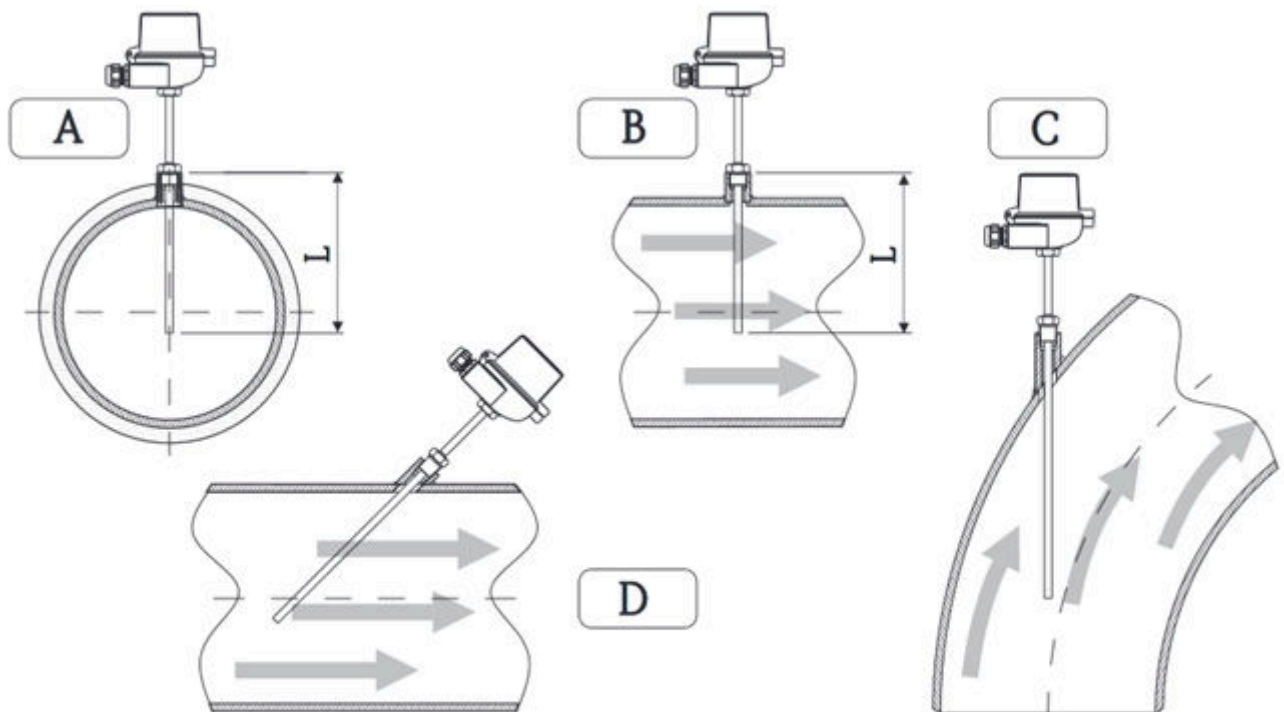


Рис. 2.4. Приклад підключення E+H Omnicrad M TR10 до індикатора.



А-В: У трубах з невеликим перерізом наконечник датчика повинен доходити чи трохи проходити повз центральну лінію труби (= L); С-Д: Нахилена установка.

Рис. 2.5. Приклади встановлення E+H Omnicrad M TR10.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Визначення витрати аміаку

Для визначення витрати аміаку в процесі виробництва морозива використано витратомір CS-INSTRUMENTS VA 520 (рис. 2.5).



Рис. 2.5. CS-INSTRUMENTS VA 520.

Витратомір CS-INSTRUMENTS VA 520 використовує термоанемометричний принцип вимірювання. Нагрітий вимірювальний елемент охолоджується під час проходження повз нього потоку газу. Величина охолодження виступає значенням витрати, що залежить від маси газу, який проходить крізь вимірювальний елемент. Тому при визначенні витрати не потрібно додатково ще вимірювати температуру та тиск. [3]

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

Flow measuring ranges VA 520 (Max version 185 m/s) for compressed air (ISO 1217: 1000 mbar, 20°C) Measuring ranges for other types of gas see pages 100 to 103									Flange DIN EN 1092-1		
Measuring section	Outer pipe mm	Inner pipe mm	Measuring range full scales		L mm	L1 mm	H mm	H1 mm	ØD mm	ØK mm	n x ØL
			m ³ /h	(cfm)							
DN 15	21.3	16.1	90	50	300	210	213.2	165.7	95	65	4 x 14
DN 20	26.9	21.7	175	100	475	275	218.2	165.7	105	75	4 x 14
DN 25	33.7	27.3	290	170	475	275	223.2	165.7	115	85	4 x 14
DN 32	42.4	36.0	530	310	475	275	235.7	165.7	140	100	4 x 18
DN 40	48.3	41.9	730	430	475*	275	240.7	165.7	150	110	4 x 18
DN 50	60.3	53.1	1195	700	475*	275	248.2	165.7	165	125	4 x 18
DN 65	76.1	68.9	2050	1205	475*	275	268.2	175.7	185	145	8 x 18
DN 80	88.9	80.9	2840	1670	475*	275	275.7	175.7	200	160	8 x 18

*Attention: Shortened inlet section. Please observe the recommended minimum inlet section (length = 15 x inner diameter) on site.

Рис. 2.6. Технічні характеристики CS-INSTRUMENTS VA 520.

Connector plug A (M12 - A-coding)

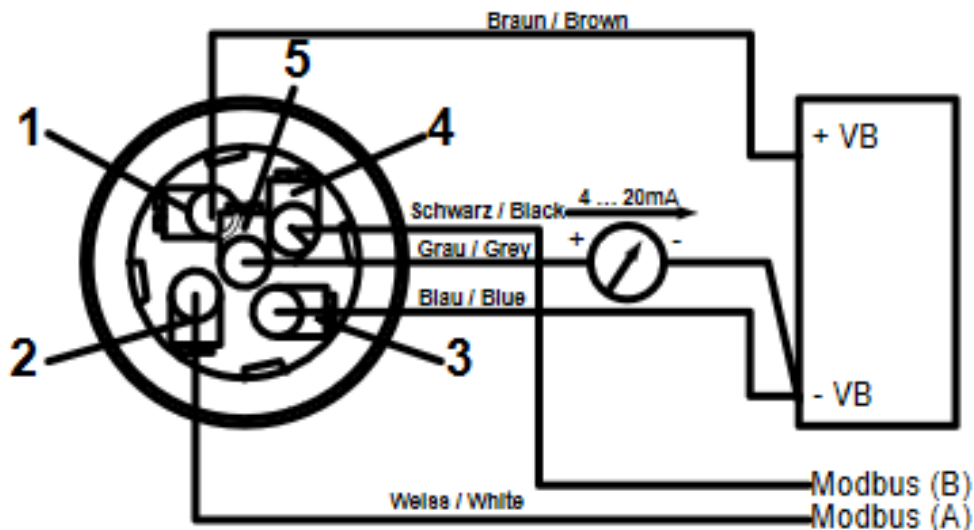
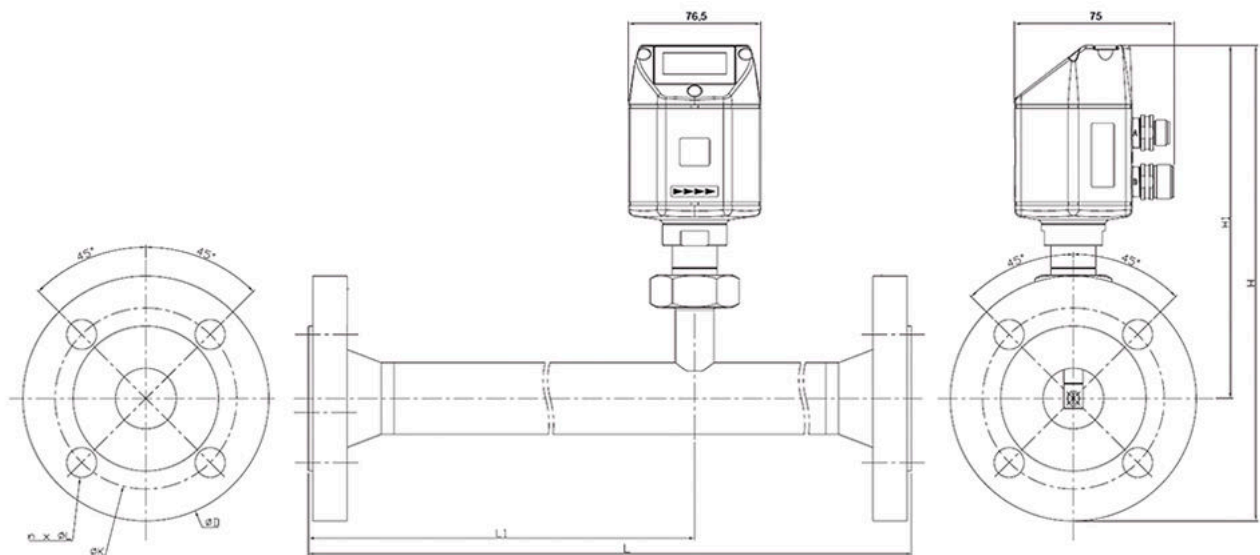


Рис. 2.7. Принцип підключення CS-INSTRUMENTS VA 520.



							Flange DIN EN 1092-1		
	Pipe size	AD/ID (mm)	L (mm)	L1 (mm)	H (mm)	H1 (mm)	Ø D in mm	Ø K in mm	nxØL in mm
VA 520 1/2"	DN 15	21,3 / 16,1	300	210	213,8	166,3	95	65	4 x 14
VA 520 3/4"	DN 20	26,9 / 21,7	475	275	218,8	166,3	105	75	4 x 14
VA 520 1"	DN 25	33,7 / 27,3	475	275	223,8	166,3	115	85	4 x 14
VA 520 1 1/4"	DN 32	42,4 / 36,0	475	275	263,3	166,3	140	100	4 x 18
VA 520 1 1/2"	DN 40	48,3 / 41,9	475	275	240,7	166,3	150	110	4 x 18
VA 520 2"	DN 50	60,3 / 53,1	475	275	248,2	166,3	165	125	4 x 18

Рис. 2.8. Габаритні розміри CS-INSTRUMENTS VA 520.

Електропневматичний перетворювач

При управлінні пневматичним клапаном подачі аміаку в фрізер під час процесу виробництва морозива використано електропневматичний перетворювач ASCON TECNOLOGIC EPC3020 рис. 2.9. [4]



Рис. 2.9. ASCON TECNOLOGIC EPC3020.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

EPC

- ELECTROPNEUMATIC CONVERTERS
- DIN RAIL OR ON FIELD MOUNTING



FEATURES

	EPC 3020	EPC 3065
INPUT		
One	0...20mA/4...20mA	
Input impedance	200 Ω	
OUTPUT		
One	0.2...1 bar, 3...15 psi	
FUNCTIONAL		
Airflow	2.5 m ³ /h	
Characteristic	Linear, direct or reverse	
Accuracy	Better than 0.5%	
Hysteresis	Less than 0.3%	
Influence of air supply pressure	Less than 0.3% / 0.1 bar	
Influence of temperature	On the zero 0.5% / 10 ° C; on full scale 0.5% / 10 ° C	
Zero calibration	3 psi ± 3%	
Span calibration	15 psi ± 2%	
GENERAL		
Power supply	20±1.5 psi	
Air consumption	0.08 m ³ /h	
Weight	0.25 Kg	0.5 Kg
Mounting	On DIN rail	On field
Protection degree	IP20	IP65
Operating temperature / storage	-40... 85°C	
Operating Humidity	Less than 90% RH	

Рис. 2.10. Технічні характеристики ASCON TECHNOLOGIC EPC3020.

