

**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)

«5» червня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ
(ім'я та прізвище)

(підпис)

«5» 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 цукерок

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

НАУМЕНКО Іван Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник САМОЙЛЕНКО Юлія Олександрівна

(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 Микола КОСТИКОВ

(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

НАУМЕНКО Івану Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок

керівник роботи к.т.н. доц. САМОЙЛЕНКО Юлія Олександрівна

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи «5» 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. 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 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 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Іван НАУМЕНКО

_____ (підпис)

Керівник роботи Юлія САМОЙЛЕНКО

_____ (підпис)

Анотація

Кваліфікаційна робота бакалавра розглядає розробку системи автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК).

В СА ВРЦУК задіяно від виробника Schneider Electric промисловий логічний контролер M340.

Дисплейна мнемосхема оператора для контролю і управління процесом виконана в програмному середовищі Citect SCADA.

Комп'ютерним моделюванням контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині розраховано оптимальні параметри настройки ПІ-регулятора методом, що забезпечили мінімальний час перехідного процесу, тобто часу регулювання, який складає 100 секунд.

В роботі також розглянуто спосіб монтаж технічного засобу автоматизації – радарного рівнеміра Endress+Hauser Micropilot FMR50.

Ключові слова: цукерки, виробництво, СА ВРЦУК, автоматизація, Schneider Electric, Endress+Hauser, M340, Micropilot FMR50.

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

Annotation

The bachelor's qualification work considers the development of the **candy production process automation system (SA CP)**.

The SA CP uses the industrial logic controller M340 from the manufacturer Schneider Electric.

The operator's display mnemonic diagram for monitoring and controlling the process is made in the Citect SCADA software environment.

Computer modeling of the temperature control circuit of the truffle mixture in the whisking machine calculated the optimal parameters for setting the PI controller using the method that ensured the minimum time of the transition process, that is, the control time, which is 100 seconds.

The work also considers the method of installing the technical means of automation – the radar level meter Endress+Hauser Micropilot FMR50.

Keywords: candy, production, SA CP, automation, Schneider Electric, Endress+Hauser, M340, Micropilot FMR50.

					<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.....	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.....	46
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	47
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	49
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	49
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	50
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	51
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	55
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	60
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	66
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	66
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	68
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	69
7.1. Постановка задачі дослідження.....	69
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	70
7.3. Моделювання САР.....	71
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	73
Висновки	74
Список використаної літератури	75

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

Вступ

Технологічні процеси збивання трюфельної маси, відсаджування її, потім охолодження та глазурування є кінцевими стадіями виробництва цукерок перед їх пакуванням.

Дотримання технологічних вимог цих процесів та проведення їх на оптимальному рівні забезпечать виробництво готової продукції, тобто цукерок, високої якості.

Мета кваліфікаційної роботи – розробити систему автоматизації процесу виробництва цукерок.

Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок з використанням новітніх технічних засобів забезпечать проходження технологічних процесів збивання трюфельної маси, відсаджування, охолодження та глазурування на оптимальному рівні, а це призведе до зниження втрат енергоресурсів та продуктів, з яких виробляються цукерки, що в свою чергу призведе до збільшення прибутковості процесу виробництва цукерок.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Функціональну схему технологічного процесу виготовлення цукерок представлено на рис. 1.1 [1].

