

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем

управління ім. проф. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

Андрій ФОРСЮК
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«б» червня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

« » червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва карамельної продукції

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

ГАВРИЛЕНКО Карина Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник ЛУЦЬКА Наталія Миколаївна
(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 АНДРІЮК
(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 – 2025 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. проф. А.П. Ладанюка

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

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ГАВРИЛЕНКО Карина Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виробництва карамельної продукції

керівник роботи ЛУЦЬКА Наталія Миколаївна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» квітня 2025 р. № 254-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «6» червня 2025 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. 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 28 квітня 2025 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 Карина ГАВРИЛЕНКО

_____ (підпис)

Керівник роботи Наталія ЛУЦЬКА

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі наведено опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення карамелі в змійовиковому варильному апараті.

Система автоматизації технологічного процесу створювалась із використанням промислового логічного контролера Modicon M340 виробництва Schneider Electric.

Детально розглянуто принципи встановлення і підключення електромагнітного витратоміра Promag 53P виробництва Endress+Hauser.

За допомогою програмного забезпечення Citect SCADA 7.20 реалізована мнемосхема диспетчеризації для автоматизованого робочого місця оператора.

Ключові слова: карамель, змійовиковий апарат, змішувач, автоматизація, уварювання, M340, Promag 53P.

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

Annotation

This qualification paper presents the development of an automation system for the caramel production process in a coil-type boiling apparatus.

The automation system for the technological process was developed using the Modicon M340 programmable logic controller manufactured by Schneider Electric.

The principles of installation and connection of the Promag 53P electromagnetic flowmeter, manufactured by Endress+Hauser, are examined in detail.

A dispatcher mnemonic diagram for the operator's automated workstation was implemented using Citect SCADA 7.20 software.

Keywords: caramel, coil apparatus, mixer, automation, boiling, M340, Promag 53P.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		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	13
Розділ 2. Система автоматизації	14
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	14
2.2. Схема автоматизації	29
2.3. Специфікація засобів автоматизації	30
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	32
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	32
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	33
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	34
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	37
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	41
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	49
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI	49
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	50
Висновки	52
Список використаної літератури	53

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

Вступ

Процес виготовлення карамелі не є доволі складним в технологічному плані, але дозволяє постійно поліпшувати саму лінію виробництва і складність виробів. Прикладом може бути карамель з начинкою, наповнювачами, барвниками іншим.

Задля приготування якісного виробу необхідно витримувати вимоги технологічного процесу, починаючи від підготовки необхідної сировини та продовжуючи самим процесом уварювання карамелі.

На сьогоднішній день технологічний процес дозволяє досягти балансу в максимальній ефективності виробництва та найкращої якості продукту.

Мета даної кваліфікаційної роботи – розробка та опис системи автоматизації процесу виготовлення карамелі з використанням сучасних засобів автоматизації для забезпечення оптимального проходження технологічного процесу уварювання при приготуванні карамельної маси.

Застосування сучасних технічних засобів автоматизації сприятиме зниженню витрат енергоресурсів під час технологічного процесу уварювання, при цьому якість кінцевого продукту залишатиметься незмінною. Зменшення витрат енергоресурсів, у свою чергу, дасть змогу підвищити рентабельність виробництва.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

В данній кваліфікаційній роботі розглядається саме процес приготування карамелі без підготовки компонентів, охолодження та упакування, але для розуміння всієї картини виробництва, в описі будуть розглянуті всі етапи виробництва.

Карамель є емульсією концентрованого цукрового розчину з жировими глобулами та розчинними сухими молочними компонентами. При її приготуванні цукрову суміш (цукор-пісок, патока, сироп, вода) нагрівають до високих температур. Нагрів забезпечує реакцію карамелізації і визначає кінцевий вміст вологи в масі. Основні технологічні етапи виготовлення карамелі включають:

- Підготовку та очищення сировини (цукор-пісок)
- Приготування цукрово-патокового сиропу та вихідної карамельної суміші.
- Уварювання (варіння) карамельної маси (зазвичай у вакуумних варочних котлах).
- Охолодження та формування карамелі.
- Остаточне охолодження та пакування готових виробів.

Перший етап – підготовка сировини. Цукор-пісок, що зберігається в збірнику, проходить через ковш, де просіюються зайві домішки та розподіляються всі великі шматки цукру. Тільки після цього він надходить в другий збірник, як і всі інші складові, такі як патока та сироп. Усі компоненти повинні відповідати вимогам за вологістю, чистотою та складом згідно з нормативами. Контроль наявності домішок і вологи на цьому етапі критичний для якості кінцевого продукту.

Другий етап – приготування цукрово-патокового сиропу і вихідної маси. Вихідні компоненти (цукор, патока, сироп, вода) завантажують у змішувач, де підігріваються і доводяться до однорідної консистенції. Тут одержують початковий сироп, в який можливо додати за вимогами конкретного виробництва харчові добавки (стабілізатори, емульгатори, барвники, ароматизатори).

					<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>Гавриленко КО</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва карамельної продукції</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Луцька Н.М.</i>				8	6
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Інвертний цукор, наприклад кукурудзяний сироп, містить довгі ланцюги глюкози, які перешкоджають впорядкованому утворенню кристалів сахарози

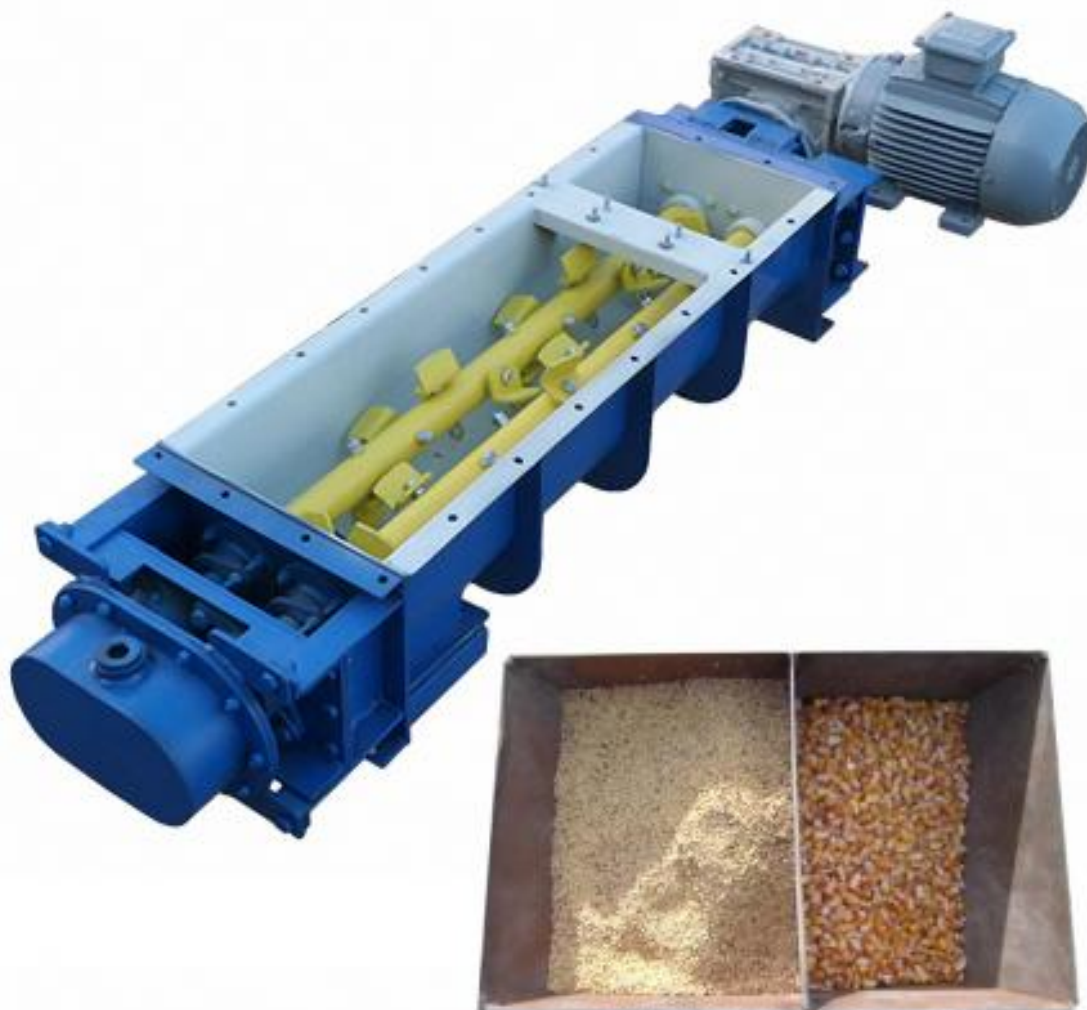


Рис. 1. 1 Змішувач двухвальний безперервної дії (Дане зображення є лише прикладом апарату на виробництві)

Третій етап – безпосередньо варіння (уварювання) карамельної маси. Цей етап є найбільш енергоємним і технологічно складним. Масу з вихідного сиропу подають у змішувач варильний апарат і доводять до кипіння. Завдяки внутрішньому «змійовику» нагрівання рідини паром відбувається рівномірно і це дозволяє досягти найбільшої якості продукту.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рис. 1. 2 Змійниковий варильний апарат

Під дією вакууму відбувається інтенсивне випаровування води з маси при значно нижчій температурі кипіння. Такий підхід дозволяє уварювати карамель до високої концентрації сухих речовин (приблизно 98–99 % вміст сухих речовин) без перегріву або пригоряння суміші. Завдяки вакуумному режиму карамель набуває більш прозорого кольору і меншої інверсії сахарози, ніж при звичайному кип'ятінні «на відкритому вогні».

Важливим параметром є точний контроль температури (зазвичай 120–150 °С, залежно від рецептури), часу уварювання і тиску (вакуум 0.8–0.95 бар), оскільки навіть невелике перевищення температури викликає надмірне темніння і зміну текстури карамелі. Вкінці варіння в масу можуть одночасно вводити барвники та ароматизатори (наприклад, карамель, ароматизований барвниками та ванільною есенцією), а також кислоти (лимонну або молочну) для інвертування частини сахарози та регулювання рН. Додавання лимонної кислоти на стадії охолодження/витягування також діє як стабілізатор – зменшує кількість редуруючих цукрів і робить масу менш гігроскопічною.

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

Четвертий етап – охолодження та формування карамелі. Після досягнення необхідної концентрації сухих речовин гарячу карамельну масу одразу подають на охолоджувальний конвеєр або у формувальні машини. Швидке охолодження (до приблизно 80–90 °С) необхідне для запобігання неконтрольованій кристалізації сахарози у масі. При цьому маса переходить у в'язко-пластичний стан. Одночасно у процесі охолодження додають харчові барвники та ароматизатори (наприклад, лимонну кислоту для підкислення), що визначають кінцевий колір і смак карамелі.