HOW TO ORDER

CODE	DESCRIPTION
EPC 3020	Input 4... 20mA - Out 3... 15ps- DIN rail - IP20 - Power supply 20PSI - Direct action
EPC 3065	Input 4... 20mA - Out 3... 15ps- On field - IP65 - Power supply 20PSI - Direct action

DIMENSIONS

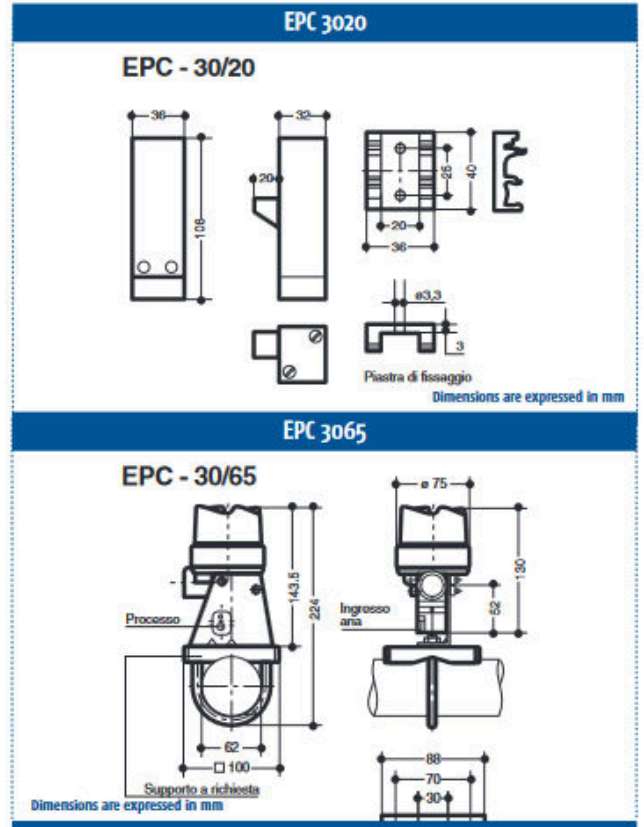


Рис. 2.11. Специфікація замовлення та розміри ASCON TECNOLOGIC EPC3020.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

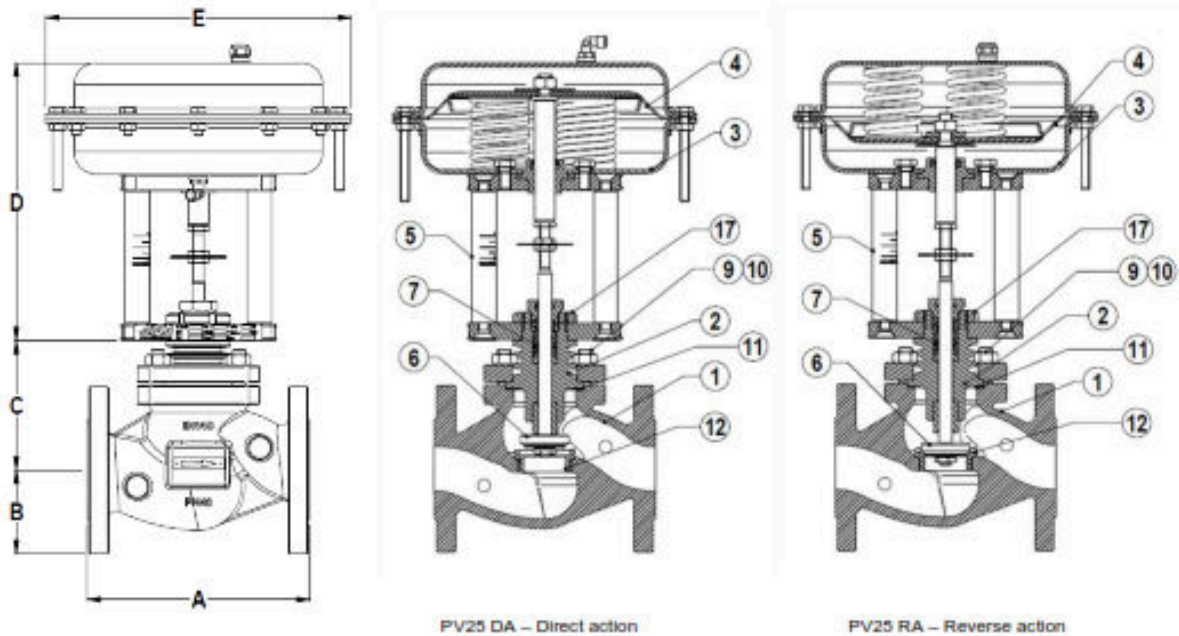
Пневматичний клапан

Пневматичний клапан ADCATrol PV25G рис. 2.12. [5] використано для регулювання подачі аміаку в фрізер використано під час процесу виробництва морозива.



Рис. 2.12. ADCATrol PV25G.

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



DIMENSIONS - VALVE BODY				
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm) BONNET	
			STD.	FINN.
15	130	48	85	150
20	150	53	85	150
25	160	58	90	170
32	180	70	110	190
40	200	75	115	195
50	230	83	125	215
65	290	93	175	275
80	310	100	175	275
100	350	110	190	310

DIMENSIONS - ACTUATOR			
Type	e E (mm)	D (mm)	WEIGHT Kgs
		DN15-100 DA/RA	
PA-205	210	235	5,7
PA-260	275	240	8,8
PA-340	335	265	14,3
PA-435	430	295	24,5

MATERIALS			
POS.	DESIGNATION	MATERIAL PV25G-OF	MATERIAL PV25I-OF
1	Valve Body	GJS-400-15 / 0.7040	CF8M / 1.4408
2	Bonnet	CF8 / 1.4308	CF8 / 1.4308
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0038	S235JRG2 / 1.0038
	Actuator (St. steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
4	Diaphragm	NBR 70	NBR 70
5	Yoke (Steel)	C45E / 1.1191	C45E / 1.1191
	Yoke (St. Steel)	AISI 304 / 1.4301	AISI 304 / 1.4301
6	Valve plug (Soft)	St. Steel / PTFE/GR	St. Steel / PTFE/GR
6	Valve plug (Metal)	AISB16 / 1.4401	AISB16 / 1.4401
7	Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR
9	Studs	34CrNiMo6 / 1.6562	A4 - 70
10	Nuts	Steel 5.8	A4 - 70
11	Gasket	St. Steel / Graphite	St. Steel / Graphite
12	Seat	AISB16 / 1.4401	AISB16 / 1.4401
17	Lock nut	St. Steel	St. Steel

ACTUATOR STROKE IN mm									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Stroke	5	5	7	8	10	13	17	20	25

FLOW RATE COEFFICIENTS									
	SIZES								
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Kvs	3,8	5,1	9,4	15,4	22,2	40,1	63,4	89,7	136,7

Kvs in m³/h, see data sheet IS PV10.00 E; For conversion Kvs = Cv(US) x 0,855

Рис. 2.13. Будова та розміри ADCATrol PV25G.

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

ORDERING CODES V25/OF

VALVE CODES		V	.25	G				.X.
Actuator Type (1)								
Pneumatic Actuator	P							
Electric Actuator	E							
Group Designation								
Globe valve, two way, straight body	V							
Valve Model								
Class PN16, GJS-400-15 body, stainless steel trim		.25	G					
Class PN16, CF8M body, stainless steel trim		.25	I					
Stem Sealing								
PTFE/GR-V-Rings / Standard bonnet						1		
Virgin PTFE V-Rings / Standard bonnet						2		
Graphite / Standard bonnet						3		
Graphite / Finned bonnet						4		
Valve Plug								
PT (on-off) - Soft (PTFE/GR)							9	
PT (on-off) - Metal AISI 316 / 1.4401							10	
Pipe Connection								
Flanged EN1092-2 PN16							L	
Size								
DN15								15
DN20								20
...								
Actuator								(1)
Extras (3)								E

ACTUATOR CODES (pneumatic)

Group Designation		P.					
Multi-spring , pneumatic linear actuator	P.						
Actuator Size							
205		1					
280		3					
340 A - From DN15 to DN50		5					
340 B - From DN65 to DN100		6					
435 A - From DN15 to DN50		7					
435 B - From DN65 to DN100		8					
Actuator							
Direct Action		D					
Reverse Action		R					
Actuator Construction							
Steel construction (painted) - standard						(2)	
Stainless steel construction						I	
Control Signal							
0,2 - 1 bar (3/15 psi)							15
0,4 - 1,2 bar (6/18 psi)							18
0,4 - 2 bar (6/30 psi)							30
0,4 - 2,4 bar (6/35 psi)							35

→ To be introduced on ".X.", if supplied in combination with the valve.

Example:

V25G valve model PT soft plug, PTFE/GR stem sealing DN50 complete with reverse action actuator signal 0,4-1,2bar, size340A steel.

Code: PV.25G.18L50.5R15

REMARKS:

- (1)- Indicate actuator type.
 - (2)- Omitted if the standard actuator is selected.
 - (3)- To be used only when a non-standard combination valve is supplied.
- ADCATROL control valves are identified by a serial number on a nameplate, located on the actuator yoke.
- Always order spares by using that serial number. If the valve has non-standard extras the serial number has also an E (extras).

Рис. 2.14. Специфікація ADCATrol PV25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Кваліфікаційна робота

Арк.

24

Визначення тиску

Для визначення значення тиску в трубопроводі аміаку під час процесу виробництва морозива використано датчик тиску ОВЕН ПД100 (рис. 2.15). [6]



Рис. 2.15. ОВЕН ПД100.

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

Назва	Значення
Вихідний сигнал постійного струму	4...20 мА
Границя основної похибки вимірювання	±0,5 %; ±1,0 % ДИ
Діапазон робочих температур контрольованого середовища	-40...+100 °С (до +60 °С – ПД100-ДГ)
Напруга живлення	12...36 В постійного струму
Опір навантаження	0...1,0 кОм (залежно від напруги живлення)
Споживана потужність	не більше 0,8 ВА
Стійкість до механічних впливів	група виконання V3
Ступінь захисту корпусу	IP65 (IP68 – ПД100-ДГ)
Стійкість до кліматичних впливів	УХЛ3.1
Діапазон робочих температур навколишнього повітря	-40...+80 °С
Атмосферний тиск робочий	66...106,7 кПа
Середній час наробітку на відмову	не менше 500 000 год
Середній термін служби	12 років
Інтервал між повірками	2 роки
Методика повірки	КУВФ.406230.100 МП
Вага в упаковці	не більше 0,4 кг (ПД100-115 – 1,0 кг)
Приєднання до процесу	M20×1,5, M24×1,5 «відкрий порт», G1/2, G1/4
Тип електричного з'єднувача	EN175301-803 форма А, кабельний ввід
Габаритний розмір (за висотою)	не більше 110 мм
Граничний тиск перевантаження	від 200 до 500 % від ВМВ

Рис. 2.16. Технічні характеристики ОВЕН ПД100.