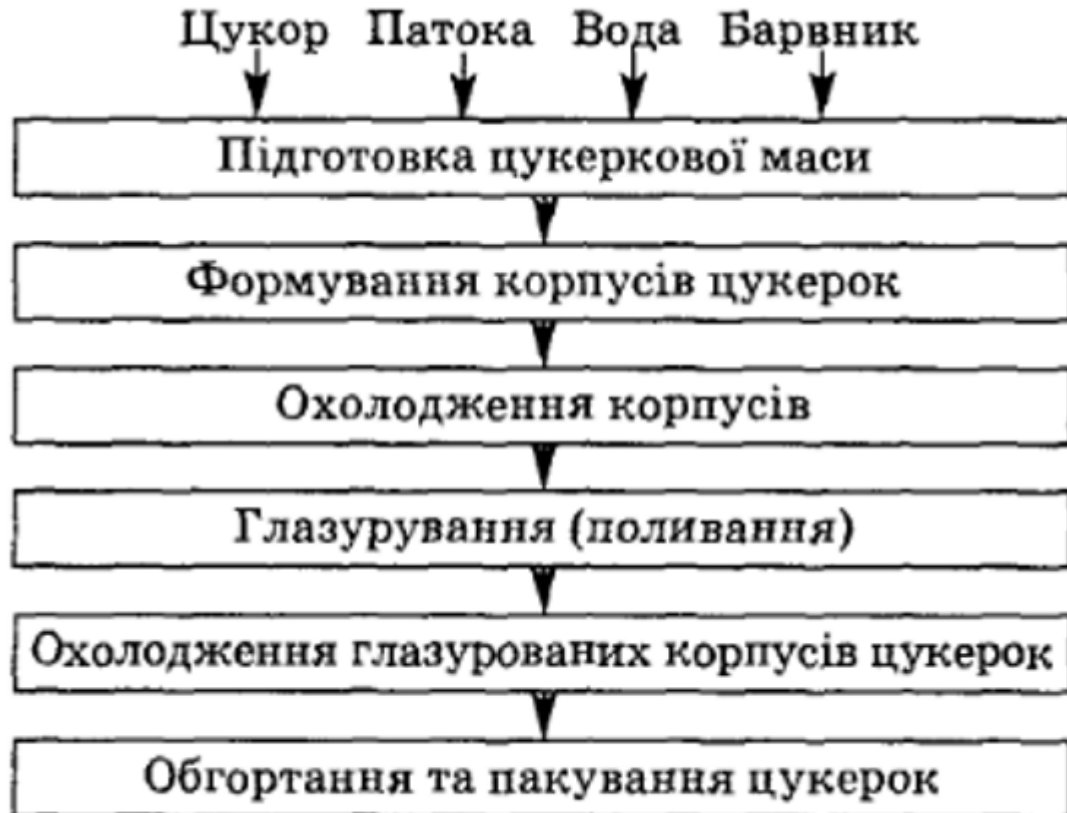


Рис. 1.1. Функціональна схема технологічного процесу виготовлення цукерок.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Науменко І.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Самойленко Ю.О.				8	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок		

Класифікація цукерок представлено на рис. 1.2 [2].

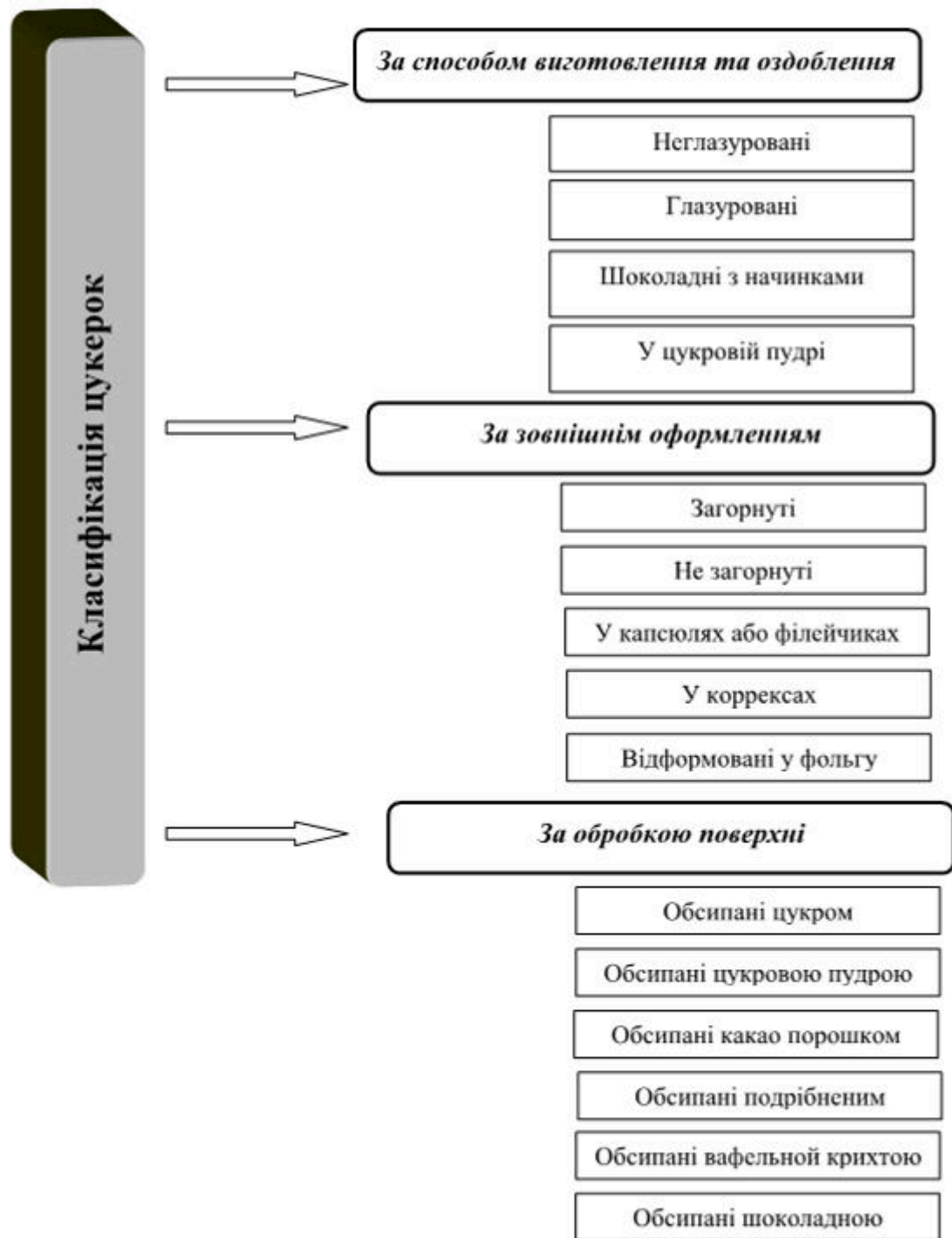
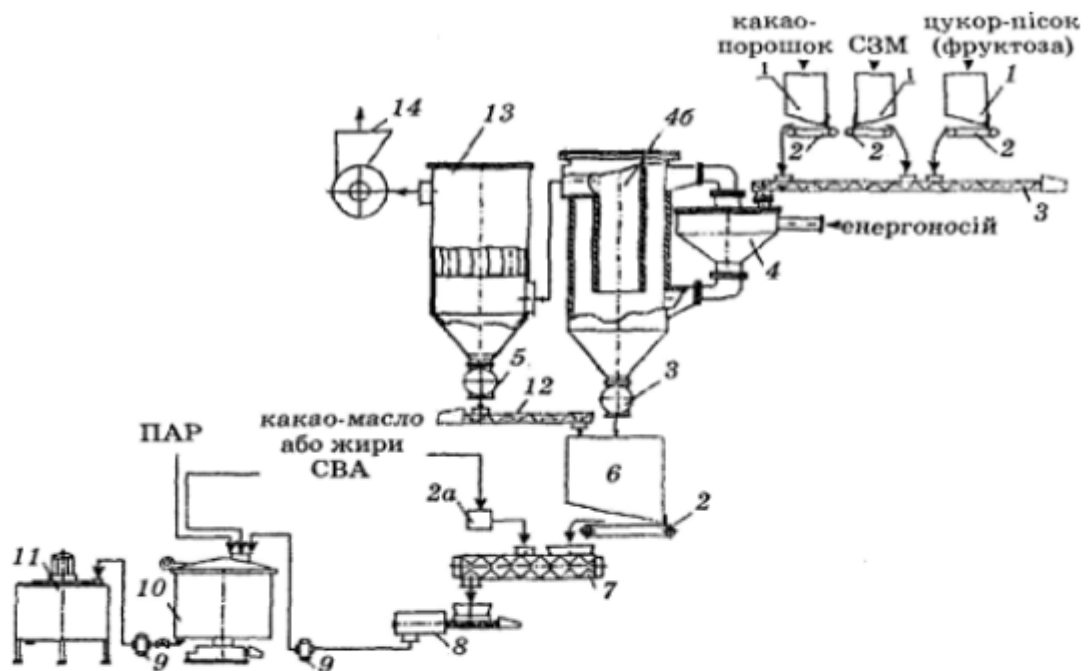