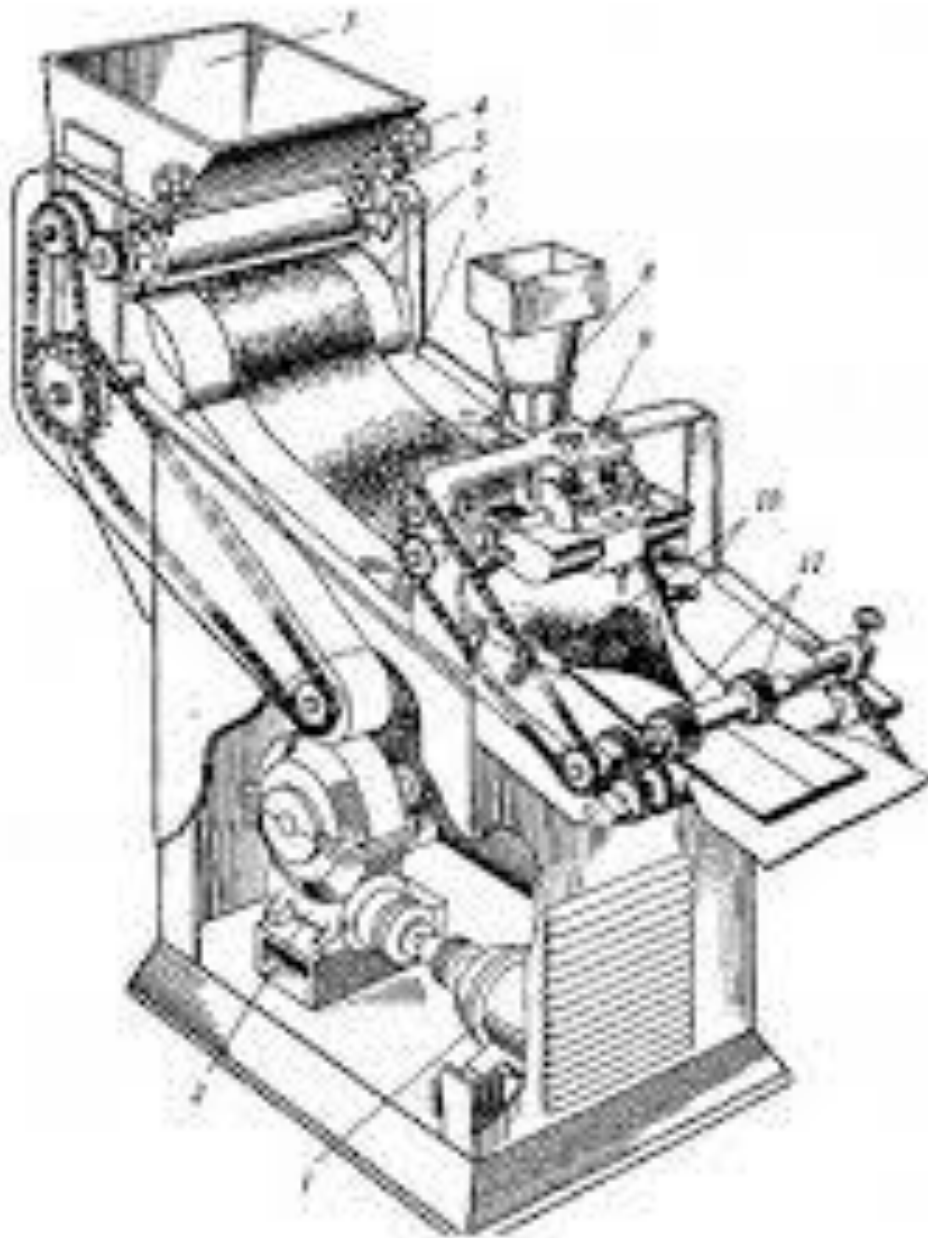


Рис. 1. 3 Охолоджувальна машина

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В сумі, процес охолодження та (при потребі) витягування визначає кінцеву текстуру і твердість виробів. Після цього остиглу карамель нарізають на блоки або профілюють у задані форми на автоматичних пресах чи нарізних машинах.

П'ятий етап – пакування готових виробів. Готову охолоджену карамель негайно пакують для запобігання поглинанню вологи, оскільки карамельна маса дуже гігроскопічна. За високої відносної вологості її поверхня швидко зволожується і стає липкою, тому упаковка має бути герметичною. На виробництві застосовують автоматизовані лінії загортання, які індивідуально обгортають карамель у харчову фольгу або спеціальну плівку, а також машини для фасування упакованих цукерок у коробки чи пакети. Важливо забезпечити бар'єрну упаковку, що захищає карамель від кисню і вологи, зберігаючи її форму, смак та термін зберігання. Описаний технологічний процес містить численні критичні параметри (температура уварювання, тиск вакууму, концентрація компонентів, час змішування та охолодження), які безпосередньо впливають на фізико-хімічні властивості і якість кінцевого продукту. Наприклад, відхилення температури лише на кілька градусів може змінити вологість і твердість карамелі або призвести до зайвої кристалізації сахарози.



Рис. 1. 4 Пакувальний апарат

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

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	2	3	4	5	6	7	8
1	Змішувач безперервної дії	Температура	90-100°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на потужність ТЕН	
		Рівень	0-100%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на нижній зливний клапан	
2	Варильний змійниковий апарат	Температура	125-150°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на подачу пари	
		Рівень	0-100%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на зливний клапан	
		Пара	4 бар	Регулювання	Стабілізація	Вплив на регулятор тиску пари	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимірювання кількості речовин

Для точного вимірювання рідких та сипучих інгредієнтів, які подаються до змішувача та змійникового варильного апарату, ми застосовуємо електромагнітний витратомір Promag 53P4. Принцип його роботи полягає в тому, що потік робочого середовища проходить через спеціальний стабілізатор, який спрямовує його на турбінне колесо. Це колесо обладнане вбудованими магнітами, що при обертанні генерують електричні імпульси. Ці імпульси фіксуються датчиком Холла. Оскільки кількість імпульсів прямо пропорційна швидкості потоку, ми можемо з високою точністю визначати об'єм проходження рідини.



Рис 2. 1 Зовнішній вигляд електромагнітного витратоміра Promag 53P4

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гавриленко КО			Розробка системи автоматизації процесу ви карамел	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Луцька Н.М.					14	18
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

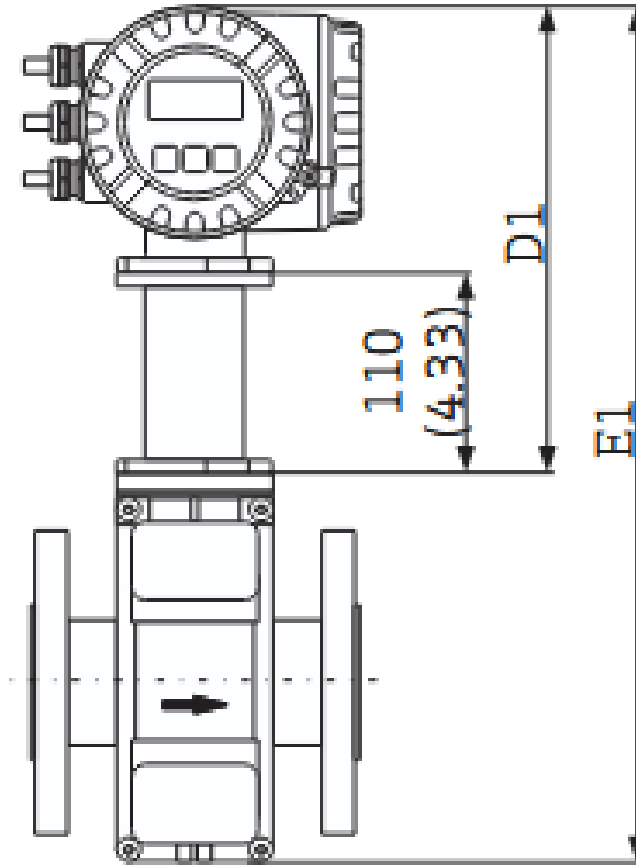
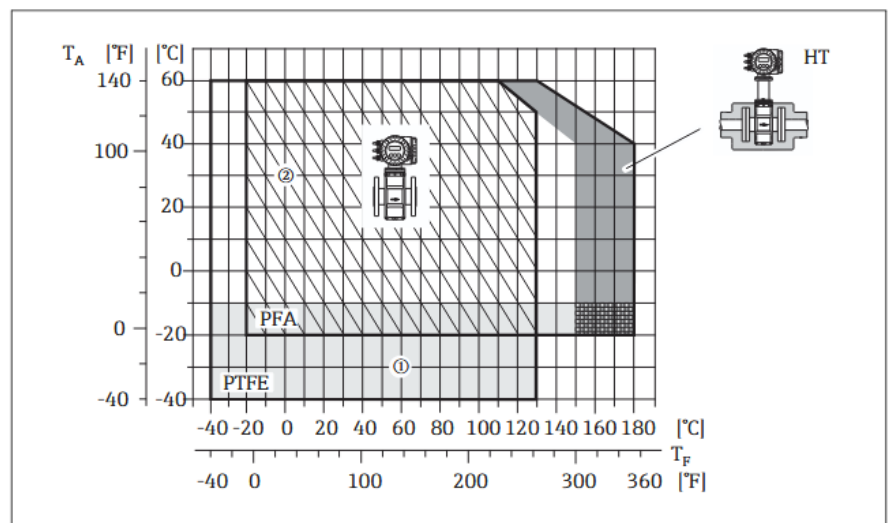


Рис 2. 2 Габаритні розміри витратоміра Promag 53P4

Medium temperature range

The permitted temperature depends on the lining of the measuring tube:

- PTFE: -40 to +130 °C (-40 to +266 °F) (DN 15 to 600 / ½ to 24"), restrictions → see diagrams
- PFA: -20 to +180 °C (-4 to +356 °F) (DN 25 to 200 / 1 to 8"), restrictions → see diagrams



Compact version (with PFA or PTFE lining)

T_A - Ambient temperature, T_F - Fluid temperature, HT - High temperature version with insulation

A Gray shaded area → temperature range from -10 to -40 °C (-14 to -40 °F) applies only to stainless steel flanges in HE + IP 68 to 130 °C (266 °F) only

Рис 2. 3 Допустимий діапазон температур витратоміра Promag 53P4

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

**Medium pressure range
(nominal pressure)**

- EN 1092-1 (DIN 2501)
 - PN 10 (DN 200 to 600 / 8 to 24")
 - PN 16 (DN 65 to 600 / 3 to 24")
 - PN 25 (DN 200 to 600 / 8 to 24")
 - PN 40 (DN 15 to 150 / ½ to 6")
- ASME B 16.5
 - Class 150 (DN ½ to 24")
 - Class 300 (DN ½ to 6")
- JIS B2220
 - 10K (DN 50 to 600 / 2 to 24")
 - 20K (DN 25 to 600 / 1 to 24")
- AS 2129
 - Table E (DN 25, 50 / 1", 2")
- AS 4087
 - PN 16 (DN 50 / 2")

Рис 2. 4 Допустимий діапазон тиску витратоміра Promag 53P4

Вимірювання тиску

Для точного та надійного контролю тиску в системах, що містять рідкі та газоподібні речовини, ми використовуємо датчик тиску Cerabar PMP. Принцип його роботи ґрунтується на вимірюванні деформації спеціальної керамічної мембрани, яка є чутливим елементом датчика. Зміни тиску в робочому середовищі викликають зміну форми цієї мембрани. Вбудовані всередині датчика електронні компоненти перетворюють цю механічну деформацію на електричний сигнал, що є прямо пропорційним прикладеному тиску. Завдяки цій технології ми можемо з високою точністю відстежувати та регулювати тиск у трубопроводах, резервуарах та інших технологічних ємностях, забезпечуючи стабільність та безпеку процесів.

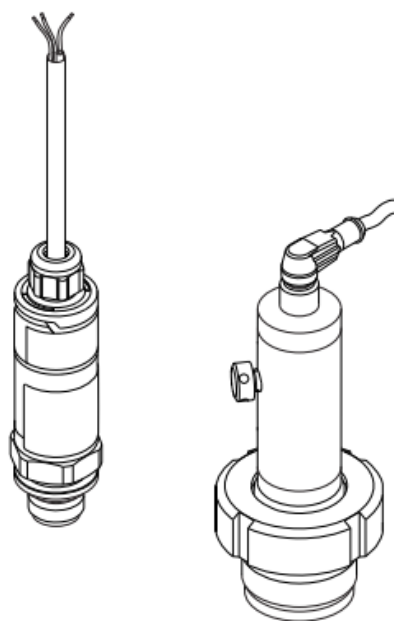


Рис 2. 5 Вигляд датчика тиску Cerabar PMP

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

Sensor	Device	Maximum Sensor measuring range		Lowest calibratable span ¹⁾	MWP	OPL	Factory settings ²⁾	Option ³⁾
		lower (LRL)	upper (URL)					
		[bar (psi)]	[bar (psi)]	[bar (psi)]	[bar (psi)]	[bar (psi)]	[bar (psi)]	
Devices for gauge pressure measurement								
400 mbar (6 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-0.4 (-6)	+0.4 (+6)	0.4 (0.6)	1 (15)	1.6 (24)	0 to 400 mbar (0 to 6 psi)	1F
1 bar (15 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+1 (+15)	1 (15)	2.7 (40.5)	4 (60)	0 to 1 bar (0 to 15 psi)	1H
2 bar (30 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+2 (+30)	0.4 (0.6)	6.7 (100.5)	10 (150)	0 to 2 bar (0 to 30 psi)	1K
4 bar (60 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+4 (+60)	0.8 (1.2)	10.7 (160.5)	16 (240)	0 to 4 bar (0 to 60 psi)	1M
6 bar (90 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+6 (+90)	2 (30)	16 (240)	24 (360)	0 to 6 bar (0 to 90 psi)	1N
10 bar (150 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+10 (+150)	2 (30)	25 (375)	40 (600)	0 to 10 bar (0 to 150 psi)	1P
16 bar (240 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+16 (+240)	5 (75)	25 (375)	64 (960)	0 to 16 bar (0 to 240 psi)	1Q
25 bar (375 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+25 (+375)	5 (75)	25 (375)	100 (1500)	0 to 25 bar (0 to 375 psi)	1R
40 bar (600 psi) ⁴⁾	PMP11 PMP21 PMP23	-1 (-15)	+40 (+600)	8 (120)	100 (1500)	160 (2400)	0 to 40 bar (0 to 600 psi)	1S
100 bar (1500 psi) ⁴⁾	PMP21	-1 (-15)	+100 (+1500)	20 (300)	100 (1500)	160 (2400)	0 to 100 bar (0 to 1500 psi)	1U
400 bar (6000 psi) ⁴⁾	PMP21	-1 (-15)	+400 (+6000)	80 (1200)	400 (6000)	600 (9000)	0 to 400 bar (0 to 6000 psi)	1W

Рис 2. 6 Допустимий діапазон датчика тиску Cerabar PMP

Вимірювання температури

TSM-0890 – це стандартний термоперетворювач, який класифікується як електричний контактний засіб вимірювання температури з високою точністю і відтворюваністю.