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

ОВЕН ПД100И-ДИВХ-141-Х

Верхний предел измерений, МПа:
0,05; 0,08; 0,1; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9;
1,5; 2,4

Класс точности:
0,25 – $\pm 0,25\%$ от ВПИ
0,5 – $\pm 0,5\%$ от ВПИ

Рис. 2.17. Специфікація замовлення ОВЕН ПД100.

СХЕМА ПІДМІКАННЯ ПД100

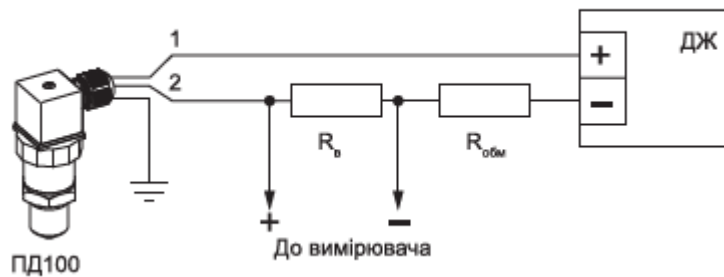


Рис. 2.18. Принцип підключення ОВЕН ПД100.

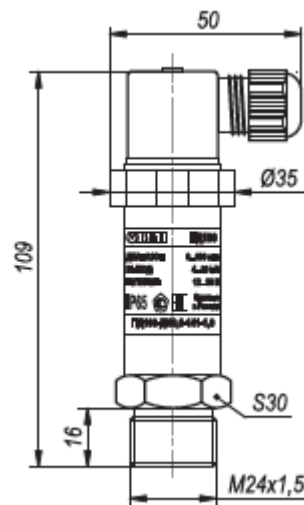


Рис. 2.19. Розміри ОВЕН ПД100.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення рівня

Визначення рівня під час процесу виробництва морозива виконується радарним рівнеміром E+H Micropilot FMR50 рис. 2.20.



Рис. 2.20. E+H Micropilot FMR50.

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

Е+Н Micropilot FMR50 визначає відстань від датчика до поверхні середовища. Сигнали від радара Е+Н Micropilot FMR50 випускаються антеною, вони відбиваються від поверхні середовища і після відбиття знову приймаються антеною Е+Н Micropilot FMR50.

Сигнали, що приймаються антеною передаються в мікропроцесор перетворювача датчика для визначення рівня в резервуарі L, рис. 2.21:

$$L = E - D$$

$$D = c \cdot t / 2,$$

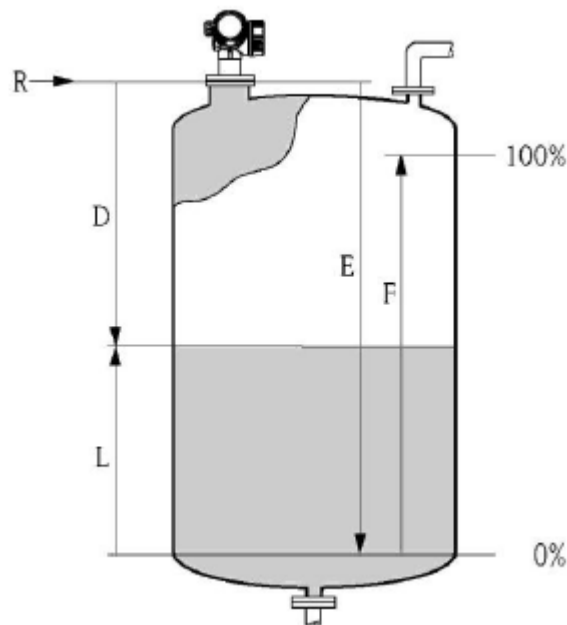
L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

t – часом прийняття відбитого сигналу. [7]



R – контрольна точка вимірювання (нижній край фланця або нарізного сполучення);

E – калібрування порожнього резервуара (= нульовий рівень);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

D – виміряна відстань;

L – рівень ($L = E - D$).

Рис. 2.22. Принцип роботи Е+Н Micropilot FMR50.

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

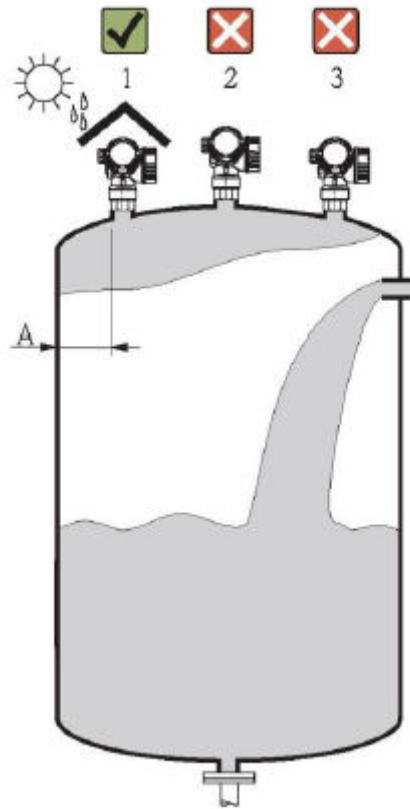


Рис. 2.23. Принцип монтажу E+H Micropilot FMR50.

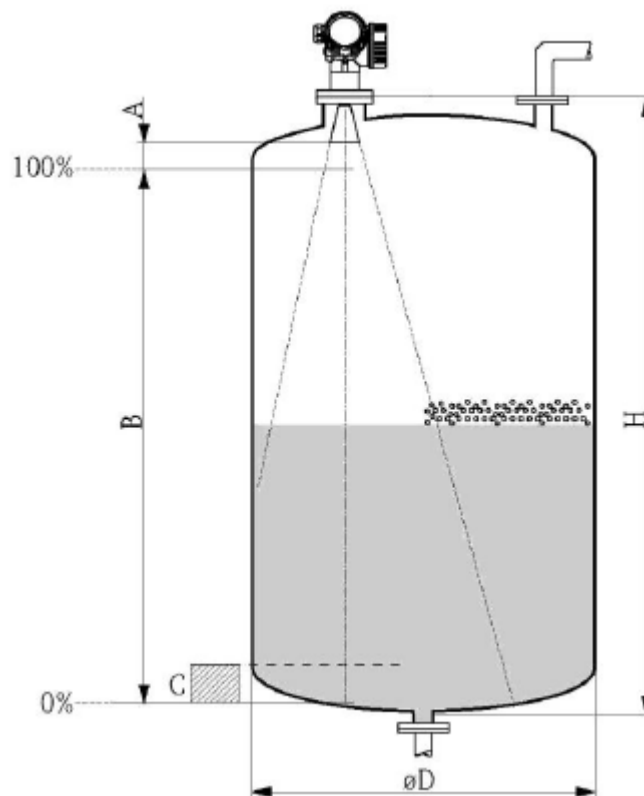


Рис. 2.24. Принцип визначення рівня E+H Micropilot FMR50.

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

2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації процесу виробництва морозива відображено процеси контролю та регулювання технологічних параметрів, які описані нижче

Температура суміші в резервуарі визначається датчиком (поз. 1а), і регулюється пневматичним клапаном (поз. 1в), що регулює подачу холодної води між стінок резервуара. Пневматичний клапан регулюється електропневматичним перетворювачем (поз. 1б).

Контроль тиску аміаку в трубопроводі відбувається датчиком (поз. 2а).

Рівень суміші в резервуарі та у фрізері визначається датчиками (поз. 3а та 4а), та регулюється насосами (поз. М1 та М2). Насоси управляються магнітними пускачами (поз. КМ1 та КМ2).

Витрата аміаку в трубопроводі визначається датчиком (поз. 5а), та регулюється пневматичним клапаном (поз. 5в), який змінює подачу аміаку у фрізер. Пневматичний клапан регулюється електропневматичним перетворювачем (поз. 5б).

Двигуни змішувачів та компресора (поз. М3-М5) управляються магнітними пускачами КМ3-КМ5.

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

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 Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -300...+600 °С	Omnigrad M TR10	1	Endress+ Hauser, Швейцарія
2	1б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Кл.т. 0,5. Рживл.=140 кПа.	ЕРС3020	1	ASCON TECHNOLOGIC, Італія
3	1в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11L 100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
4	2а	по місцю	Датчик виміру надлишково-вакуумметричного тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0...2,4 МПа	ОВЕН ПД100И-ДИВ2,4-141-0,5	1	ОВЕН, м. Харків
5	3а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м	Micropilot FMR50	1	Endress+ Hauser, Швейцарія
6	4а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м	Micropilot FMR50	1	Endress+ Hauser, Швейцарія

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
7	5а	по місцю	Термоанемометричний витратомір з ун. вих. сиг. 4-20мА, напруга живлення 24 DC, діапазон вимірювань 0-85 м ³ /год	VA 520	1	Сігматек, м. Київ
8	5б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Кл.т. 0,5. Рживл.=140 кПа.	EPC3020	1	ASCONECNOLOGIC, Італія
9	5в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм, Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.25G.11L 100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
10	КМ1-КМ5	по місцю	Електромагнітне реле. 3 контакти. Напруга макс. 440В АС, струм комутації 20А.	relpol R3(N)-2013-23-5024-WTL	5	СВ Альтера м.Київ
11	М1-М2	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380В.	Grundfos TP 150-110/6	2	Насос-Монтаж м. Київ
12	М3-М5	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380В.	АИР90L2	3	ООО "Системакс" м. Київ

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації процесу виробництва морозива використано ПЛК Schneider Electric M340.