Рис. 1.2. Класифікація цукерок.

За способом виготовлення та оздоблення цукерок певну популярність мають глазуровані цукерки.

Апаратурно-технологічна схема виробництва шоколадних ікондитерських глазурей представлено на рис. 1.3 [1].



1 – бункер порошкоподібних компонентів; 2 – стрічковий дозатор; 2а – дозатор рідких компонентів; 3 – гвинтовий конвеєр подання суміші у ВМ; 4 – вихровий млин; 4а – циклон; 5 – шлюзовий дозатор; 6 – збірник-накопичувач подрібненої суміші; 7 – змішувач; 8 – пластифікатор; 9 – відцентровий насос; 10 – вертикальна концімашина; 11 – збірник-накопичувач; 12 – гвинтовий конвеєр; 13 – рукавний фільтр; 14 – відцентровий вентилятор

Рис. 1.3. Апаратурно-технологічна схема виробництва шоколадних і кондитерських глазурей.



Рис. 1.4. Вид упаковки та форми цукерок «Трюфель».

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На рис. 1.4. представлено вид упаковки та форми цукерок «Трюфель». Далі опишемо технологію процесу виробництва цукерок «Трюфель».

Для виробництва цукерок «Трюфель» задіяні такі рецептурні компоненти: какаоє масло, кокосове масло, перетерте какао і цукрова пудра.

Перетерте какао змішується напротязі 10–20 хвилин з цукровою пудрою до досягнення однорідної консистенції.

Далі проводиться процес подрібнення цієї маси до тонкодиспесного сухого продукту з якого потім виготовляється шоколадна маса.

До цієї маси добавляємо какаоє масло та кокосове масло при температурі 30–35 °С, потім перемішуємо та темперуємо цю масу протягом 1–1,5 годин при температурі 25–30 °С.

Далі темперовану масу збиваємо при температурі 25–30 °С, потім відсаджуємо та проводимо її охолодження до 4–10 °С.

Охолоджені цукерки глазуруємо та потім проводимо процес упаковки. Виготовлені цукерки «Трюфель» зберігаємо при температурі 18–20 °С напротязі 30–35 діб [1].

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						12
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	Збивальна машина	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса (поз. М1)	
		Температура	30 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі гарячої води (поз. 1в)	
		Змішувач	500 об/хв	Регулювання	Стабілізація	Вплив на роботу двигуна (поз. М6)	
2	Машина відсаджування, охолодження та глазурування	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса (поз. М2)	
		Витрата повітря	5 м ³ /год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун подачі повітря (поз. М3)	
		Двигун М4	Вкл./Викл.	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна (поз. М4)	
		Двигун М5	Вкл./Викл.	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна (поз. М5)	
		Конвеєр	60 об/хв	Регулювання	Стабілізація	Вплив на роботу двигуна (поз. М7)	
3	Трубопровід	Температура	10 °С	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Температура в системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) вимірюється датчиками KROHNE OPTITEMP TRA-H61 [3-4] (рис. 2.1).



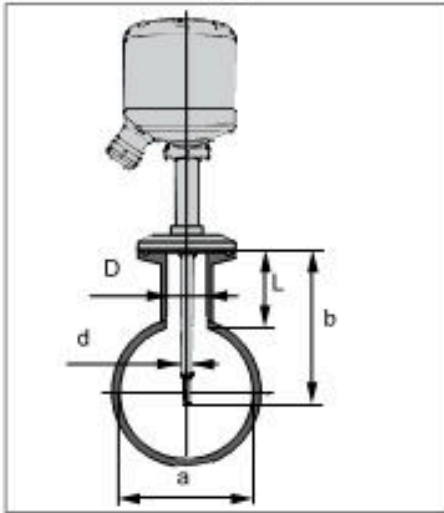
Рис. 2.1. KROHNE OPTITEMP TRA-H61.