Даний датчик використовується для неперервного вимірювання температури в резервуарах, теплообмінниках, трубопроводах та пастеризаційних установках, де є необхідність у точному температурному контролі при виробництві харчових продуктів, зокрема молочних.

Зміна температури визначається за формулою: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$,

де: R_t — опір при температурі t , R_0 — опір при $0\text{ }^\circ\text{C}$ (для Pt100 дорівнює 100 Ом), α — температурний коефіцієнт платини (приблизно $0,00385\text{ }1/^\circ\text{C}$).

Датчик TSM-0890 зазвичай виконується у нержавіючому гільзовому корпусі з матеріалу сталі 12X18Н10Т або AISI 316L. Для монтажу передбачено різьбове або фланцеве з'єднання з технологічною апаратурою, включно з перехідними штуцерами для ізольованого встановлення.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис 2. 7 Зовнішній вигляд термоперетворювача опору ТСМ-0890

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧ ОПОРУ ТСМ-0890
(ТУ УЗ.48-04850451-060-1999)

Призначений для вимірювання температури води, мастила, пари, повітря, металоконструкцій, підшипників и т.п. обладнання атомних електростанцій.

Призначений для встановлення в приміщеннях технологічного обладнання.

Термоперетворювач роботоздатний при дії температури навколишнього повітря від мінус 50 до 60 °С і відносній вологості повітря 100% при температурі 30 °С.

Діапазон вимірюваних температур, °С	від мінус 50 до 150
Умовна позначка НСХ	50М, 100М
Номинальне значення опору при 0 °С, Ом	50±0,06 100±0,12
Клас допуску	В
Температурний коефіцієнт ТО α , °С ⁻¹	0,00428; 0,00426
Межа допустимого відхилення опору від НСХ, °С	±(0,3+0,005 t)
Умовний тиск, МПа	
Рис.1	4
Рис.2,5,6	0,63
Рис.3,4	6,3
Ресурс, год	80000
Сейсмостійкість	9 балів по MSK-64
Стійкість до горіння	вогнестійкі, не розповсюджують горіння
Степінь захисту від пилу і води	
Рис. 2, 3, 4	IP65
Рис. 1, 5, 6, 7	IP00
Клас безпеки	3Н по НП 306.2.141
Габаритні розміри показані на рисунках.	

Рис 2. 8 Характеристики термоперетворювача опору ТСМ-0890

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

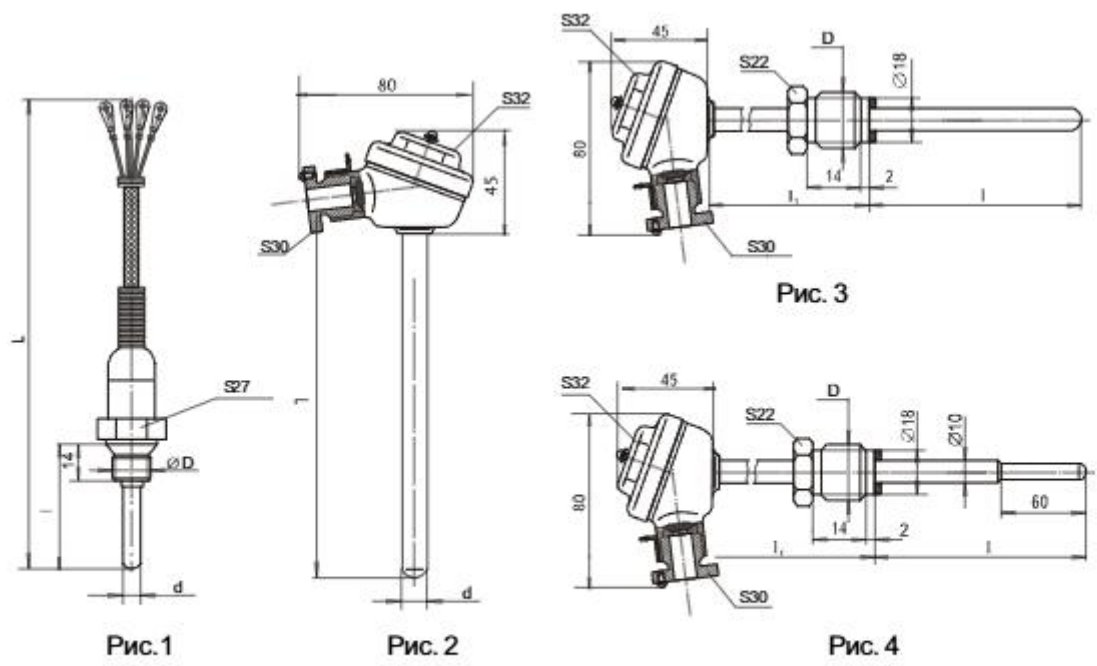


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

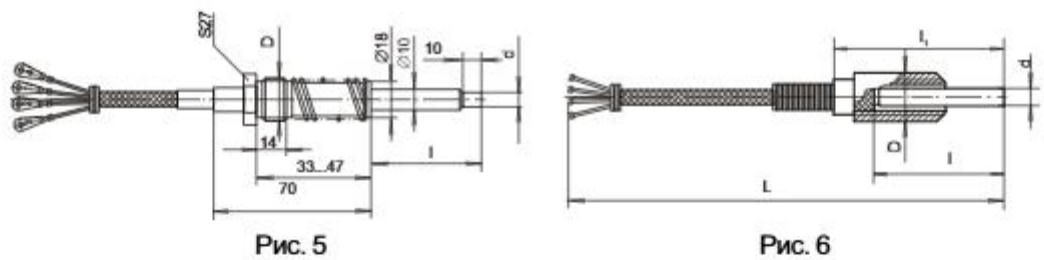


Рис. 5

Рис. 6

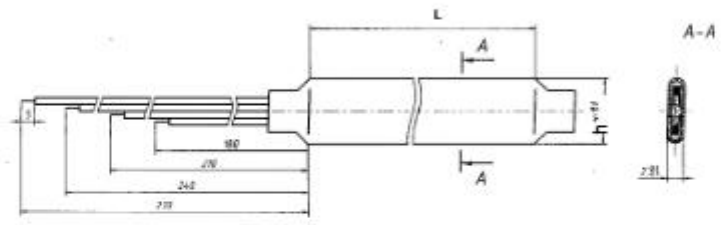


Рис. 7



Схематичне зображення з'єднань

Рис 2. 9 Габаритні розміри термоперетворювача опору ТСМ-0890

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Вимірювання рівня

Для безперервного та точного вимірювання рівня рідких, пастоподібних та шламових середовищ, що надходять у різноманітні ємності, ми використовуємо рівнемір VEGAFLEX 83. Його принцип роботи ґрунтується на застосуванні диференціального тиску. Рівнемір вимірює різницю тиску між двома точками в ємності: одна точка розташована на певному рівні (наприклад, біля дна), а інша – на відомій висоті над нею. Оскільки тиск рідини зростає зі збільшенням глибини, ця різниця тиску прямо пропорційна висоті стовпа рідини, тобто її рівню. Завдяки цій технології, VEGAFLEX 83 забезпечує високу точність вимірювання, що є критично важливим для оптимізації процесів, контролю запасів та забезпечення безпеки експлуатації



Рис 2. 10 Зовнішній вигляд рівнеміра VEGAFLEX 83

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

Output variable - Additional current output

For details on the operating voltage see chapter "Voltage supply"

Output signal	4 ... 20 mA (passive)
Range of the output signal	3.8 ... 20.5 mA (default setting)
Signal resolution	0.3 μ A
Fault signal, current output (adjustable)	Last valid measured value, ≥ 21.0 mA, ≤ 3.6 mA In order to detect the rarely occurring hardware failures in the device, we recommend monitoring both interference values (≥ 21.0 mA, ≤ 3.6 mA)
Max. output current	21.5 mA
Starting current	
- for 20 ms after switching on	≤ 10 mA
- for run-up time	≤ 3.6 mA
Load	Load resistor, see chapter "Voltage supply"
Damping (63 % of the input variable), adjustable	0 ... 999 s
Indication value - Display and adjustment module ³⁾	
- Displayed value 1	Filling height Level
- Displayed value 2	Electronics temperature
Resolution, digital	< 1 mm (0.039 in)

Measurement accuracy (according to DIN EN 60770-1)

Process reference conditions according to DIN EN 61298-1

- Temperature	+18 ... +30 °C (+64 ... +86 °F)
- Relative humidity	45 ... 75 %
- Air pressure	+860 ... +1060 mbar/+86 ... +106 kPa (+12.5 ... +15.4 psig)

Mounting, reference conditions

- Min. distance to internal installations	> 500 mm (19.69 in)
- Vessel	metallic, $\varnothing 1$ m (3.281 ft), centric mounting, process fitting flush with the vessel ceiling
- Medium	Water/Oil (dielectric constant ~ 2.0) ⁴⁾
- Mounting	Probe end does not touch the vessel bottom

Sensor parameter adjustment No gating out of false signals carried out

Typical deviation - Interface measurement ± 5 mm (0.197 in)

Рис 2. 11 Характеристики рівнеміра VEGAFLEX 83

VEGAFLEX 83, cable version \varnothing 4 mm (0.157 in), PFA coated

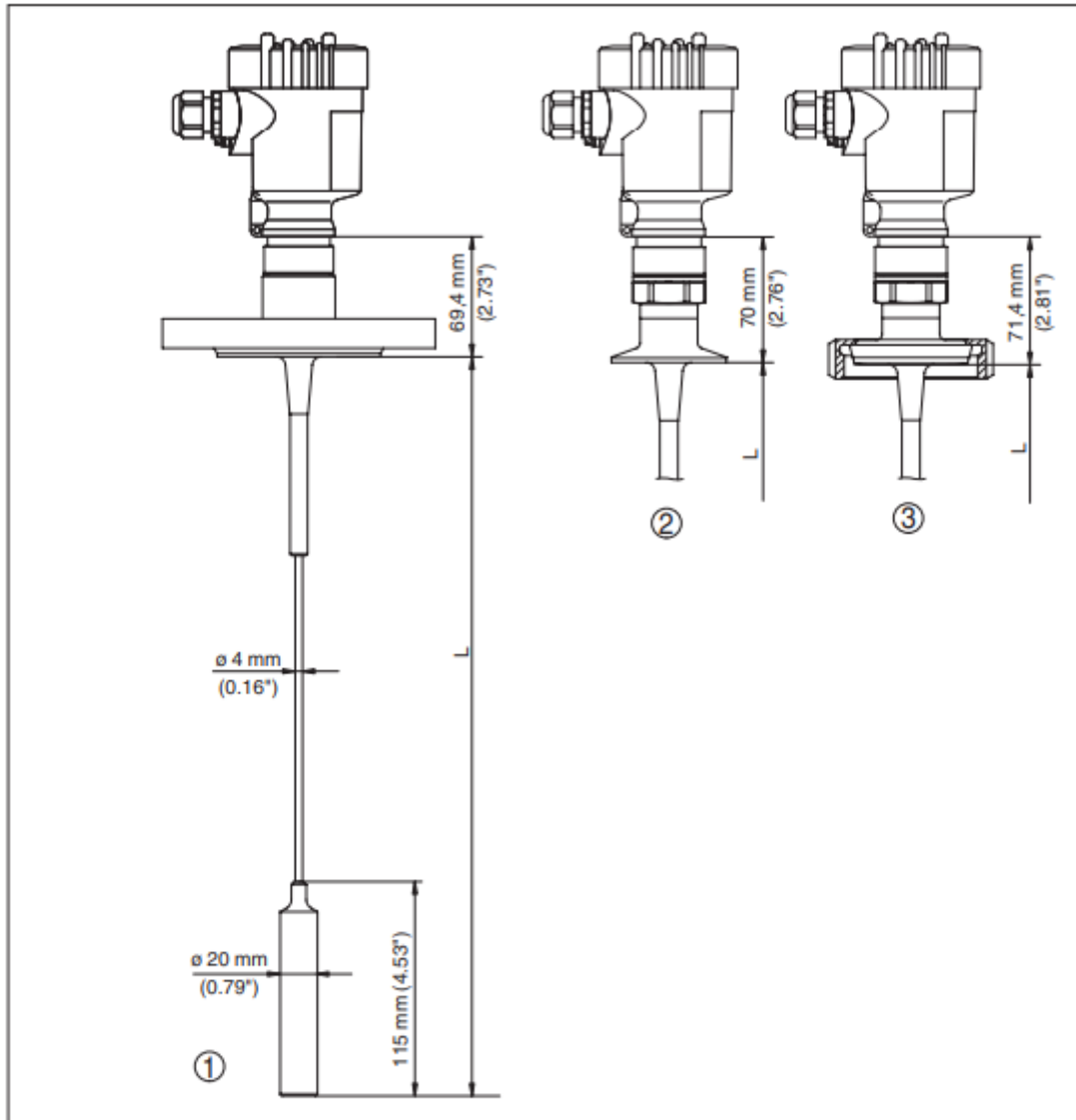


Fig. 42: VEGAFLEX 83, cable version with gravity weight

- L Sensor length, see chapter "Technical data"
 1 Cable version, \varnothing 4 mm (0.157 in) with flange
 2 Cable version with Clamp
 3 Cable version with slotted nut