Задіяні модулі ПЛК Schneider Electric M340 для автоматизації процесу виробництва морозива вказані в таблиці 3.1 та їх компоновка вказана на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0410	1	4 аналогових виходів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

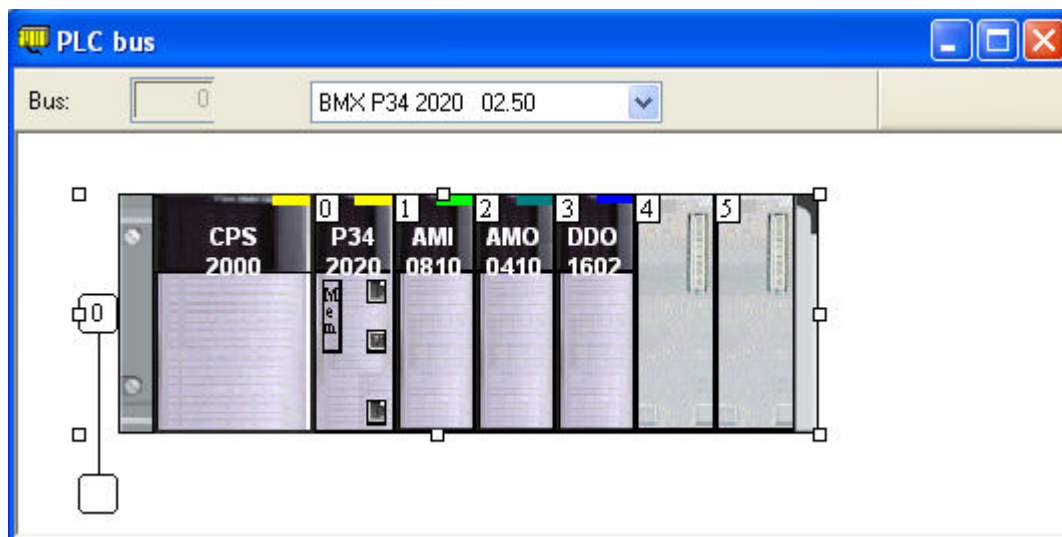


Рис. 3.1. Компоновка модулів ПЛК M340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сарахман І.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О.М.					34	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ ЗАК-3-1ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання процесу виробництва морозива включає такі елементи:

- QF1-QF3 – вимикачі з захистом від короткого замикання;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення на 24 В постійної напруги.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання процесу виробництва морозива задіяна така нумерація провідників:

- 800-809 – провідники з змінною напругою;
- 900-903 – провідники з постійною напругою;
- 100-104 – провідники вимірювальних сигналів;
- 200-223 – провідники сигналів регулювання і управління;
- 0800 – провідник з сигналом пневматичного живлення;
- 0200-0201 – провідники з сигналами пневматичного управління.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання рівня в резервуарі

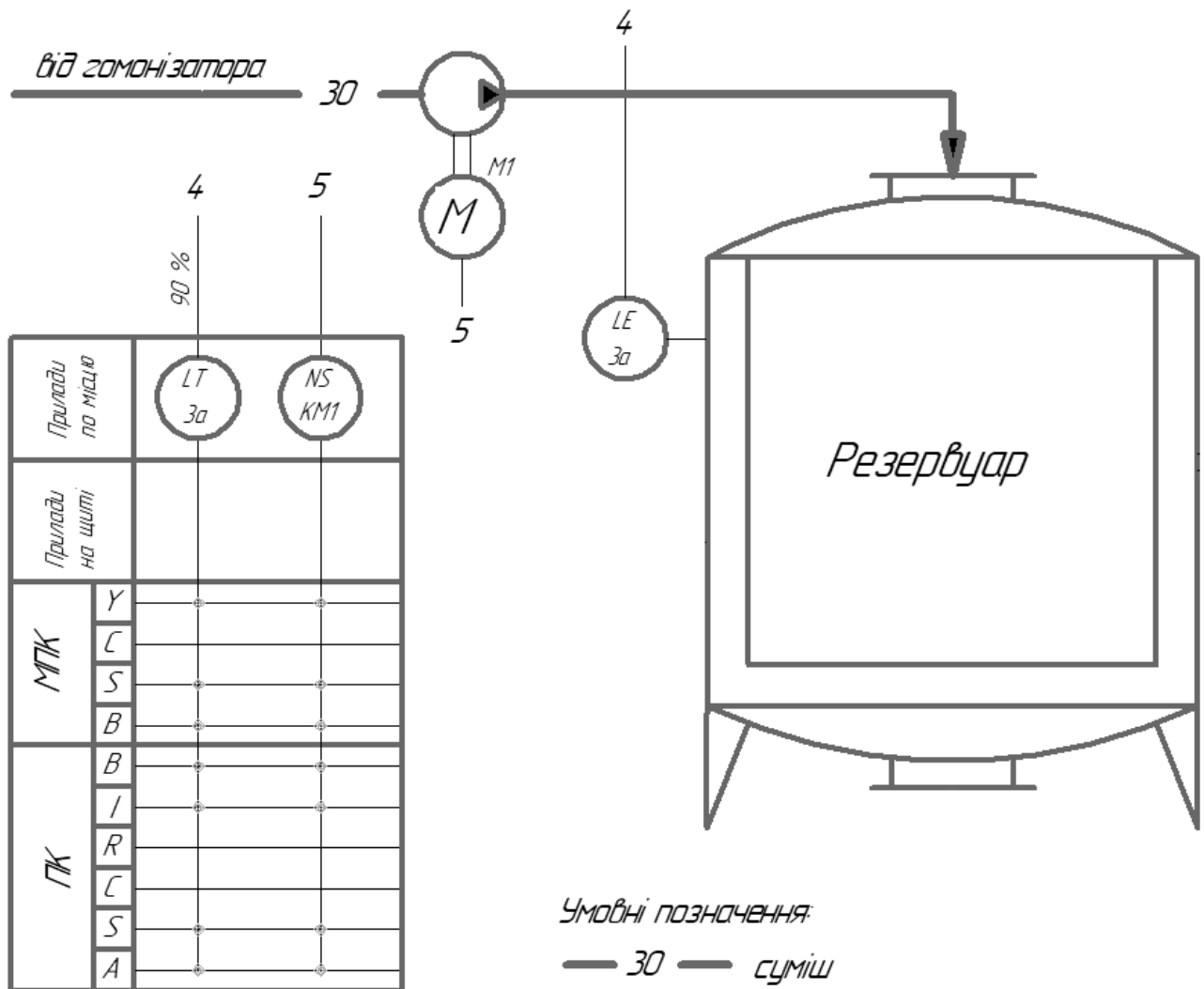


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання рівня в резервуарі.

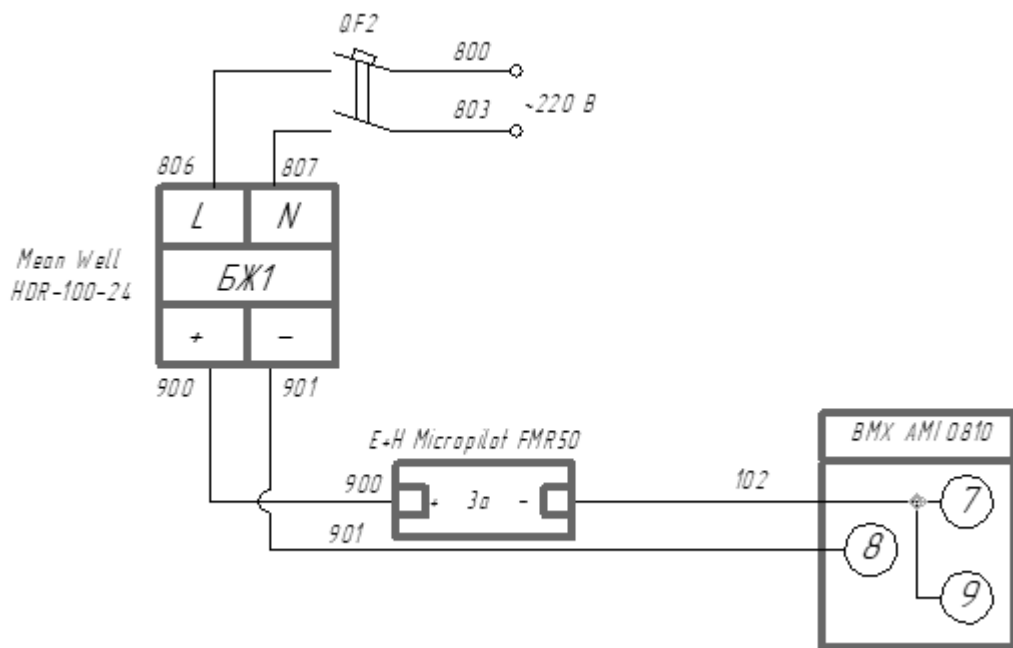


Рис. 3.3 Схема підключення E+H Micropilot FMR50 до BMX AMI 0810.

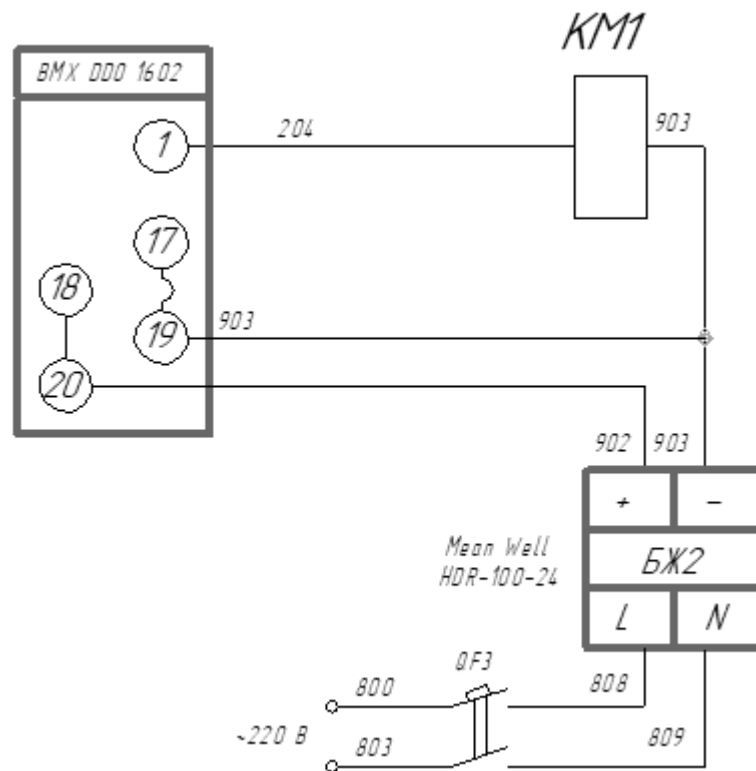


Рис. 3.4. Схема підключення магнітного пускача KM1 до BMX DDO 1602.