					Кваліфікаційна робота					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Науменко І.Ю.								14	35
Керівник	Самойленко Ю.О.				НУХТ АК-4-1					
Зав. каф.	Смітюх Я.В.									
Секр. ЕК	Проскурка Є.С.									

Принцип встановлення KROHNE OPTITEMP TRA-H61:

Installation

Installation into pipelines and tanks



- L: length of the stand-off
- b: insertion length into the pipe
- D: inner diameter of the stand-off
- a: inner diameter of the pipe
- d: outer diameter of sensor rod/thermowell

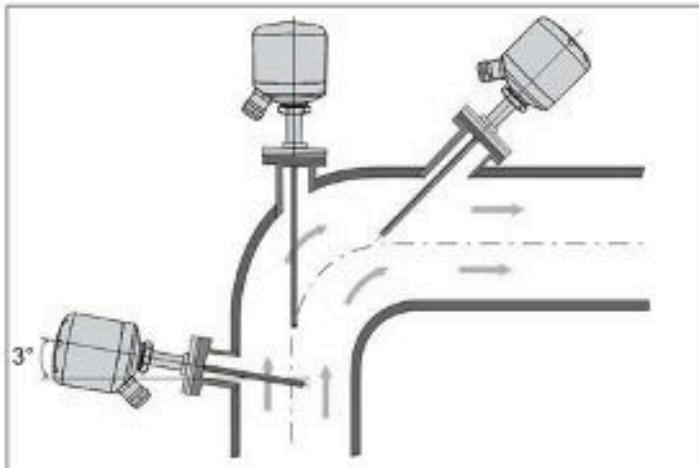
The insertion length (b) of the thermowell or measuring insert refers to the distance from the seal of the process connection or the bottom of the flange to the tip of the thermowell or sensor rod. This length determines how far the sensor projects into the measured medium.

To avoid measurement errors and fulfil hygienic requirements as well, ensure that the insertion length (b) meets the following requirements:

- Insertion length in pipelines: $b \geq L + 22 \text{ mm} / 0.87''$
- Pipes with $(a) < \text{Ø}200 \text{ mm} / 7.87''$:
sensor/thermowell's tip should project past the middle of the pipe if possible
- The relation $L \leq (D - d)$ must be maintained for cleanability reasons

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

Installation into pipelines

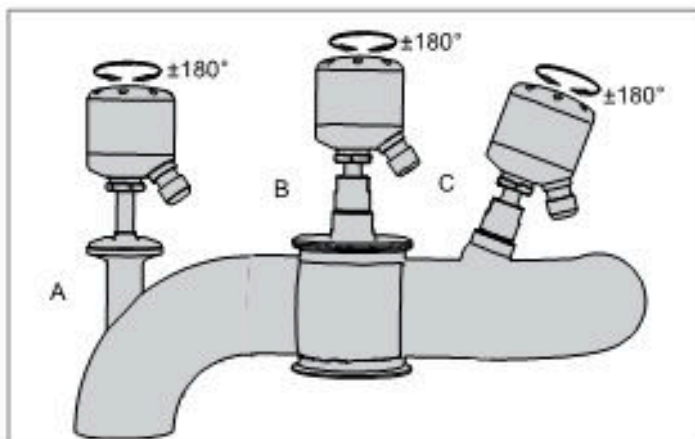


Requirements:

- Ensure drainability by inclined or vertical installation.
- Ensure inspectability.
- Make sure using the included PEEK gasket if EHEDG requirements must be fulfilled.

Installation procedure

- Unpack device, check for damage and completeness.
- Install TRA-H/C61 into existing thread or into hygienic adapter (B, C).
- Use PEEK gasket for EHEDG compliance and consider its limits, e.g. torques.
- Install TRA-H/C65 into existing clamp stand-off (A) using a suitable gasket.
- Adjust head with gland into required direction, consider limits of $\pm 180^\circ$.
- Take care of proper electrical connections.
- If using a transmitter, be sure sensor type, wire connection and range is set accordingly, refer always to the corresponding transmitter manual.
- Check and maintain temperature sensors in appropriate intervals.



A: With clamp process connection

B: G1/2 thread with VARIVENT N
(full welded or adapter)

C: G1/2 thread with weld-in sphere



Caution:

Adjusting cable gland direction:

- Sensors without replaceable inserts, tip size $\text{Ø}6 \text{ mm} / \text{Ø}0.24''$ reduced to $3 \text{ mm} / 0.12''$:
-> open nut until head gets loose, turn head $\pm 180^\circ$ max.
- Sensors with replaceable insert, tip size $\text{Ø}6 \text{ mm} / \text{Ø}0.24''$ reduced to $4 \text{ mm} / 0.16''$:
-> open nut until head gets loose, turn head as required.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Діапазони вимірювання KROHNE OPTITEMP TRA-H61:

Permissible ambient temperature



Sensor	Design	T _{min.}		T _{max.}		Remarks
		[°C]	[°F]	[°C]	[°F]	
TRA-H61, TRA-H65	Standard with cable gland	-40	-40	+100	+212	Without transmitter
	Standard with M12 connector	-30	-22	+100	+212	
TRA-H61, TRA-H65	Standard with cable gland	-40	-40	+80	+176	With transmitter
	Standard with M12 connector	-30	-22	+80	+176	
TRA-C61, TRA-C65	Compact	-30	-22	+100	+212	Without transmitter
TRA-C61, TRA-C65	Compact	-30	-22	+80	+176	With transmitter

Permissible process temperature

Sensor	Design	T _{min.}		T _{max.}		Remarks
		[°C]	[°F]	[°C]	[°F]	
TRA-H61, TRA-H65	Fast responding	-50	-58	+200	+392	With or without transmitter
TRA-H61, TRA-H65	With replaceable insert	-50	-58	+300	+572	
TRA-C61, TRA-C65	Compact	-50	-58	+200	+392	Without transmitter
TRA-C61, TRA-C65	Compact	-50	-58	+150	+302	With transmitter

When using sensors with EHEDG approved hygienic adapters maximum temperature is limited to +140°C / +284°F with respect to the mandatory PEEK gasket.