Рис 2. 12 Габаритні розміри рівнеміра VEGAFLEX 83

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Електропневматичні перетворювачі

Для точного та ефективного керування пневматичними виконавчими механізмами за допомогою електричних сигналів ми використовуємо електропневматичний перетворювач ASCO Numatics SentronicLP. Цей пристрій відіграє ключову роль у системах автоматизації, перетворюючи стандартизований електричний вхідний сигнал (зазвичай від 4 до 20 мА або від 0 до 10 В) на пропорційний пневматичний вихідний тиск (наприклад, від 0,2 до 1,0 бар)



Рис 2. 13 Зовнішній вигляд електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Technical Characteristics

Fluid Characteristics

Fluids:	Air or neutral gas filtered at 50 μm , without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]	
Max. allowable pressure (MAP):	At least 1 bar above the maximum outlet pressure	
Pressure range:	0 – 50 psi, 0 – 100 psi, 0 – 150 psi	
Fluid temperature:	0°C to +60°C	
Ambient temperature:	0°C to +50°C	
Flow (Q_v at 6 bar):	470 NI/min – 5200 NI/min	
Setpoint:	0 – 10 V (impedance 100 k Ω) 0 – 20 mA/4 – 20 mA (impedance 250 Ω)	
Hysteresis:	1% of span	
Linearity:	1% of span	
Repeatability:	1% of span	
Minimum setpoint:	100 mV (0.2 mA/4.2mA) with shutoff function	
Minimum outlet pressure:	1% of span	
Failsafe behaviour:	Pressure hold on loss of power, without control	

Construction

Body:	aluminum
Internal parts:	POM (polyacetal)
Seals:	NBR (nitrile)

Key Values

Electrical Characteristics						
Nominal size DN (mm)	Voltage (compensated)*	Power consumption (W)	Current consumption (mA)	Insulation class	Protection class	Cable connection
4, 8, 15	24VDC	3.8 W ($< 1\text{W}$ compensated)	160	H	IP65	5-pin cable socket M12 (to be ordered separately)

* Residual ripple 10%

Specifications			
\varnothing Ports NPT or BSPP	\varnothing Orifice DN (mm)	Flow	
		C _v Flow Factor [K _v Nm ³ /h]	at 6 Bar (l/min - ANR)
1/4	4	0.50 (0.43)	470
3/8	8	1.39 (1.20)	1300
1/2	15	5.57 (4.80)	5200

Test conditions according to ISO 8778: temperature: 20°C, relative input pressure: 6 bar, relative output pressure: 5 bar

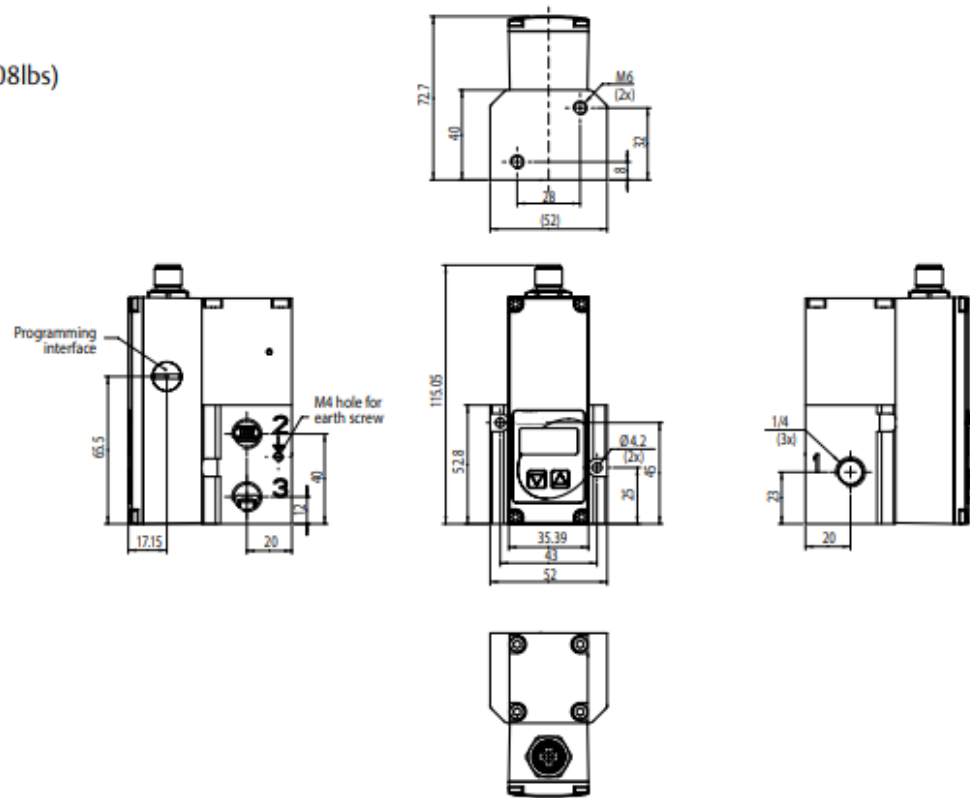
Рис 2. 14 Характеристики електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

DN 4

Inline version

Weight: 0.49kg (1.08lbs)



DN 4

Subbase version

Weight: 0.49kg (1.08lbs)

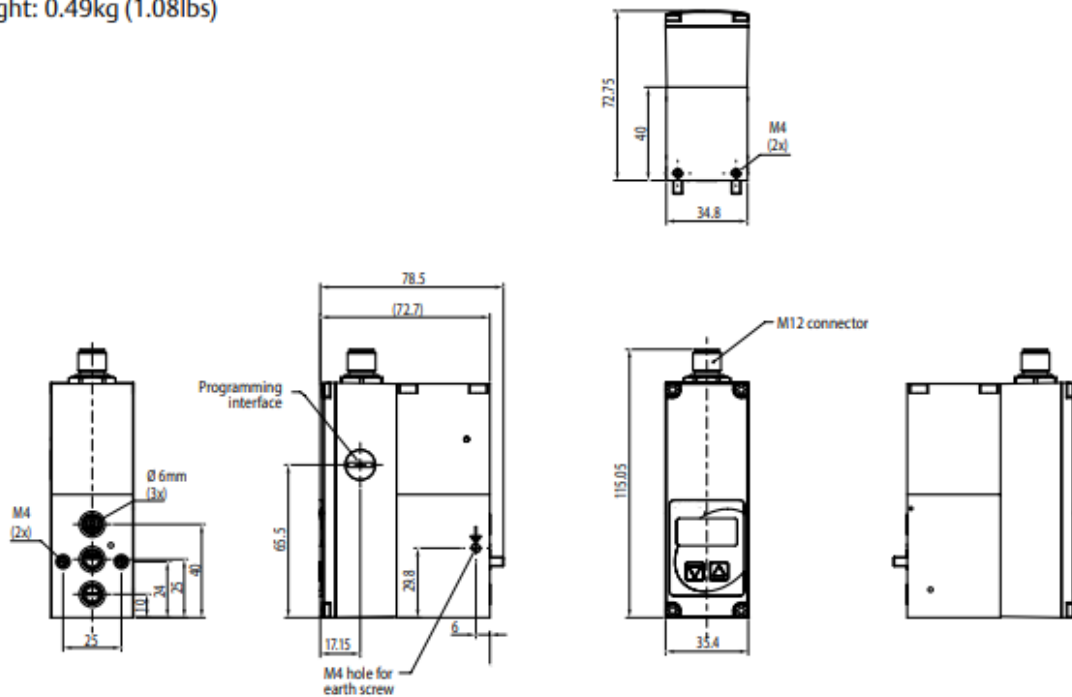


Рис 2. 15 Габаритні розміри електропневматичного перетворювача ASCO Numatics SentronicLP

Клапанна система

Для точного та динамічного регулювання потоку робочого середовища в системах, де потрібна змінна витрата, ми використовуємо пропорційний клапан ESG DN40. На відміну від запірних клапанів, які лише відкривають або

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

закривають потік, пропорційний клапан дозволяє плавно контролювати його об'єм, забезпечуючи точне дозування або підтримку заданих параметрів.

Принцип роботи пропорційного клапана ESG DN40 базується на здатності його запірного елемента (наприклад, конуса або плунжера) займати проміжне положення між повним відкриттям і повним закриттям. Це положення контролюється зовнішнім керуючим сигналом (зазвичай електричним, наприклад, 0-10 В або 4-20 мА), який надходить до вбудованого позиціонера або привода. Позиціонер інтерпретує цей сигнал і відповідно змінює положення запірного елемента, регулюючи площу прохідного перетину клапана.

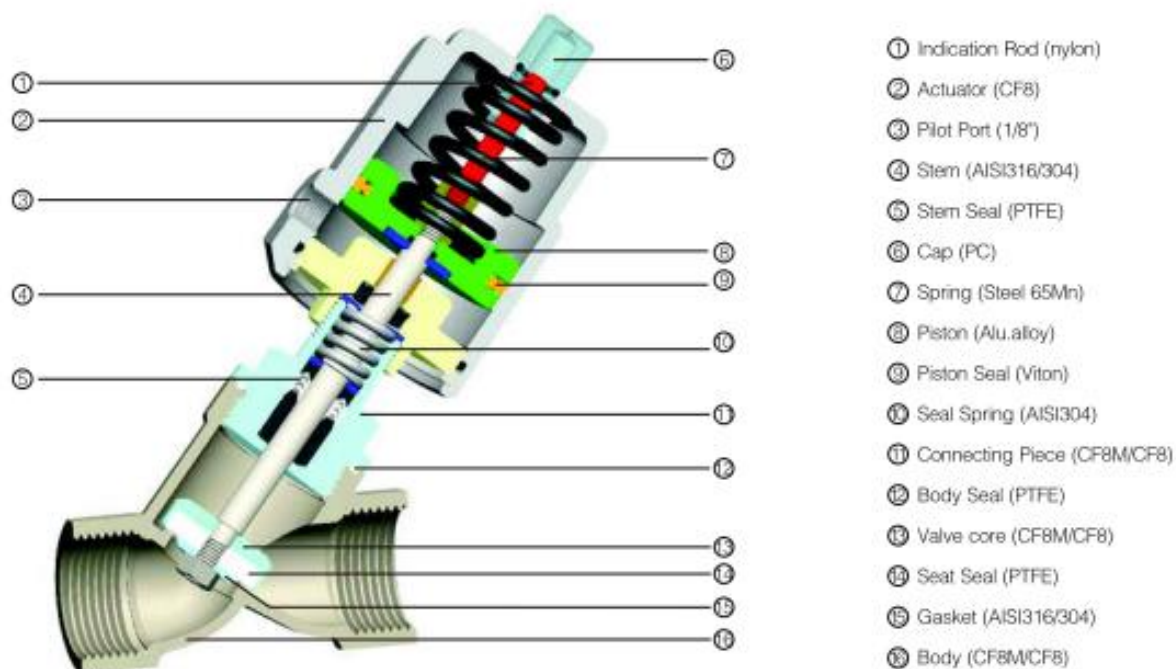
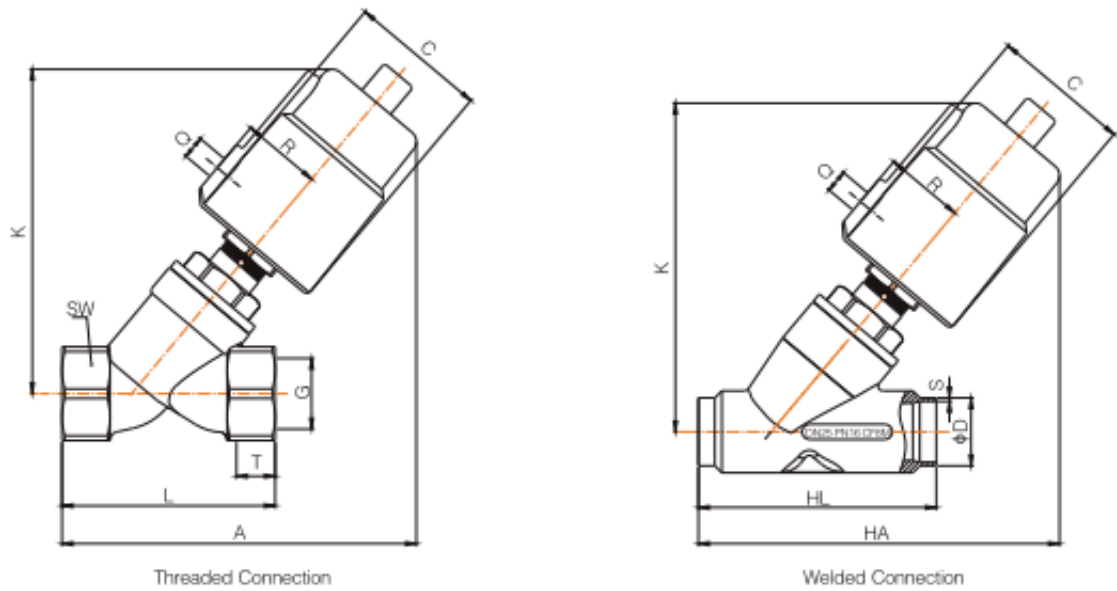