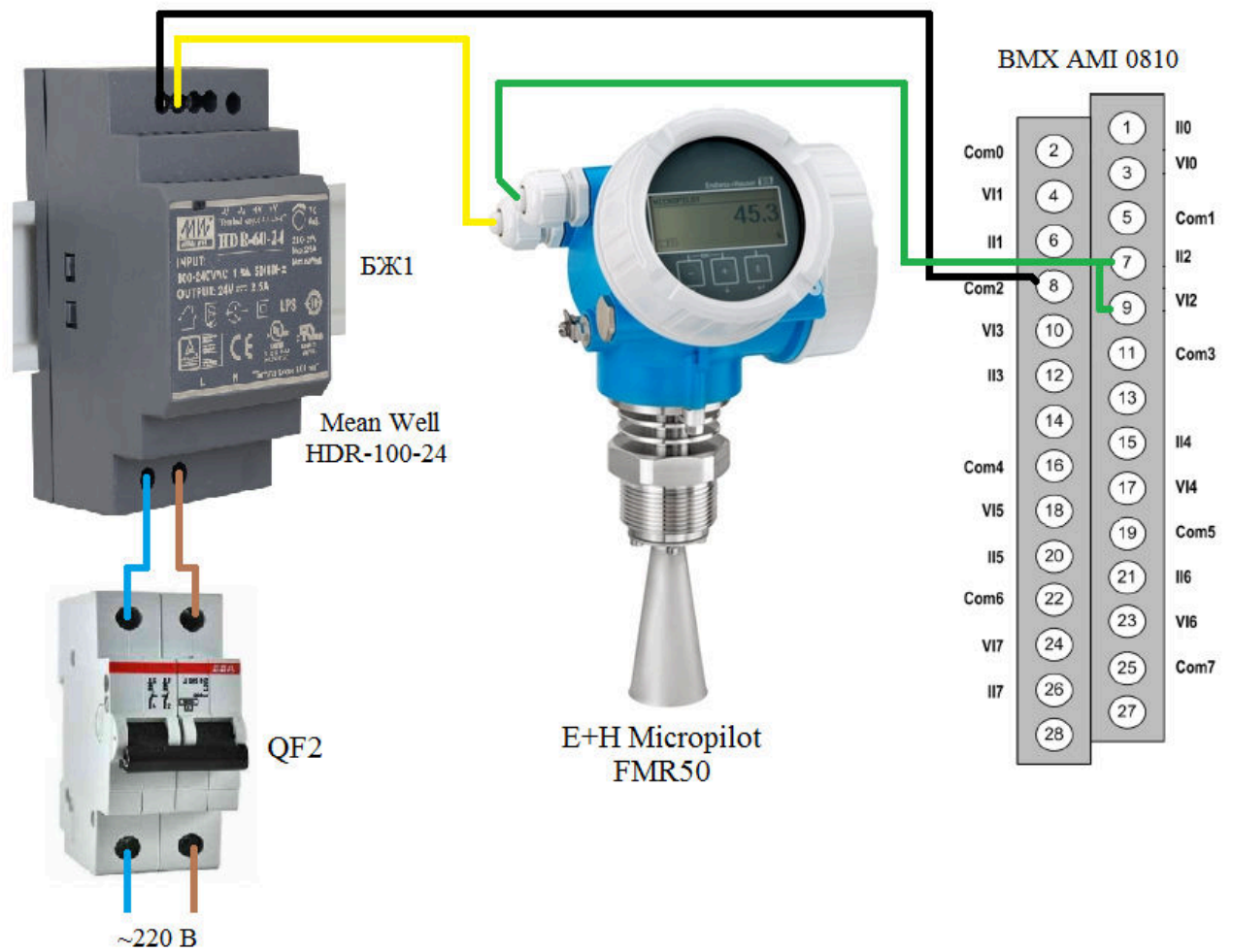


Рис. 3.5. Графічна схема підключення E+H Micropilot FMR50 до BMX AMI 0810.

BMX DDO 1602

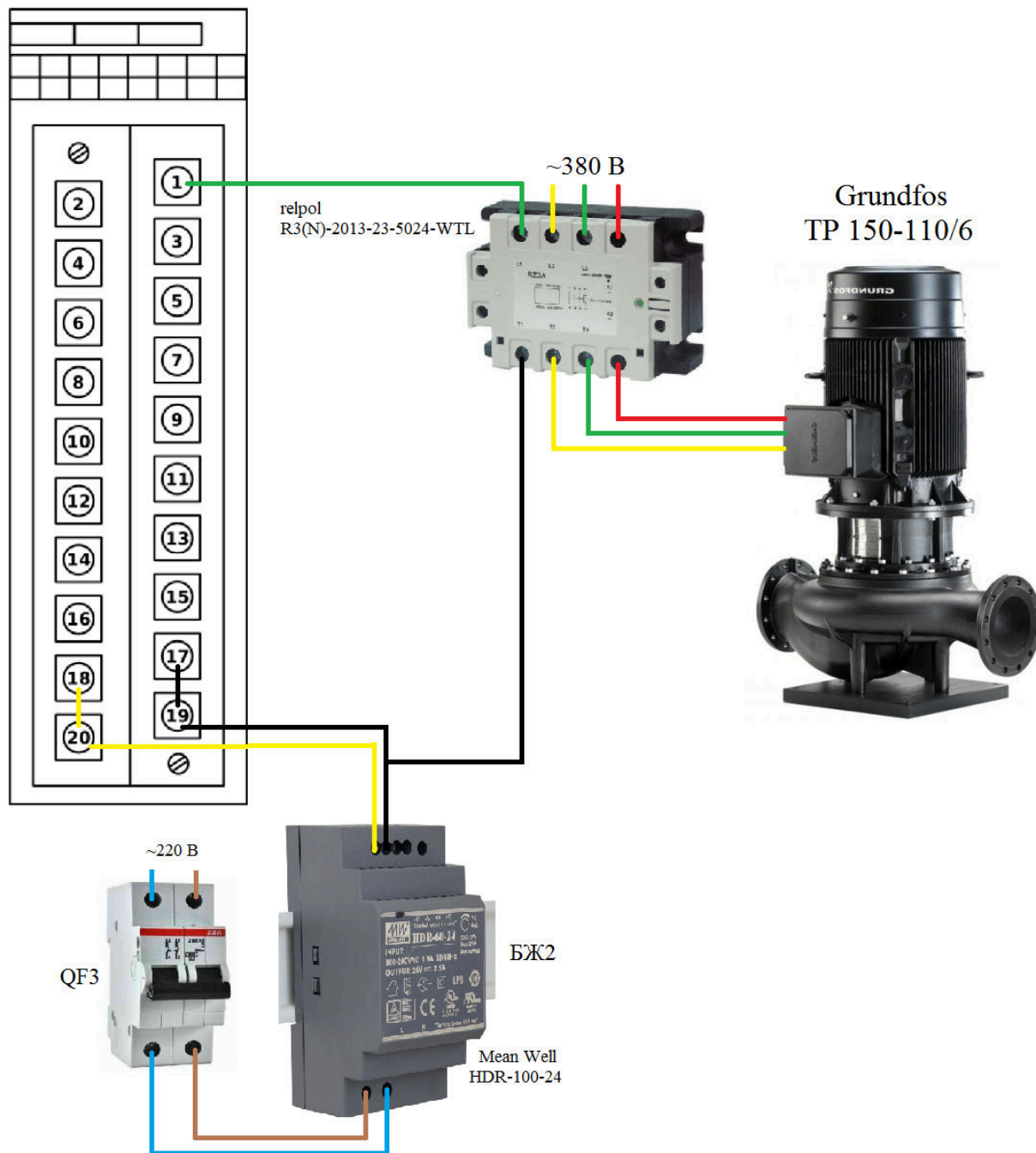


Рис. 3.6. Графічна схема підключення Grundfos TP 150-110/6 до BMX DDO 1602.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для визначення витрати аміаку в процесі виробництва морозива використано витратомір CS-INSTRUMENTS VA 520 (рис. 4.1).



Рис. 4.1. CS-INSTRUMENTS VA 520.

Витратомір CS-INSTRUMENTS VA 520 використовує термоанемометричний принцип вимірювання. Нагрітий вимірювальний елемент охолоджується під час проходження повз нього потоку газу. Величина охолодження виступає значенням витрати, що залежить від маси газу, який проходить крізь вимірювальний елемент. Тому при визначенні витрати не потрібно додатково ще вимірювати температуру та тиск. [3]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Сарахман І.Ю.					40	3
Керівник		Клименко О.М.			<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>			
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Flow measuring ranges VA 520 (Max version 185 m/s) for compressed air (ISO 1217: 1000 mbar, 20°C) Measuring ranges for other types of gas see pages 100 to 103									Flange DIN EN 1092-1		
Measuring section	Outer pipe mm	Inner pipe mm	Measuring range full scales		L mm	L1 mm	H mm	H1 mm	ØD mm	ØK mm	n x ØL
			m ³ /h	(cfm)							
DN 15	21.3	16.1	90	50	300	210	213.2	165.7	95	65	4 x 14
DN 20	26.9	21.7	175	100	475	275	218.2	165.7	105	75	4 x 14
DN 25	33.7	27.3	290	170	475	275	223.2	165.7	115	85	4 x 14
DN 32	42.4	36.0	530	310	475	275	235.7	165.7	140	100	4 x 18
DN 40	48.3	41.9	730	430	475*	275	240.7	165.7	150	110	4 x 18
DN 50	60.3	53.1	1195	700	475*	275	248.2	165.7	165	125	4 x 18
DN 65	76.1	68.9	2050	1205	475*	275	268.2	175.7	185	145	8 x 18
DN 80	88.9	80.9	2840	1670	475*	275	275.7	175.7	200	160	8 x 18

*Attention: Shortened inlet section. Please observe the recommended minimum inlet section (length = 15 x inner diameter) on site.

Рис. 4.2. Технічні характеристики CS-INSTRUMENTS VA 520.

Connector plug A (M12 - A-coding)

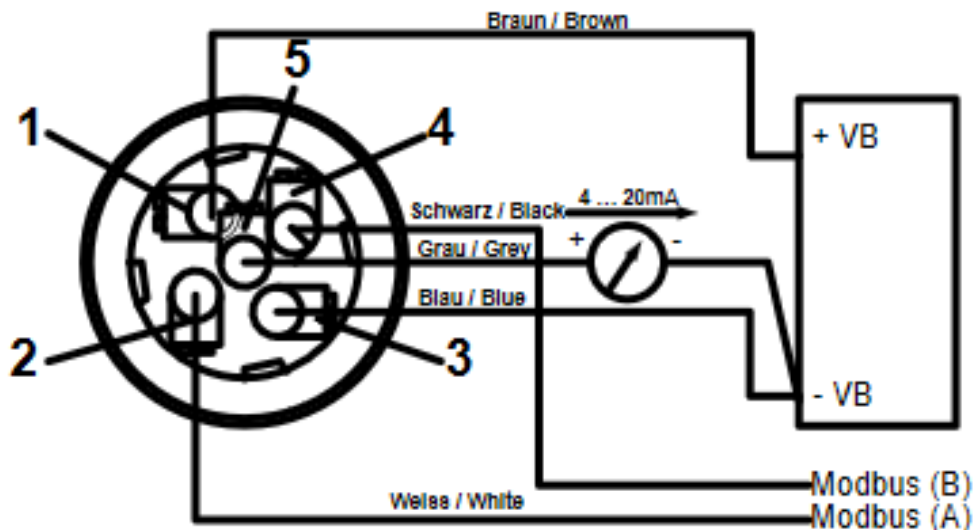
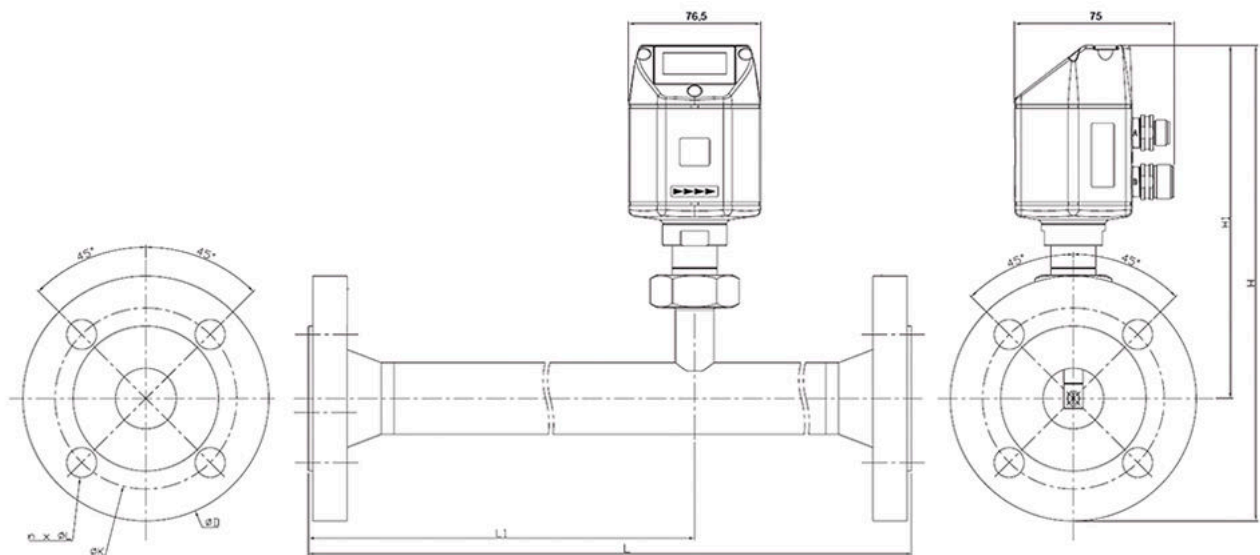


Рис. 4.3. Принцип підключення CS-INSTRUMENTS VA 520.