Limits using gaskets and hygienic adapters

	Type of connection	Limits		Required torque
		metric	imperial	
	Steel to steel	40 bar at 200°C	580 psi at 392°F	10 Nm
	Steel to PEEK	10 bar at 140°C	145 psi at 284°F	20 Nm

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

17

Електричне підключення KROHNE OPTITEMP TRA-H61:

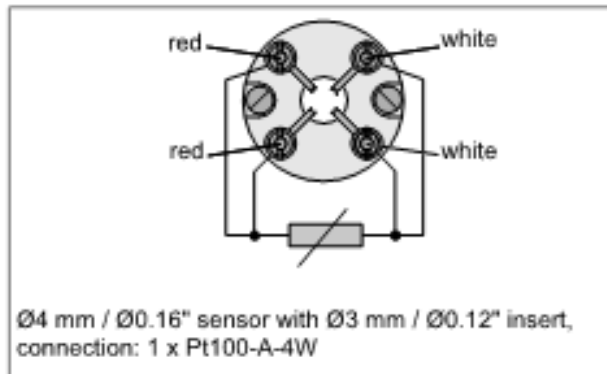
Electrical connection



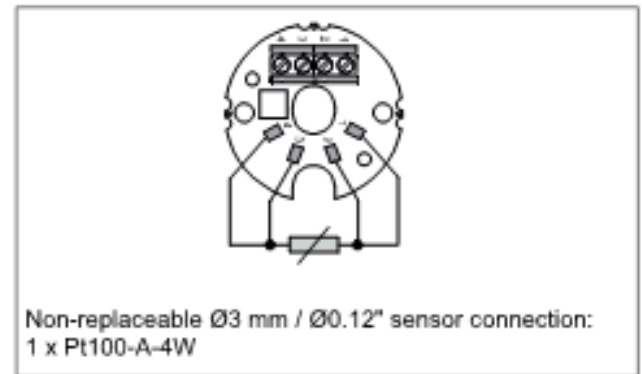
Danger:

All work on the electrical connections may only be carried out with the power disconnected.
Take note of the voltage data on the nameplate.
Observe the national regulations for electrical installations.

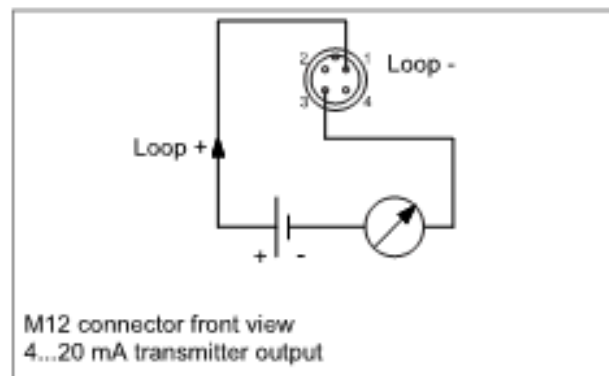
Measuring insert socket



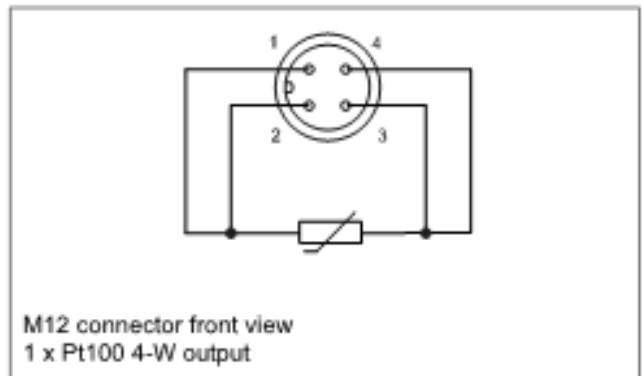
Printed board connector



Integrated transmitter output



Pt100 output



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Витрата охолодженого повітря в СА ВРЦУК вимірюється вихровим витратоміром KROHNE OPTISWIRL 2100 [5-6] (рис. 2.2).