Рис 2. 16 Зовнішній вигляд пропорційного клапана ESG DN40

Technical Specification

Fluid Pressure	Max 1.6MPa(232psi)
Control Pressure	0.3 — 0.8MPa (43.5 — 116psi)
Control Fluid	Neutral gas, Air
Body Material	CF8M/CF8
Seals Material	PTFE
Actuator Material	CF8
Actuator Size	40mm, 50mm, 63mm, 90mm, 125mm
Applicable Fluid	Water, Alcohol, Oil, Fuel, Steam, Neutral gas or liquid, Organic solvent, Acid and lye
Fluid Viscosity	Max 600mm ² /s
Fluid Temperature	-10°C — +180°C, +25°C — +220°C
Ambient Temperature	-10°C — +80°C
Control Type	Normally closed, Normally open, Double acting
Connection	Threaded(BSP, BSPT, NPT), Welded, Flanged, Tri-clamp

Рис 2. 17 Характеристики пропорційного клапана ESG DN40



Size	Actuator (mm)	Q	C	R	K	Threaded connection					Welded connection					
						G	T	A	L	SW	HA	HL	DIN11850-2		DIN11850-3	
													D	S	D	S
DN40	63	1/8"	75	41	175	1 1/2"	21	190	116	56	190	130	41	1.5	42	2
	90AL	1/8"	112	57	220			230			232					
	90	1/8"	106	55	223			235			235					

Рис 2. 18 Габаритні розміри пропорційного клапана ESG DN40

2.2. Схема автоматизації

При виконанні функціональної схеми автоматизації процесу виготовлення карамелі ми відображаємо такі процеси як: кількості подачі цукру-піску, патоки, сиропу та води в змішувач, регулювання температури в змішувачі заради стабілізації процесу і запобігання кристалізації цукру, дозування підготованого карамельного сиропу до варильного змійникового апарату, дотримання температури при уварюванні в змійниковому апараті, вивід гарячої карамельної маси вже до охолоджувальної частини виробництва. Крім того, дотримання рівня в змішувачі та змійниковому варильному апараті для запобігання перевищення рівня ємкості, а також відслідковування тиску в змійниковому апараті.

Для контролю температури на всіх стадіях виробництва застосовуються термоперетворювачі TCM-0890 (поз. 6а, 8б, 9б). Вони передають уніфікований сигнал 4–20 мА до аналогового модуля ВМХ АМІ 0810 контролера ПЛК М340. Регулювання температури здійснюється пневматичними клапанами ESG DN40 (поз. 10д, 11д), які подають пару на регулятори тиску ControlAir Type 500 (поз. 10г, 11г). Ці регулятори отримують уніфікований сигнал 4–20 мА від модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802 ПЛК М340. Формування цього сигналу залежить від роботи алгоритму регулювання, реалізованого в програмному забезпеченні ПЛК М340.

Тиск в змійниковому варильному апараті вимірюється термометром опору Cerabar PMP (поз. 8б), уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від нього надходить до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 ПЛК М340.

Рівень на лінії виробництва, а точніше в змішувачі та в варильному змійниковому апараті, вимірюється рівнеміром VEGAFLEX 83 (поз. 5а, 7а), уніфіковані електричні сигнали 4-20 мА від них надходять до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 ПЛК М340.

Витрата при подачі сировини з дозатору до змішувача, при подачі сиропу до змійникового варильного апарату відслідковується за допомогою електромагнітного витратоміра Promag 53P40 (поз. 1-4а, 10а, 11а). Імпульсні сигнали від них надходять до модуля аналогових входів ВМХ АМІ 1602 ПЛК М340.

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

2.3. Специфікація 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	1-4а, 10а, 11а, 14а, 15а	По місцю, на щиті	Електромагнітний витратомір Promag 53P Endress+Hauser, що використовується для двонаправленого виміру рідин з мінімальною провідністю понад 5 мкСм/см	Promag 53P40	8	Endress+Hauser
2	5а, 7а	По місцю, на щиті	VEGAFLEX 83 працює за принципом керованого мікрохвильового імпульсу Час поширення сигналу від передачі до прийому пропорційний рівню продукту в ємності.	VEGAFLEX 83	2	VEGA Grieshaber KG
3	6а, 9б	По місцю	Термоперетворювач функціонує на основі зміни електричного опору чутливого елемента (зазвичай платинового) пропорційно до зміни температури. Цей принцип забезпечує високу лінійність і стабільність показань.	ТСМ-0890	2	ТОВ "Енергометр ія"
4	8б	По місцю	Термометр опору, призначений для точного вимірювання температури.	Cerabar PMP	1	Endress+Hauser

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

			Працює на принципі зміни електричного опору чутливого елемента залежно від температури.			
5	1-4г, 10г, 11г, 14г, 15г	На щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V	ASCO Numatics SentronicsLP	8	Emerson
6	12а, 13а	На щиті	Перетворювачі частоти Altivar 12 призначені для трифазних асинхронних двигунів з живленням від 200 до 240 В і потужністю від 0,18 до 4 кВт	Altivar 12	2	Schneider Electric
7	1-4д, 10д, 11д, 14д, 15г	По місцю	ESG DN40 — це пневматичний кутовий сідельний клапан з номінальним діаметром DN40. Клапан управляється за допомогою стисненого повітря.	ESG DN40	8	ESG

Аналогові входи. Уніфіковані сигнали 4-20 мА від датчиків температури, рівня, тиску та витрати подаються на ВМХ АМІ 0810 – модуль аналогових входів. ПЛК по отриманим значенням від датчика формує управляючі сигнали.

Аналогові виходи. Сигнали, що формуються в ПЛК М340, подаються до модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802 та перетворюються в сигнали 4-20 мА. Потім сигнал надходить до електропневматичних перетворювачів, які управляють клапанами

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

- QF1-QF3 – вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1-БЖ2 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

- 800-806 – провідники з змінним струмом;
- 900-902 – провідники з змінним струмом;
- 0800-0808 – пневматичні лінії живлення;
- 0200-0207 – пневматичні лінії регулювання;
- 100-114 – провідники з вимірювальними сигналами;
- 200-209 – провідники з сигналами управління та регулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Контур регулювання витрати на ділянці між дозатором та змішувачем

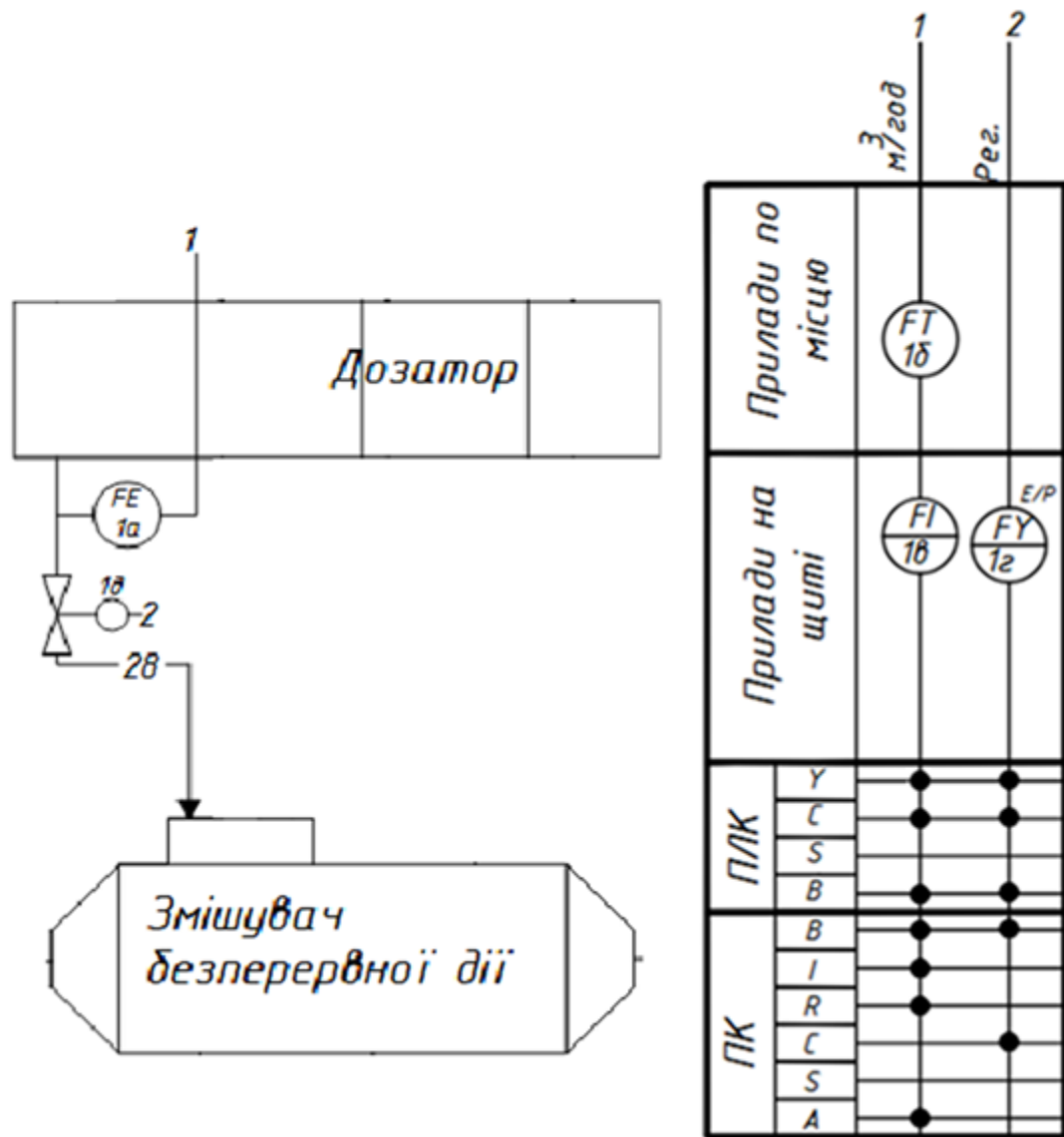


Рис. 3. 2 Фрагмент схеми автоматизації контуру регулювання витрати на ділянці між дозатором та змішувачем.