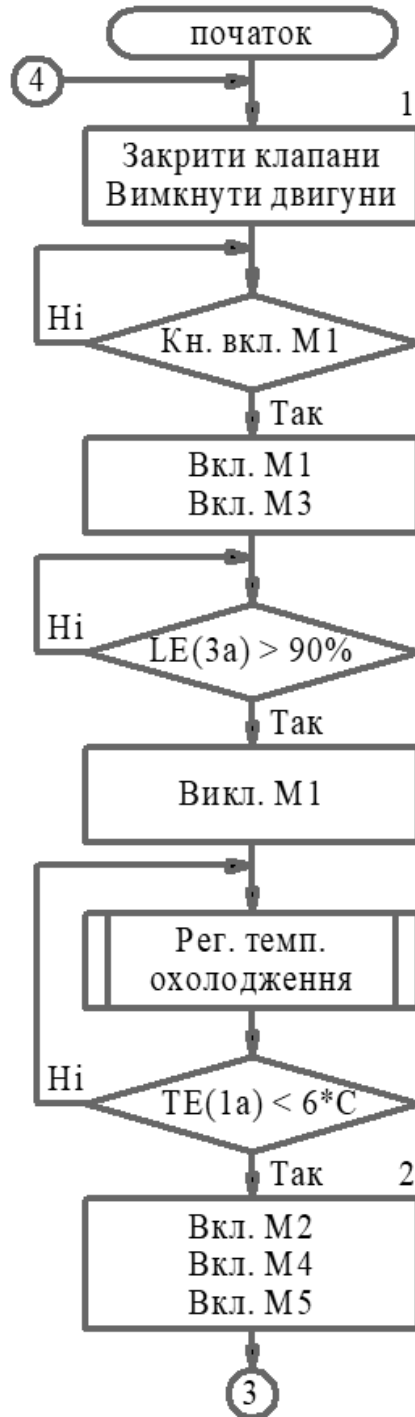


							Flange DIN EN 1092-1		
	Pipe size	AD/ID (mm)	L (mm)	L1 (mm)	H (mm)	H1 (mm)	Ø D in mm	Ø K in mm	nxØL in mm
VA 520 1/2"	DN 15	21,3 / 16,1	300	210	213,8	166,3	95	65	4 x 14
VA 520 3/4"	DN 20	26,9 / 21,7	475	275	218,8	166,3	105	75	4 x 14
VA 520 1"	DN 25	33,7 / 27,3	475	275	223,8	166,3	115	85	4 x 14
VA 520 1 1/4"	DN 32	42,4 / 36,0	475	275	263,3	166,3	140	100	4 x 18
VA 520 1 1/2"	DN 40	48,3 / 41,9	475	275	240,7	166,3	150	110	4 x 18
VA 520 2"	DN 50	60,3 / 53,1	475	275	248,2	166,3	165	125	4 x 18

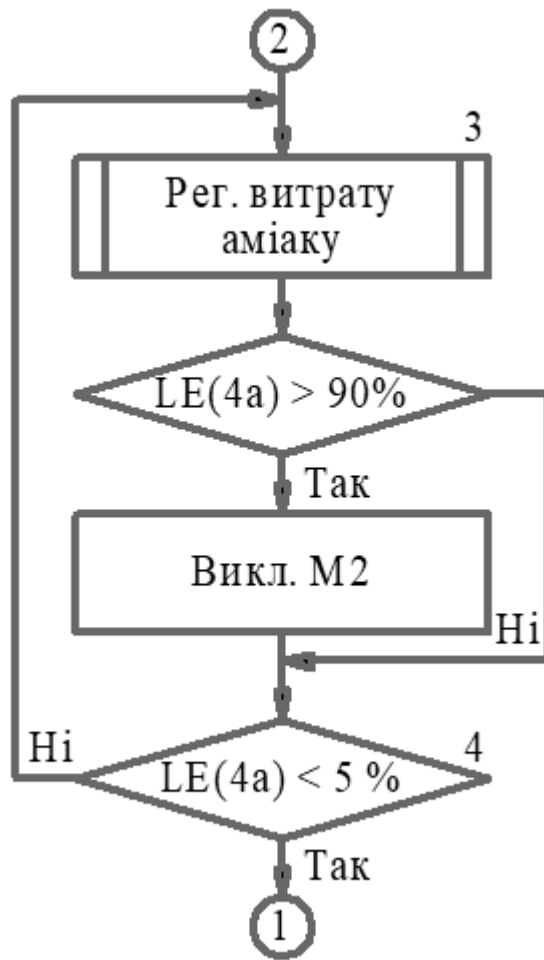
Рис. 4.4. Габаритні розміри CS-INSTRUMENTS VA 520.

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

Процес виробництва морозива функціонує за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Сарахман І.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Клименко О.М.				43	5	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Змінні задіяні в програми в ПЛК вказані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
TSum	%IW0.1.0	Температура суміші в резервуарі
PAmiak	%IW0.1.1	Тиск аміаку в трубопроводі
LSum	%IW0.1.2	Рівень в резервуарі
LFriz	%IW0.1.3	Рівень в фрізері
FAmiak	%IW0.1.3	Витрата аміаку
KLXA	%QW0.2.0	Клапан подачі холодоагенту
KLA	%QW0.2.1	Клапан подачі аміаку
NM1	%Q0.3.0	Насос M1
NM2	%Q0.3.1	Насос M2
ZM3	%Q0.3.2	Змішувач M3
ZM4	%Q0.3.3	Змішувач M4
KM5	%Q0.3.4	Компресор M5