Рис. 2.2. KROHNE OPTISWIRL 2100.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

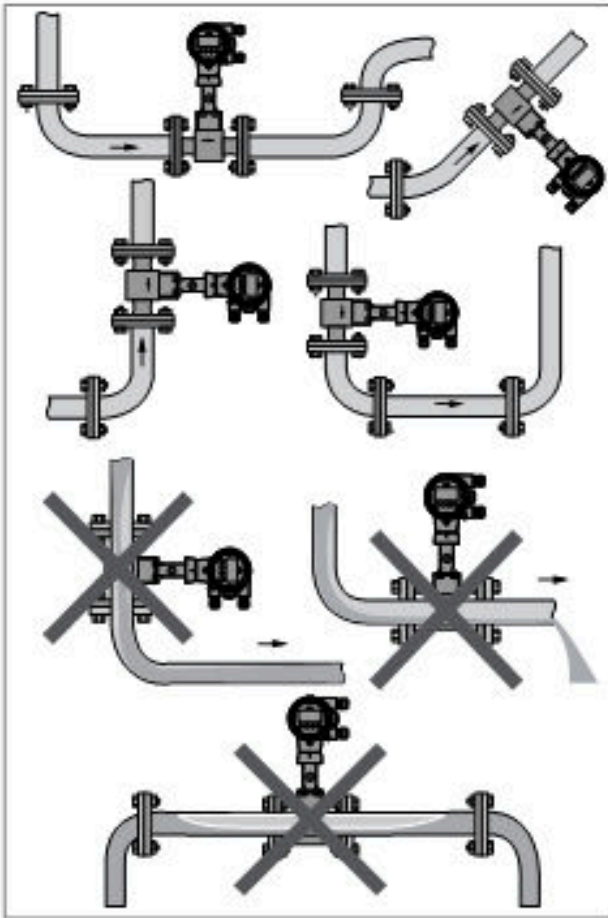
Кваліфікаційна робота

Арк.

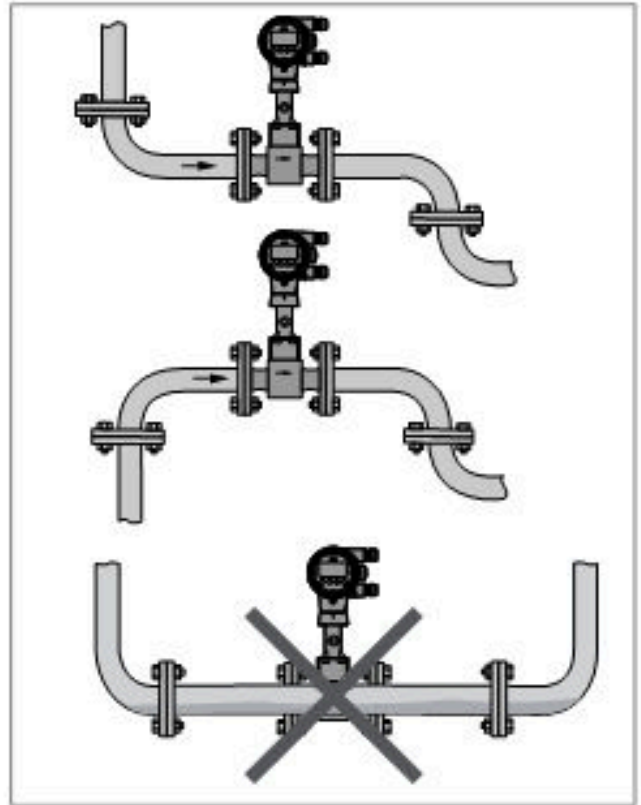
19

Принцип встановлення KROHNE OPTISWIRL 2100:

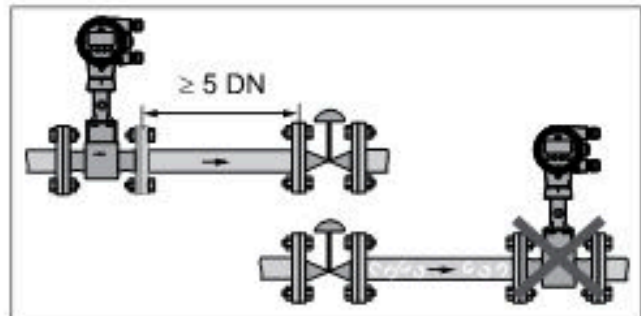
Liquids



Steam & gases

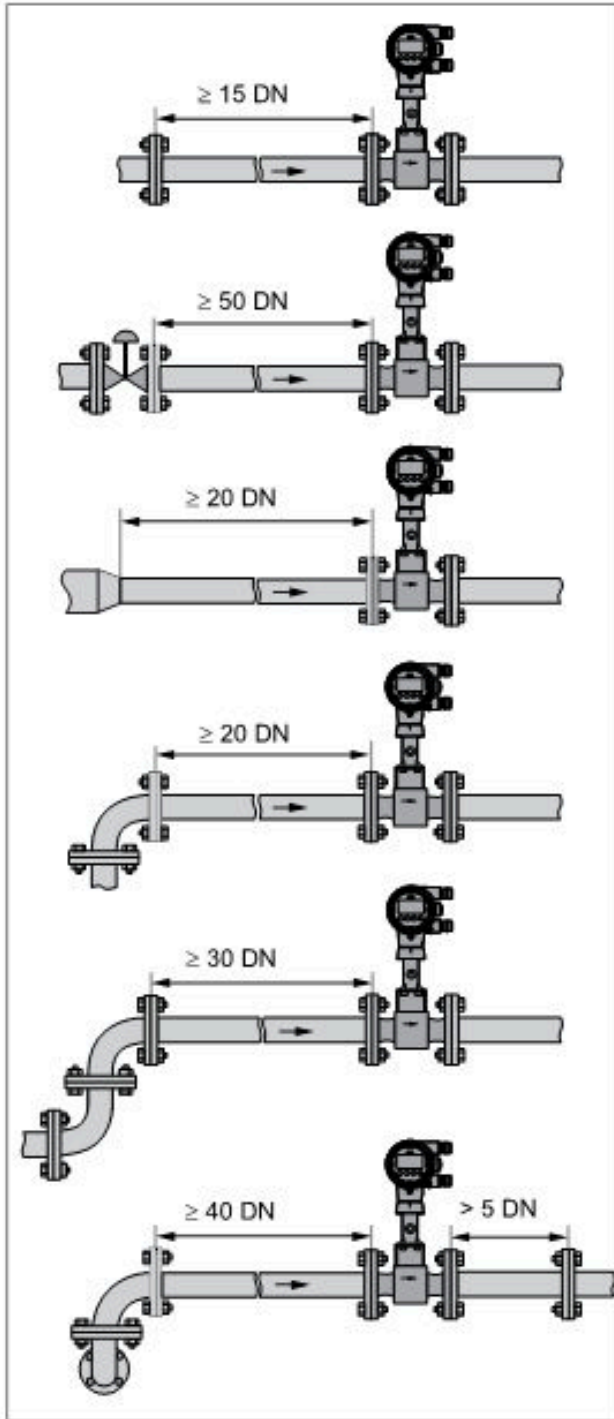


Pipelines with control valve

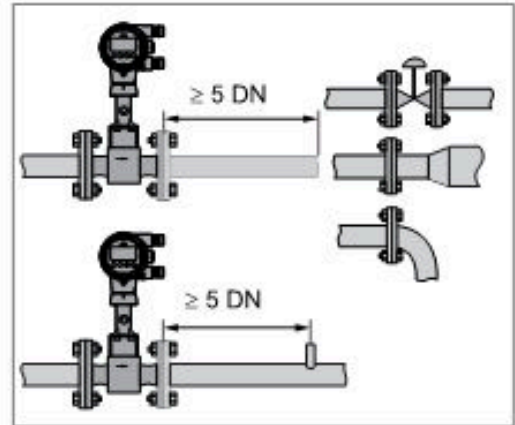


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

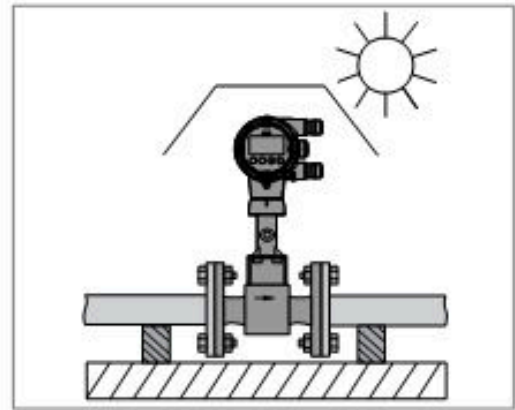
Minimum inlet section



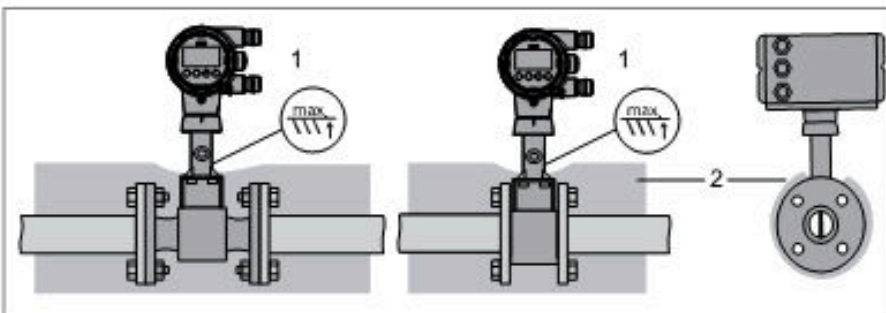
Minimum outlet section



Sunshade



Heat insulation for $T_{\text{medium}} > +160^{\circ}\text{C} / +320^{\circ}\text{F}$



- 1 Marking of max. height of the insulation
- 2 Insulation

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Електричне підключення KROHNE OPTISWIRL 2100:

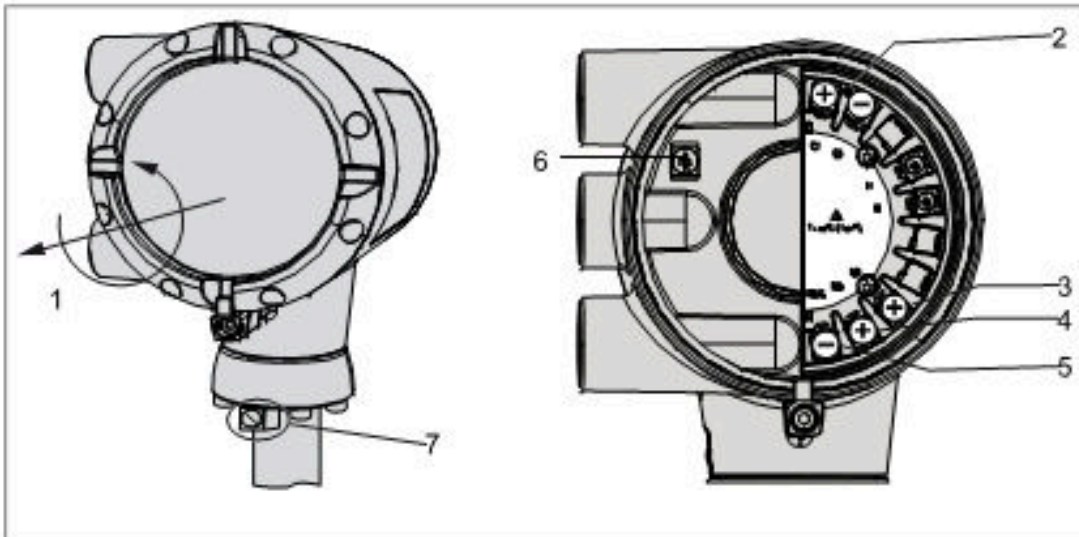
Electrical connection



Danger:

All work on the electrical connections may only be carried out with the power disconnected.
Take note of the voltage data on the nameplate.
Observe the national regulations for electrical installations.