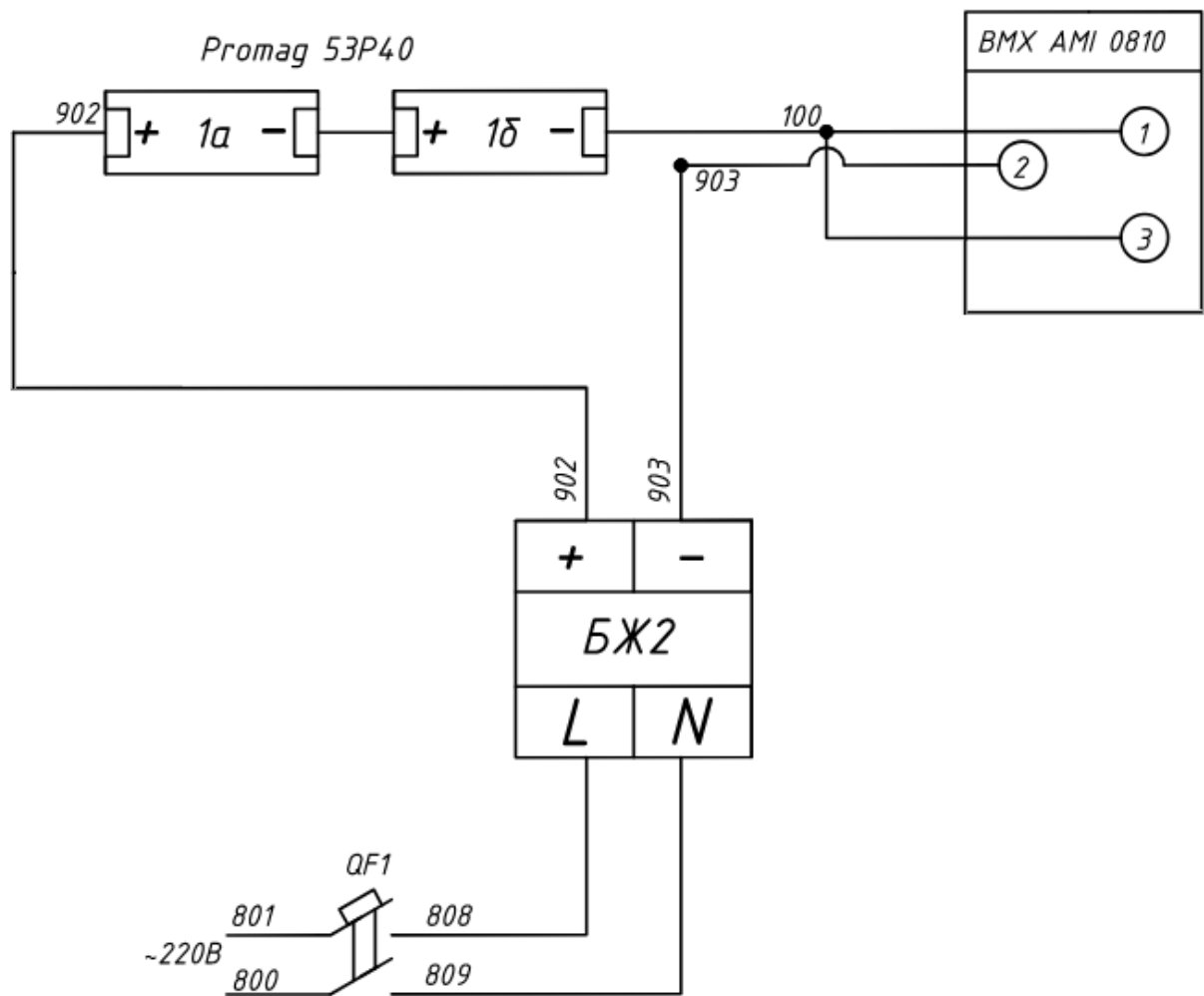


Рис. 3. 3 Принципова розширена схема підключення датчика витрати Promag 53P до модуля BMX AMI 0810.

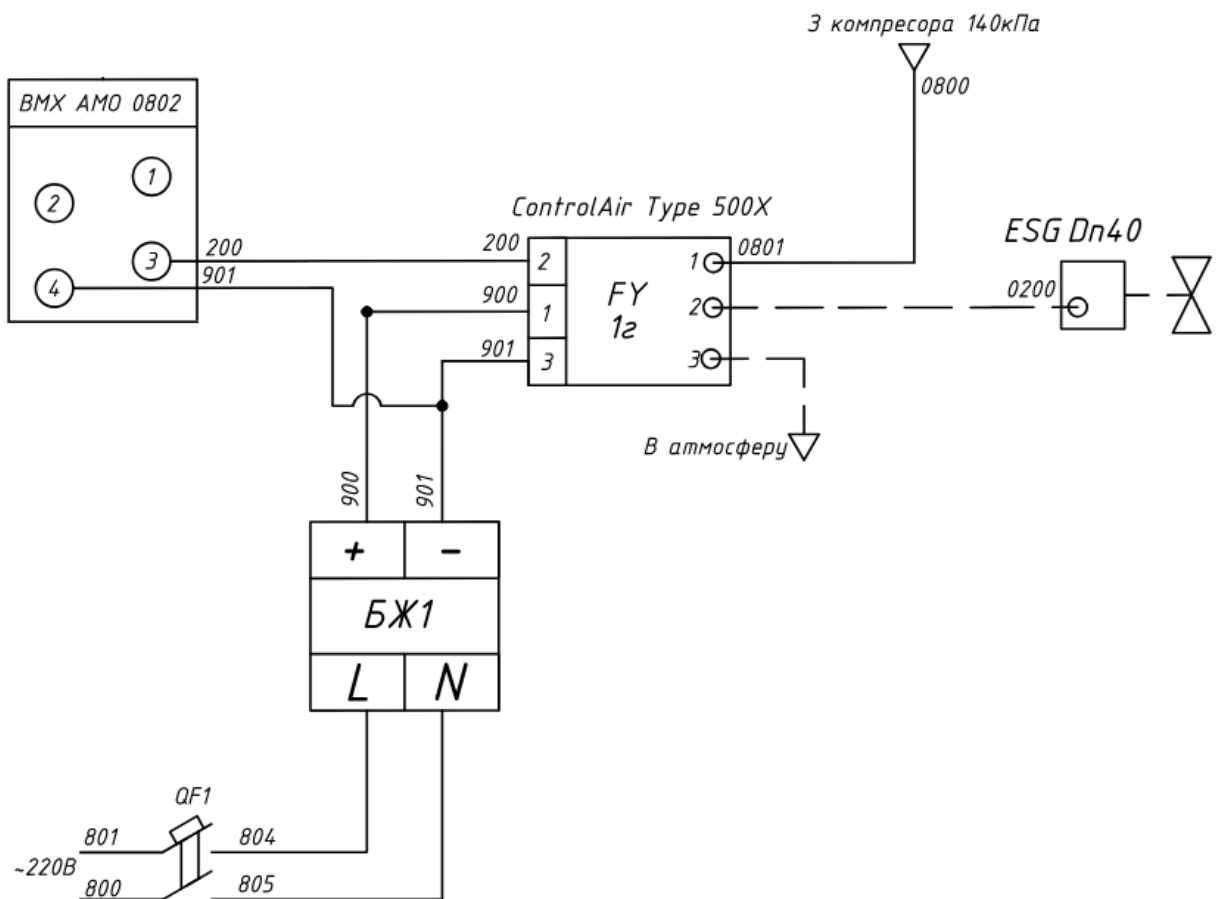


Рис. 3. 4 Принципова розширена схема підключення ControlAir Type 500 до модуля BMX AMO 0802.

Витрати цукру-піску в трубі для подачі з дозатору до змішувача вимірюється електромагнітним витратоміром Promag 53P4 (поз. 1а)

Регулювання кількості сировини відбувається за допомогою пропорційного клапана ESG Dn4 (поз. 1д), що регулює ступінь відкриття.

Саме положення пропорційного клапана регулюється електропневматичним перетворювачем ControlAir Type 500 (поз. 1г), до якого надходить уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

Вимірювання витрат цукру-піску на ділянці між дозатором і змішувачем відбувається за рахунок електромагнітного витратоміра Promag 53P4. Зовнішній вигляд електромагнітного витратоміра Promag 53P4 представлено на рис. 4.1.



Рис. 4. 1 Електромагнітний витратомір Promag 53P4

Габаритні розміри електромагнітного витратоміра Promag 53P4 зображено на рис 4.2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гавриленко КО</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу ви карамел</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Луцька Н.М.</i>					37	4
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

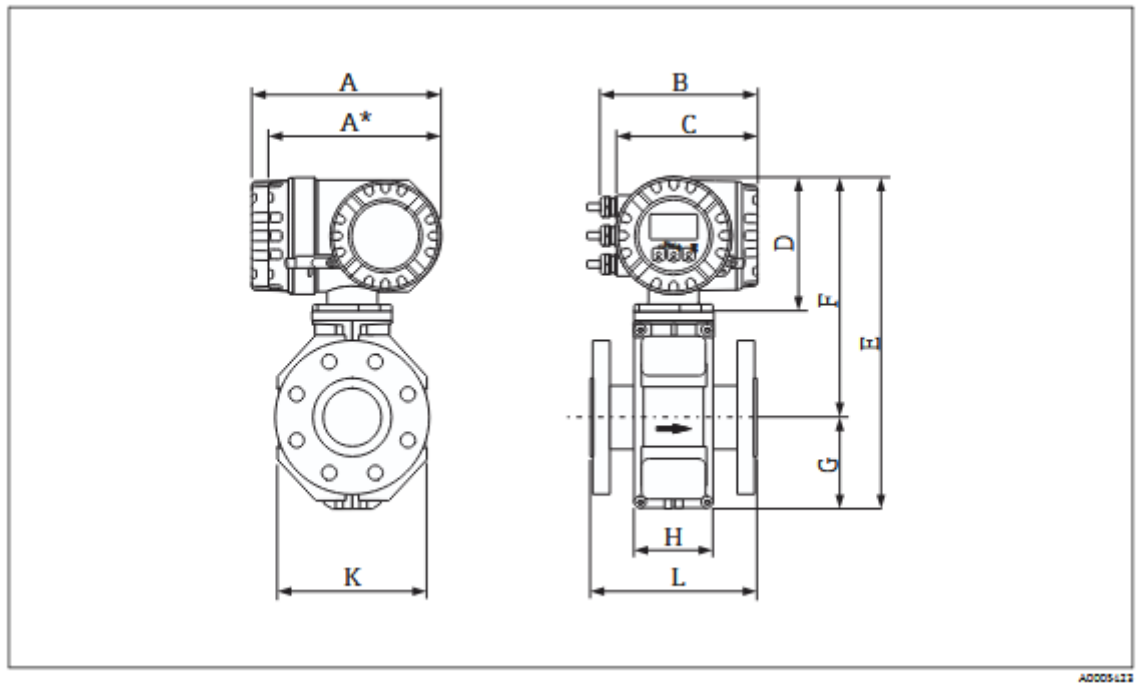
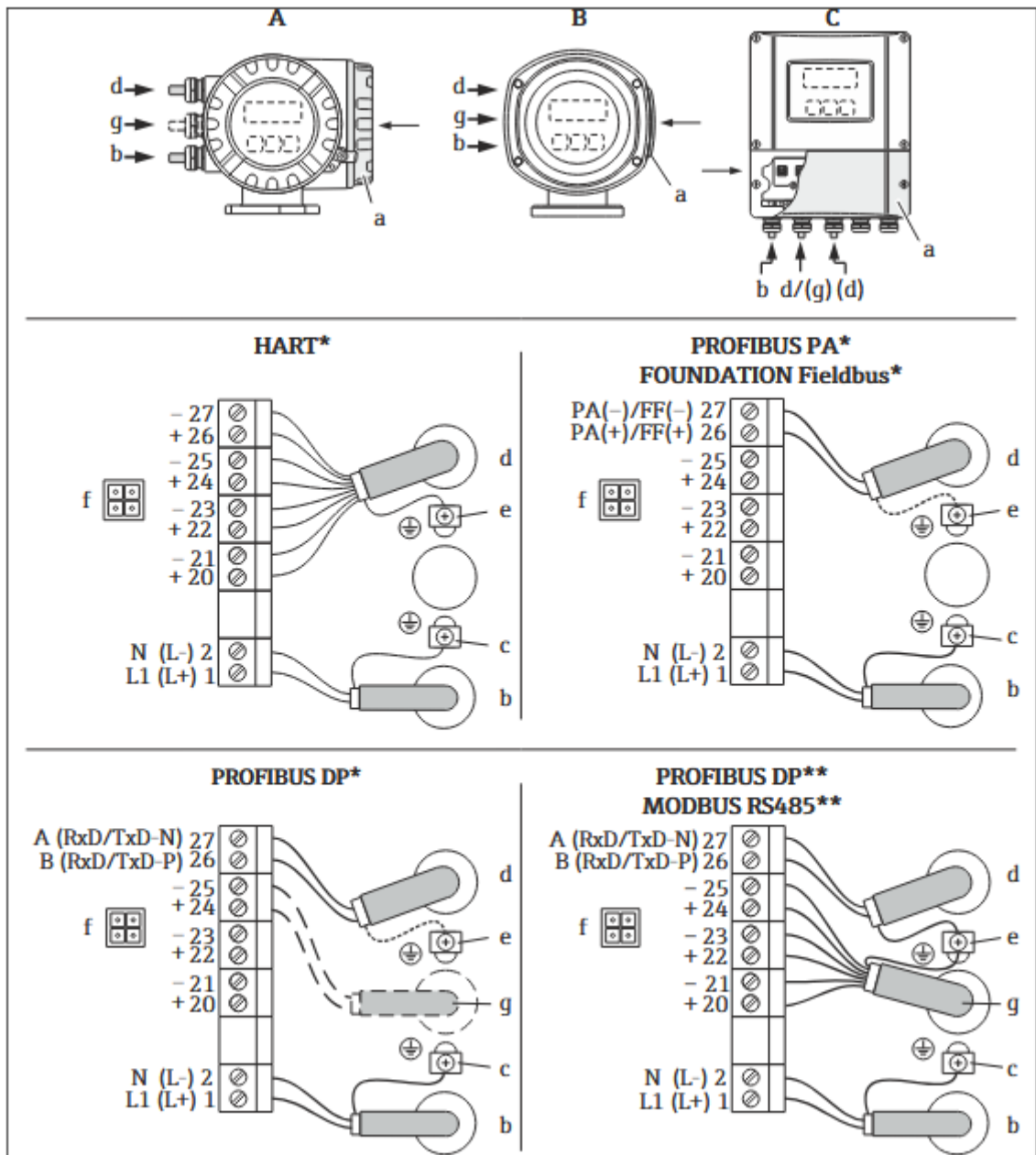