Програма процесу виробництва морозива написана на мові програмування ST (Structured Text):

```

!%L1: (*Початок*)
REPEAT
    RESET NM1;
    RESET NM2;
    RESET ZM3;
    RESET ZM4;
    RESET KM5;
    KLXA:=0;
    KLA:=0;
    KL3V:=0;
    KL4V:=0;
    KL5V:=0;
UNTIL (NOT %M1)
END_REPEAT;
IF %M1 THEN (*Включено насос M1*)
    SET NM1;
    SET ZM3;
END_IF;
IF LSum > 700 THEN (*Рівень суміші > 90 %*)
    RESET NM1;
    DO
        PID(' ', ' ', TSum, KLXA, %M10, %MW1:43);
    UNTIL TSum < 3400 (*Температура суміші < 60C*)
    END_REPEAT;
    SET %M2;
    RESET %M1;
END_IF;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

IF %M2 THEN

SET NM2;

SET ZM4;

SET KM5;

SET %M3;

RESET %M2;

END_IF;

IF %M3 THEN

DO

PID(' ' ', FАmiak, KLA, %M11, %MW50:43);

IF LFriz > 600 THEN (*Рівень у фрізері > 90 %*)

RESET %NM2;

END_IF;

UNTIL LFriz < 30 (*Рівень у фрізері < 5 %*)

END_REPEAT;

RESET %M3;

JMP %L1;

END_IF;

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

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема процесу виробництва морозива розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис задіяних змінних при розробці мнемосхеми для SCADA-програми вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TSum	%IW0.1.0	0	10000	-300	600	INT
PAmiak	%IW0.1.1	0	10000	0	2400	INT
LSum	%IW0.1.2	0	10000	0	30	INT
LFriz	%IW0.1.3	0	10000	0	30	INT
FAmiak	%IW0.1.4	0	10000	0	85	INT
KLXA	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
KLA	%QW0.2.1	0	10000	0	100	INT
NM1	%Q0.3.0	0	1	0	1	BOOL
NM2	%Q0.3.1	0	1	0	1	BOOL
ZM3	%Q0.3.2	0	1	0	1	BOOL
ZM4	%Q0.3.3	0	1	0	1	BOOL
KM5	%Q0.3.3	0	1	0	1	BOOL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сарахман І.Ю.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Клименко О.М.</i>					48	2
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу виробництва морозива забезпечує оператору можливість спостерігати за тим, як змінюються технологічні параметри з АРМ оператора – автоматизованого робочого місця, а також дозволяє за необхідністю вносити управляючу дію вручну, відносно клапанів та насосів.

Вигляд мнемосхеми процесу виробництва морозива представлено на рис. 6.2.

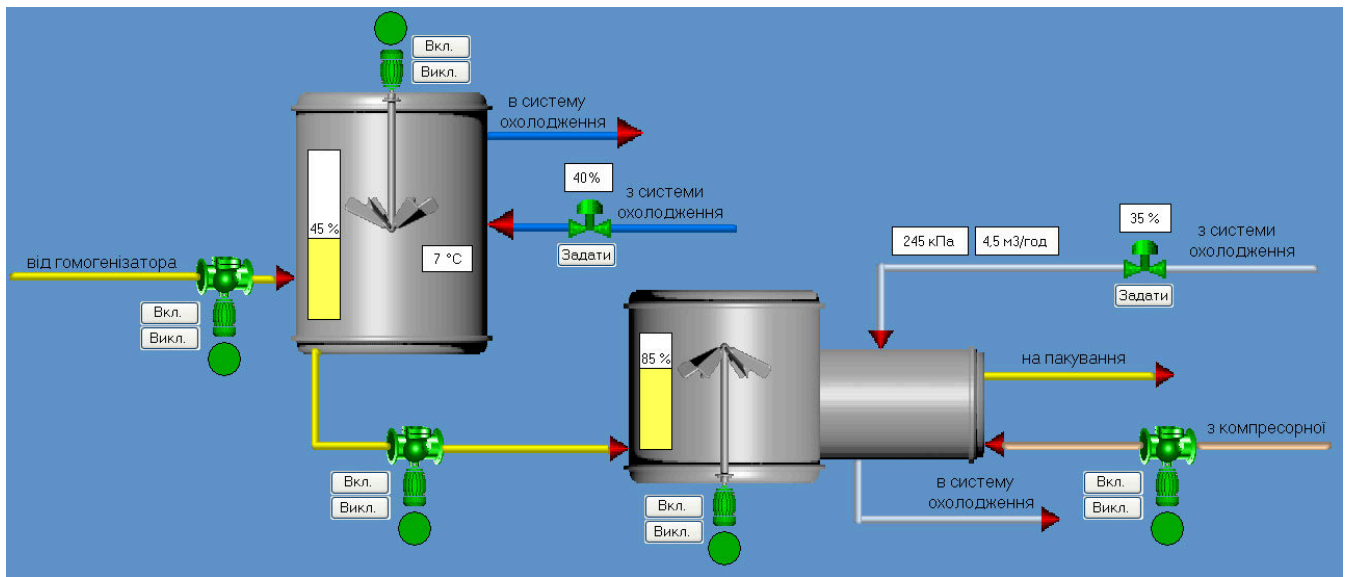


Рис. 6.2. Мнемосхема процесу виробництва морозива.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

В резервуарі під час процесу виробництва морозива необхідно забезпечити оптимальне регулювання температури охолодження суміші (рис. 7.1).

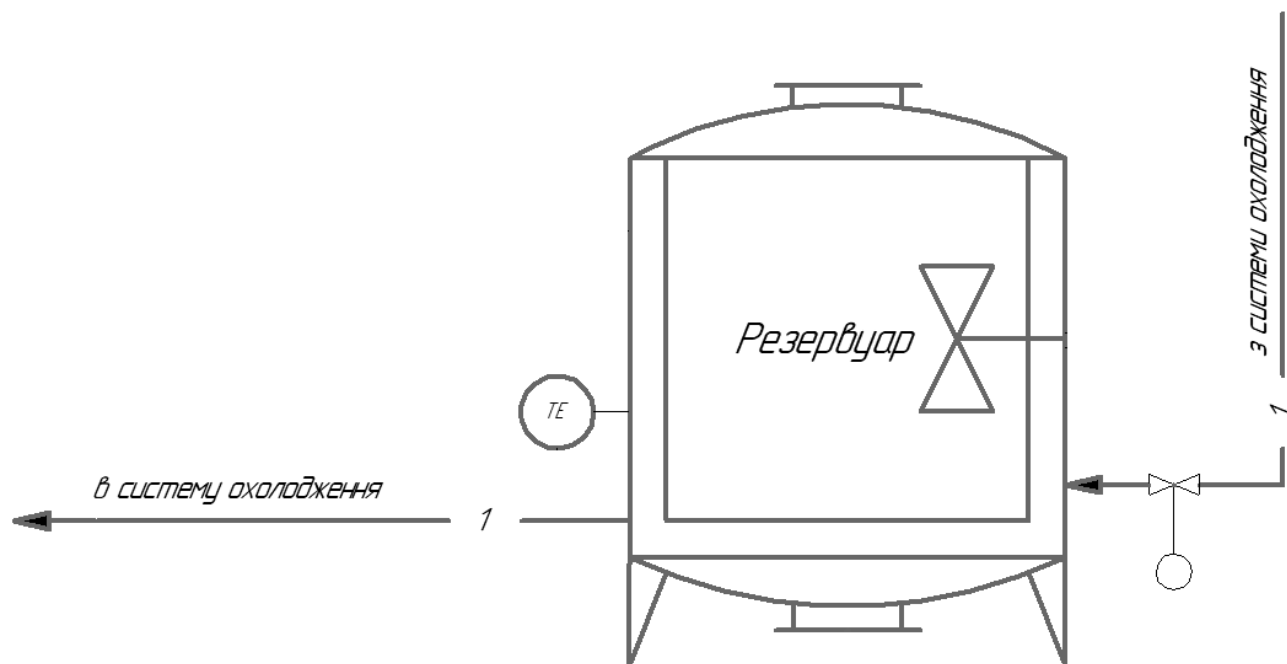


Рис. 7.1. Схема регулювання температури охолодження в резервуарі.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: необхідно визначити настройки ПІ-регулятора для математичної моделі резервуара методом Циглера-Нікольсона.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сарахман І.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва морозива	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Клименко О.М.					50	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАК-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Згідно поставленої задачі необхідно обирати вхідні та вихідні канали і зобразити їх на параметричній схемі (рис. 7.2).

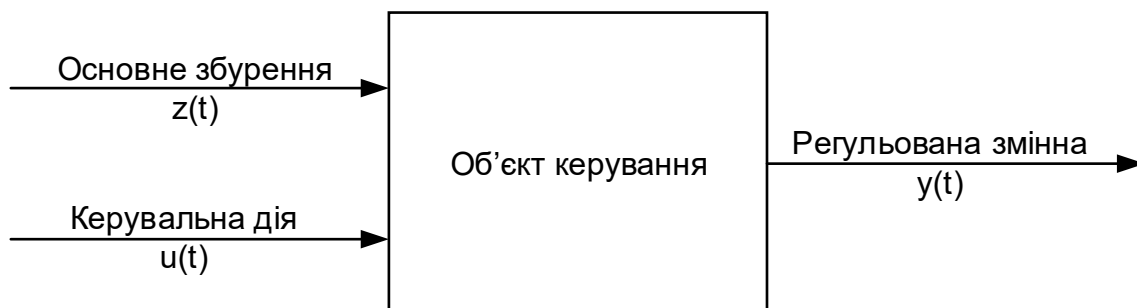


Рис. 7.2. Параметрична схема резервуара.

$z(t)$ – початкова температура суміші, °С;

$u(t)$ – управляюча дія для клапана подачі холодоагенту, % Х.Р.О. (% ходу регулюючого органу);

$y(t)$ – температура охолодження суміші, °С.

Математична модель резервуара складається з ланок: аперіодичної та запізнення (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

$$W_1(s) = \frac{k}{Ts + 1}$$

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{\text{зп}}s}$$

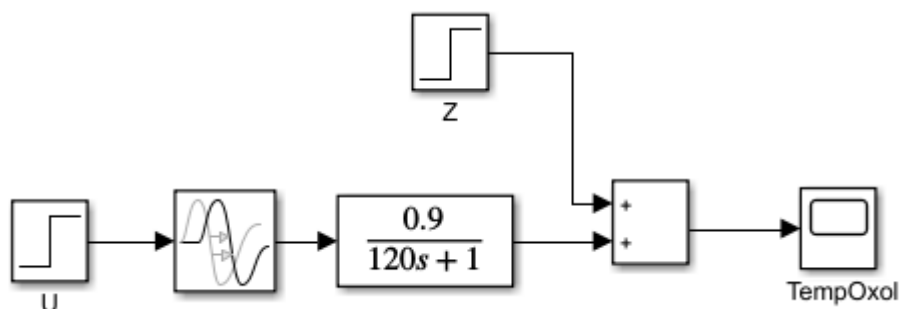


Рис. 7.3. Математична модель резервуара.

7.3. Моделювання САР

Дослідимо модель резервуара з П-регулятором (рис. 7.4).

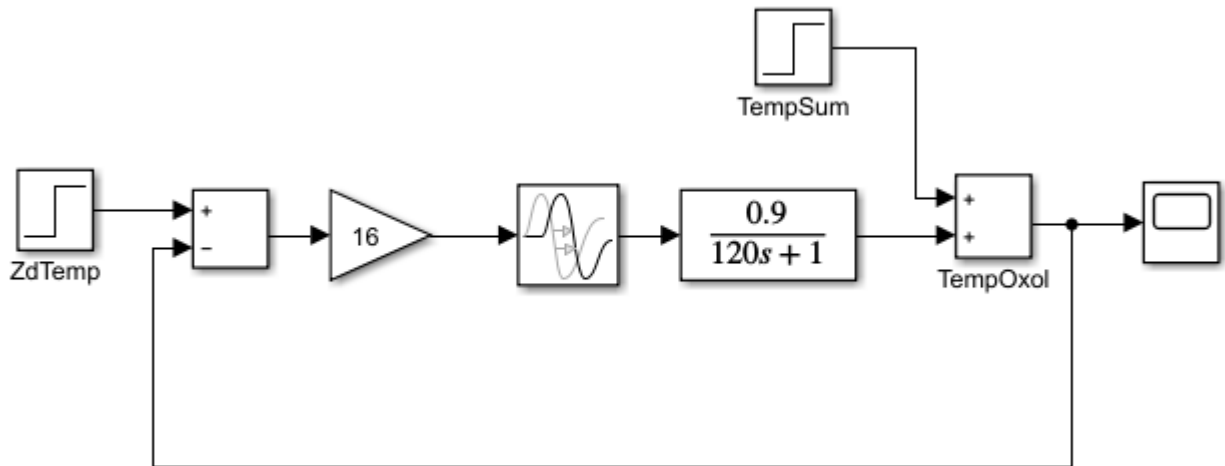


Рис. 7.4. Математична модель резервуара з П-регулятором.

Збільшенням коефіцієнта підсилення в П-регуляторі виводимо перехідний процес в режим автоколивання (рис. 7.5).

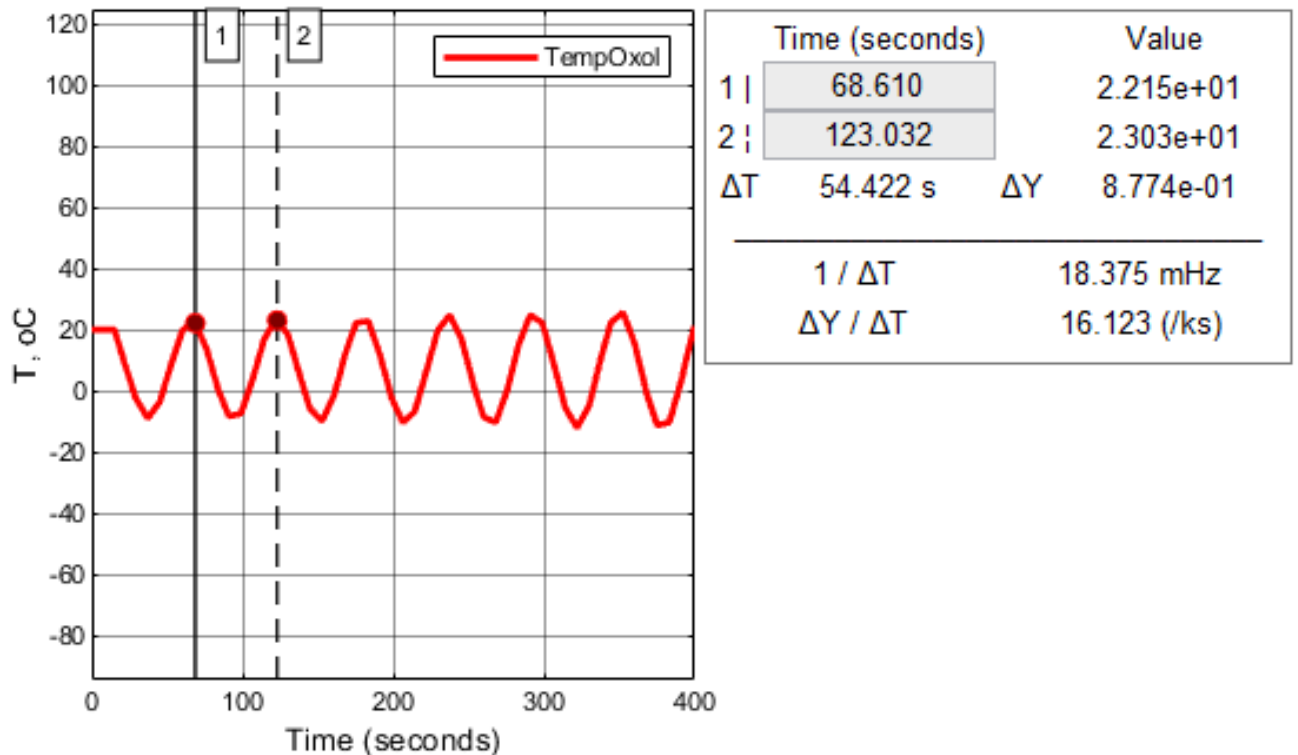


Рис. 7.5. Перехідний процес в режимі автоколивання.

Отримаємо: $k_{кр} = 16$; період автоколивань – $T_{кр} = 54,4$ с. Визначимо настройки ПІ-регулятора:

$$k_p = 0,45 * k_{кр} = 0,45 * 16 = 7,2$$

$$T_i = T_{кр} / 1,2 = 54,4 / 1,2 = 45,17; k_i = k_p / T_i = 7,2 / 45,17 = 0,16$$

Визначені настройки ПІ-регулятора підставляємо в модель (рис. 7.6).

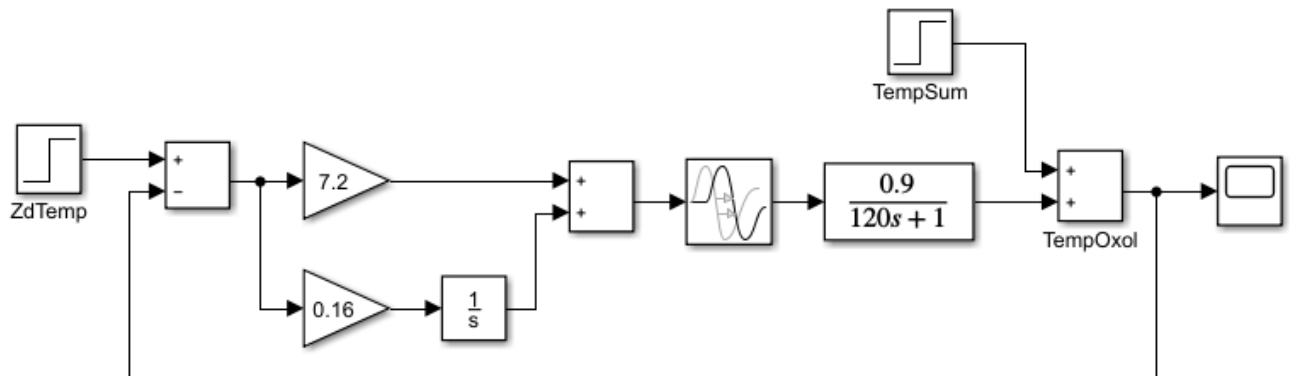


Рис. 7.6. Математична модель резервуара з ПІ-регулятором.

Отримаємо наступний перехідний процес з визначеними настройками ПІ-регулятора (рис. 7.7).

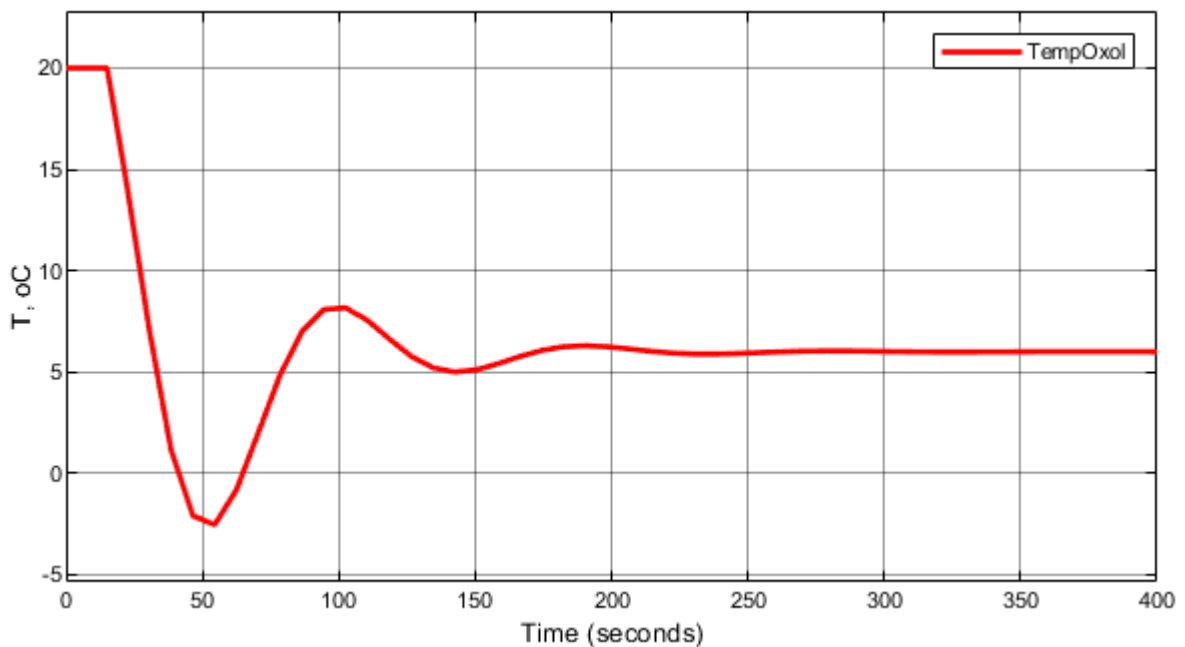


Рис. 7.7. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для зменшення динамічної похибки і зменшення ймовірності утворення льоду в суміші при температурі менше 0 °С, зменшуємо коефіцієнт k_i до 0,07 і отримуємо наступний перехідний процес (рис. 7.8).