Рис. 4. 2 Габаритні розміри електромагнітного витратоміра Promag 53P4

Спосіб підключення електромагнітного витратоміра Promag 53P4 до ПЛК за допомогою уніфікованого електричного сигналу 4-20 мА представлено на рис. 4.3.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Connecting the transmitter, cable cross-section max. 2.5 mm² (14 AWG)

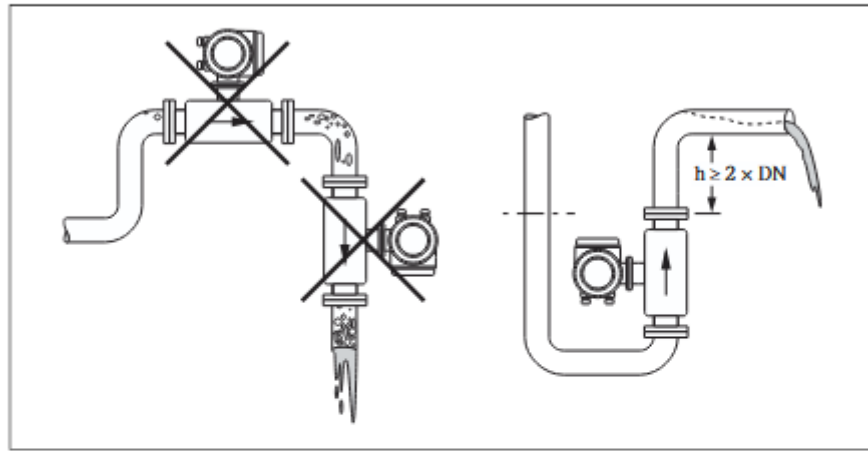
Рис. 4. 3 Спосіб підключення електромагнітного витратоміра Promag 53P4
 Вірні та не вірні позиції для монтажу електромагнітного витратоміра Promag 53P4 представлено на рис. 4.4.

Installation

Entrained air or gas bubble formation in the measuring tube can result in an increase in measuring errors.

Avoid the following installation locations in the pipe:

- Highest point of a pipeline. Risk of air accumulating!
- Directly upstream from a free pipe outlet in a vertical pipeline.



Installation of pumps

Sensors may not be installed on the pump suction side. This precaution is to avoid low pressure and the consequent risk of damage to the lining of the measuring tube. Information on the pressure tightness of the measuring tube lining → 22, Section 'Pressure tightness'.

Pulsation dampers may be needed when using piston pumps, piston diaphragm pumps or hose pumps. Information on the shock and vibration resistance of the measuring system → 18, Section 'Shock and vibration resistance'.

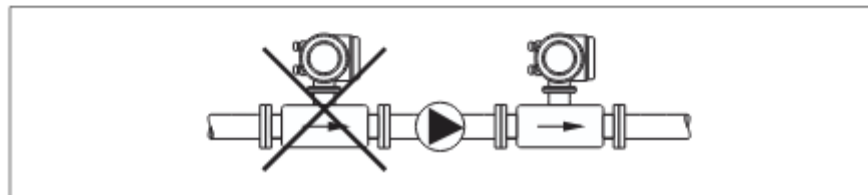
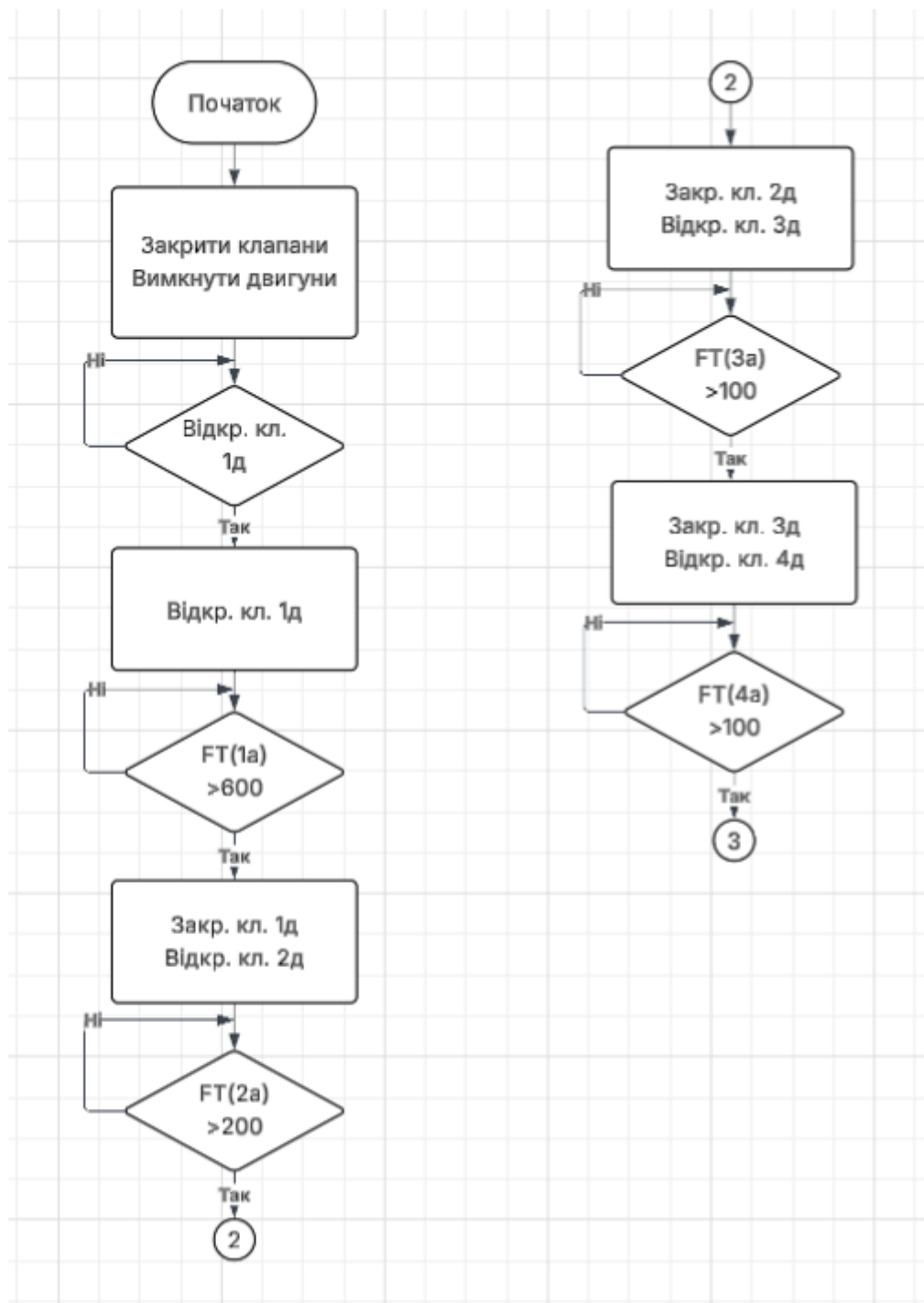


Рис. 4. 4 Монтаж електромагнітного витратоміра Promag 53P4

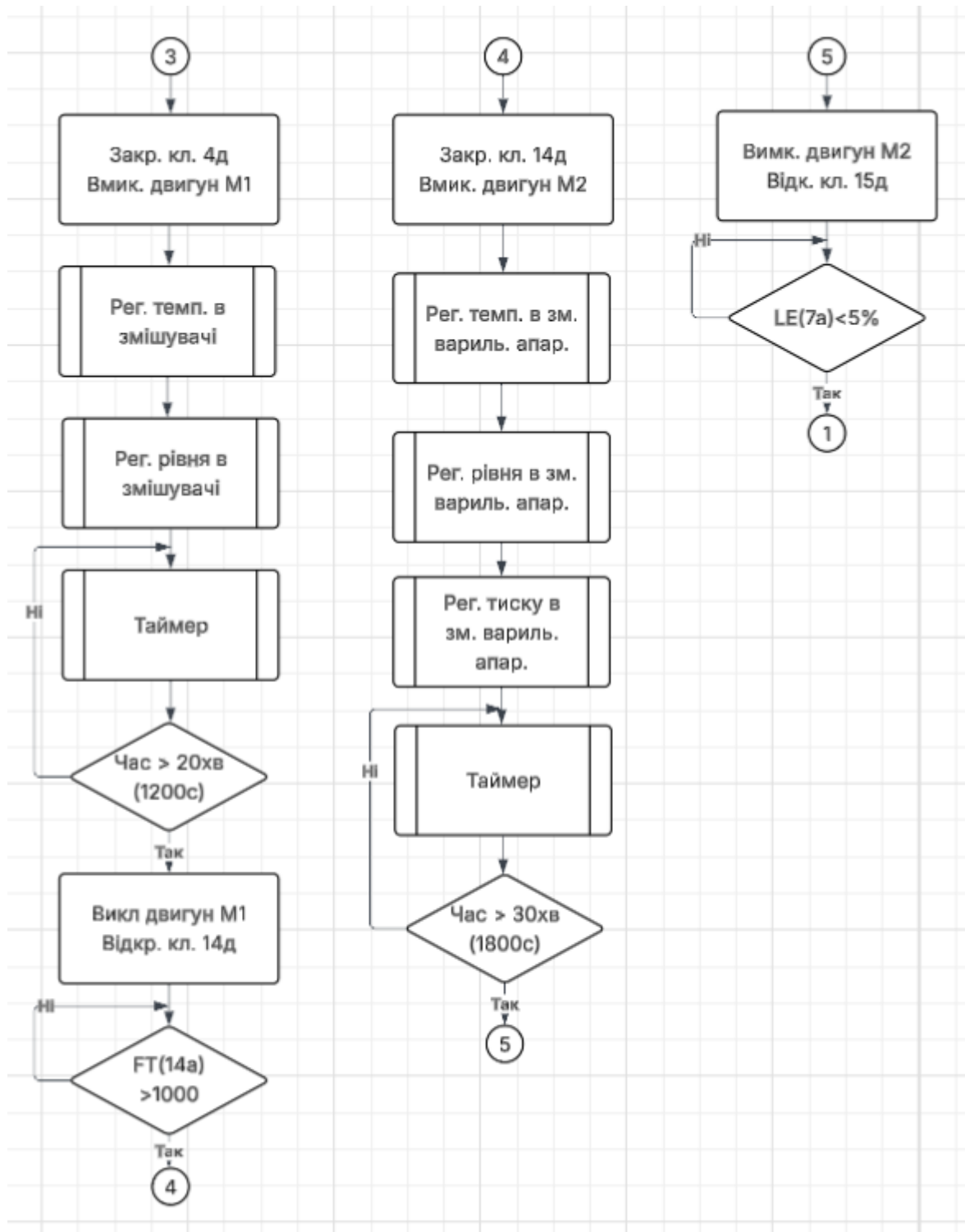
					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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

Проходження процесу виготовлення карамелі відбувається за наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Гавриленко КО			Розробка системи автоматизації процесу ви карامل	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Луцька Н.М.					41	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
FE1	Датчик витрати 1	%IW0.1.0
FE2	Датчик витрати 2	%IW0.1.1
FE3	Датчик витрати 3	%IW0.1.2
FE4	Датчик витрати 4	%IW0.1.3
FE5	Датчик витрати 10	%IW0.1.4
FE6	Датчик витрати 11	%IW0.2.2
FE7	Датчик витрати 14	%IW0.2.3
FE8	Датчик витрати 15	%IW0.2.4
LE1	Датчик рівня 5	%IW0.1.5
LE2	Датчик рівня 7	%IW0.1.6
PE1	Датчик тиску 8	%IW0.1.7
TE1	Датчик температури 6	%IW0.2.0
TE2	Датчик температури 9	%IW0.2.1
LVS1	Клапан 1	%QW0.3.0
LVS2	Клапан 2	%QW0.3.1
LVS3	Клапан 3	%QW0.3.2
LVS4	Клапан 4	%QW0.3.3
LVS5	Клапан 10	%QW0.3.4
LVS6	Клапан 11	%QW0.3.5
LVS7	Клапан 14	%QW0.3.6
LVS8	Клапан 15	%QW0.3.7
NS1	Двигун 1	%QW0.4.0
NS2	Двигун 2	%QW0.4.1

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

PROGRAM CaramelPrep

VAR

FE1 AT %IW0.1.0 : INT;

FE2 AT %IW0.1.1 : INT;

FE3 AT %IW0.1.2 : INT;

FE4 AT %IW0.1.3 : INT;

FE5 AT %IW0.1.4 : INT;

FE6 AT %IW0.2.2 : INT;

FE7 AT %IW0.2.3 : INT;

FE8 AT %IW0.2.4 : INT;

LE1 AT %IW0.1.5 : INT;

LE2 AT %IW0.1.6 : INT;

PE1 AT %IW0.1.7 : INT;

TE1 AT %IW0.2.0 : INT;

TE2 AT %IW0.2.1 : INT;

LVS1 AT %QW0.3.0 : BOOL;

LVS2 AT %QW0.3.1 : BOOL;

LVS3 AT %QW0.3.2 : BOOL;

LVS4 AT %QW0.3.3 : BOOL;

LVS5 AT %QW0.3.4 : BOOL;

LVS6 AT %QW0.3.5 : BOOL;

LVS7 AT %QW0.3.6 : BOOL;

LVS8 AT %QW0.3.7 : BOOL;

NS1 AT %QW0.4.0 : BOOL;

NS2 AT %QW0.4.1 : BOOL;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

END_VAR

VAR

T1 : TON;

T2 : TON;

Step : INT := 0;

END_VAR

T1(IN := (Step = 5), PT := T#1200s);

T2(IN := (Step = 7), PT := T#1800s);

CASE Step OF

0:

NS1 := FALSE;

NS2 := FALSE;

LVS1 := FALSE;

LVS2 := FALSE;

LVS3 := FALSE;

LVS4 := FALSE;

LVS5 := FALSE;

LVS6 := FALSE;

LVS7 := FALSE;

LVS8 := FALSE;

Step := 1;

1:

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

```
LVS1 := TRUE;
IF FE1 >= 600 THEN
    LVS1 := FALSE;
    LVS2 := TRUE;
    Step := 2;
END_IF;
```

2:

```
IF FE2 >= 200 THEN
    LVS2 := FALSE;
    LVS3 := TRUE;
    Step := 3;
END_IF;
```

3:

```
IF FE3 >= 100 THEN
    LVS3 := FALSE;
    LVS4 := TRUE;
    Step := 4;
END_IF;
```

4:

```
IF FE4 >= 100 THEN
    LVS4 := FALSE;
    Step := 5;
END_IF;
```

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

5:

NS1 := TRUE;

IF T1.Q THEN

NS1 := FALSE;

LVS7 := TRUE;

Step := 6;

END_IF;

6:

IF FE7 >= 1000 THEN

LVS7 := FALSE;

NS2 := TRUE;

Step := 7;

END_IF;

7:

IF T2.Q THEN

NS2 := FALSE;

LVS8 := TRUE;

Step := 8;

END_IF;

8:

IF LE2 < 5 THEN

Step := 0;

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

END_IF;
END_CASE;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

**Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора
технолога**

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

Мнемосхема процесу виготовлення карамелі розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис змінних для SCADA-програми наведено в таблиці 6.1

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гавриленко КО</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу ви карамел</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Луцька Н.М.</i>					49	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>						

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
FE1	%IW0.1.0	0	10000	0	1000	INT
FE2	%IW0.1.1	0	10000	0	1000	INT
FE3	%IW0.1.2	0	10000	0	1000	INT
FE4	%IW0.1.3	0	10000	0	1000	INT
FE5	%IW0.1.4	0	10000	0	1000	INT
FE6	%IW0.2.2	0	10000	0	1000	INT
FE7	%IW0.2.3	0	10000	0	1000	INT
FE8	%IW0.2.4	0	10000	0	1000	INT
LE1	%IW0.1.5	0	10000	0	1000	INT
LE2	%IW0.1.6	0	10000	0	1000	INT
PE1	%IW0.1.7	0	10000	0	400	INT
TE1	%IW0.2.0	0	10000	-50	200	INT
TE2	%IW0.2.1	0	10000	-50	200	INT
LVS1	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
LVS2	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
LVS3	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT
LVS4	%QW0.3.3	0	10000	0	100	INT
LVS5	%QW0.3.4	0	10000	0	100	INT
LVS6	%QW0.3.5	0	10000	0	100	INT
LVS7	%QW0.3.6	0	10000	0	100	INT
LVS8	%QW0.3.7	0	10000	0	100	INT
NS1	%QW0.4.0	0	10000	0	1	EBOOL
NS2	%QW0.4.1	0	10000	0	1	EBOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу виготовлення карамелі допомагає оператору спостерігати за проходженням технологічного процесу та за зміною технологічних параметрів з автоматизованого робочого місця оператора, а також при необхідності вносити вручну управляючі дії, щодо клапанів та насосів.

Вигляд мнемосхеми процесу виготовлення ігристого сидру представлена на рис. 6.2.

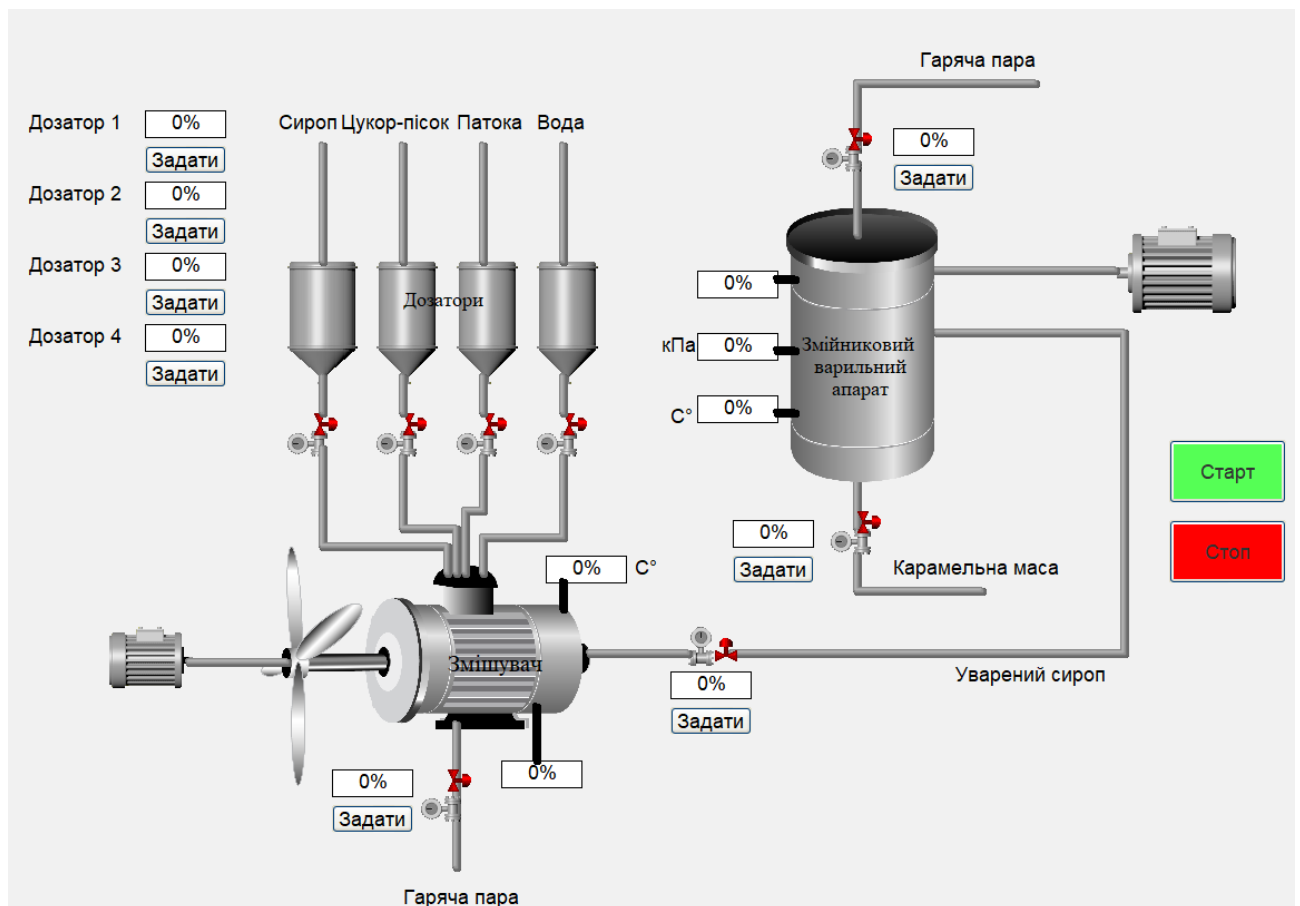


Рис. 6. 1 Мнемосхема процесу виготовлення карамелі

Висновки

У кваліфікаційній роботі проведено опис розробки системи автоматизації процесу виготовлення карамелі із застосуванням сучасних технічних засобів автоматизації.

Система автоматизації процесу приготування карамельної маси розроблялася з використанням програмованого логічного контролера Modicon M340 виробництва Schneider Electric, що забезпечує надійне управління технологічними об'єктами та високий рівень точності регулювання параметрів.

Для створення інтерфейсу оператора розроблено дисплейну мнемосхему в середовищі Citect Studio, яка дозволяє в режимі реального часу здійснювати моніторинг та контроль основних етапів процесу — подачі сировини, змішування, варіння, охолодження.

Особливу увагу приділено контролю температури в змійовиковому варильному апараті, що є критичним для якості кінцевого продукту. Розраховано параметри ПІ-регулятора для підтримки заданої температури з використанням комп'ютерного моделювання.

Запропонована система автоматизації дозволяє знизити ймовірність помилок оператора, покращити енергоефективність процесу, підвищити стабільність якості карамельної маси та загальну ефективність виробництва.

Таким чином, впровадження розробленої системи автоматизації сприяє підвищенню рівня технологічного контролю та економічної доцільності виробництва карамелі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Список використаної літератури

1. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. — К.: НУХТ, 2016. — 29 с.
2. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи [Електронний ресурс] / уклад.: І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. — К.: НУХТ, 2022. — 96 с. — Режим доступу: <https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=410419>
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посіб. / В.Г. Трегуб. — К.: Ліра-К, 2014. — 286 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: навч. посіб. / І.В. Ельперін. — К.: НУХТ, 2003. — 320 с.
5. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: підруч. / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 224 с.
6. Автоматизація виробничих процесів: підруч. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Ліра-К, 2015. — 378 с.
7. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко. — К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
8. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навч. посіб. / В.Г. Трегуб. — К.: НУХТ, 2006. — 139 с.
9. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підруч. / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К.: НУХТ, 2014. — 600 с.
10. Системний аналіз складних систем управління: навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. — К.: НУХТ, 2013. — 276 с.
11. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування». Ч. 1 / А.П. Ладанюк. — К.: НУХТ, 2004. — 184 с.
12. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування». Ч. 2 / А.П. Ладанюк. — К.: НУХТ, 2005. — 115 с.
13. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навч. посіб. / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 160 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

14. Автоматизоване управління технологічними процесами: конспект лекцій / уклад.: І.В. Ельперін, С.М. Швед. — К.: НУХТ, 2007. — 71 с.
15. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія / Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. — К.: Ліра-К, 2015. — 288 с.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. — Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. — 136 с.
22. 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. 68 Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота
23. 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.: Tsentru Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.
24. 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.
25. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
- 26.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 27.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.
- 28.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)
- 29.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.
- 30.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
- 31.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с. 69 Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. Кваліфікаційна робота
- 32.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
- 33.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.
- 34.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.
- 35.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.
- 36.Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

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

37. 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.
38. 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		56