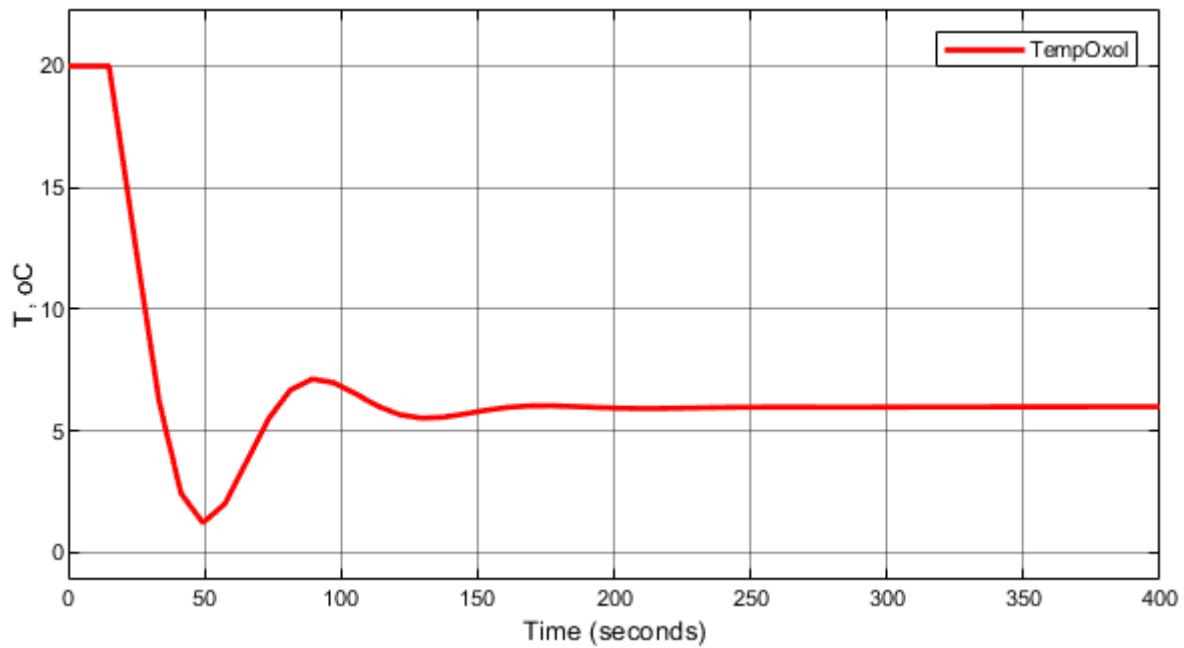


Рис. 7.8. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Комп'ютерне моделювання для системи автоматичного регулювання (САР) дозволило знайти наступні настройки ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольсона для регулювання температури суміші в резервуарі:

- коефіцієнта підсилення: $k_p = 7,2$;
- час інтегрування: $T_i = 54,4$;
- коефіцієнта інтегрування: $k_i = 0,16$.

Але з отриманими настройками ПІ-регулятора для математичної моделі САР перехідний процес має незадовільну динамічну похибка (перша амплітуда), тому необхідно було провести вручну настройку коефіцієнта інтегрування $k_i = 0,07$ для забезпечення оптимальної динамічної похибки при регулюванні температури охолодження суміші.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі наведено опис розробки системи автоматизації процесу виробництва морозива з задіянням сучасних засобів автоматизації.

Система автоматизації процесу виробництва морозива побудована на основі ПЛК Schneider Electric M340.

За допомогою використання програмного забезпечення Citect SCADA 2015 виконана розробка дисплейна мнемосхема процесу виробництва морозива для АРМ оператора – автоматизованого робочого місця.

В кваліфікаційній роботі проведено комп'ютерне моделювання регулювання температури суміші в резервуарі знаходження оптимальних налаштувань ПІ-регулятора.

Задіяння сучасних засобів автоматизації при розробці системи автоматизації процесу виробництва морозива зменшує витрати енергоресурсів для проведення процесу виробництва морозива зменшує собівартість виробництва морозива та збільшує прибутковість виробництва.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Список використаної літератури

1. Технологический процесс производства мороженого. URL:
<https://msd.com.ua/texnologiya-moloka-i-molochnyx-produktov/texnologicheskij-process-proizvodstva-morozhenogo/>
2. Technical Information Omnigrad M TR10. URL:
https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EE9A2A59BCF6EA672C5/TI00256TEN_0219.pdf
3. VA 520 - Inline flow meter. URL:
https://www.cs-instruments.com/fileadmin/cs-data/Datenblaetter/Data%20sheets%20-%20EN/Data_sheet_VA520_EN.pdf
4. EPC3020. URL:
https://arxivar.ascontecnologic.com/Default.aspx?doctype=CAT.COMM&Testo179_1=DS_EPC_E_--
5. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF. URL:
<https://www.cdfteccon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-recto-dn15-100-pn16-pv25g.pdf>
6. ПД100. Преобразователь давления измерительный. URL:
https://owen.ua/uploads/57/2/re_pd100_1499.pdf
7. Technical Information Micropilot FMR50. URL:
<http://www.merteh.lv/eh/pdf/TI01039FEN.PDF>
8. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
9. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
10. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
11. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

12. 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.
13. Magnetostrictive Level Meters for Liquids. URL:
https://www.kobold.com/uploads/files/n2gb_nmt.pdf
14. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
15. 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.
16. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
17. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
18. 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.
19. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
20. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
21. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.—160 с.
22. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
30. 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.
31. 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 Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 32.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.
- 33.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.
- 34.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 35.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.
- 36.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)
- 37.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.
- 38.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 39.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
- 40.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
- 41.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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

42. 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" наряду 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
43. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" наряду 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
44. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
45. 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.
46. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
47. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		