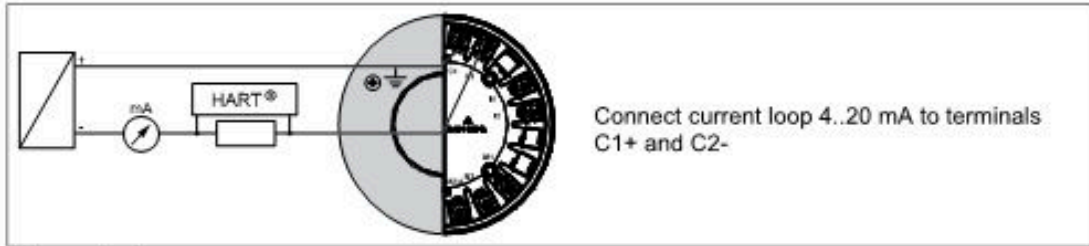
Connecting the signal converter



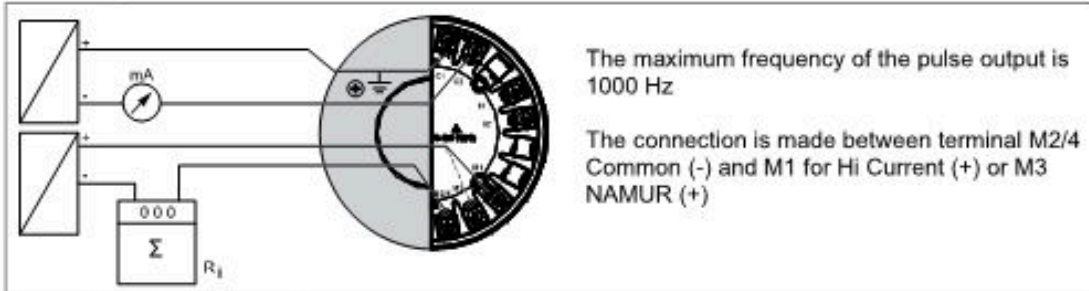
- 1 Open the housing cover of the electrical terminal compartment using the key
- 2 Signal converter supply and 4...20 mA loop
- 3 Terminal M1 pulse (high current)
- 4 Terminal M3 pulse (NAMUR)
- 5 Terminal M2/4 pulse, common minus connection
- 6 Ground terminal in housing
- 7 Ground terminal on connection piece between flow sensor and signal converter

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

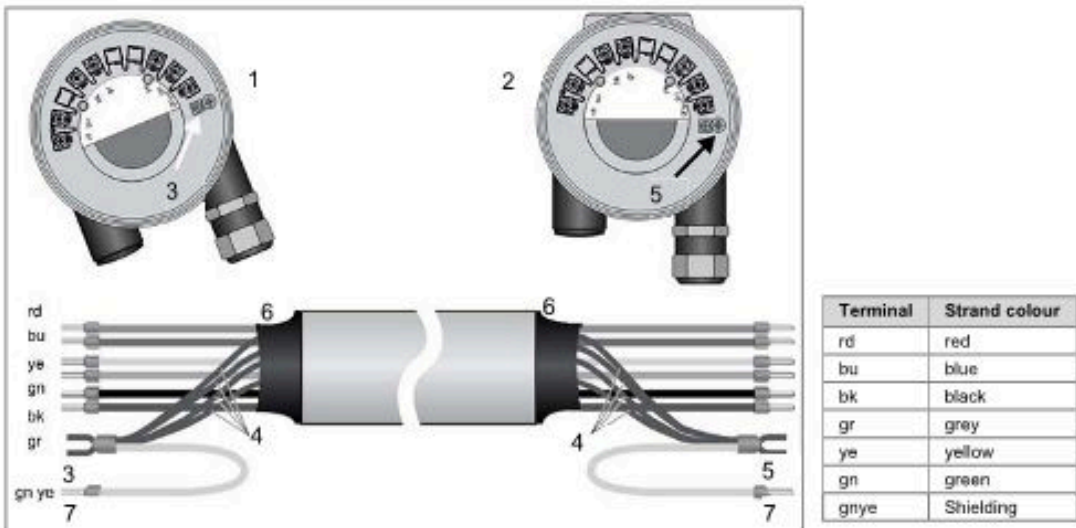
Current output



Pulse output

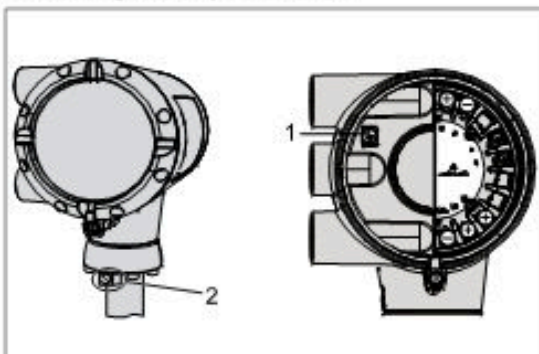


Connection of remote version



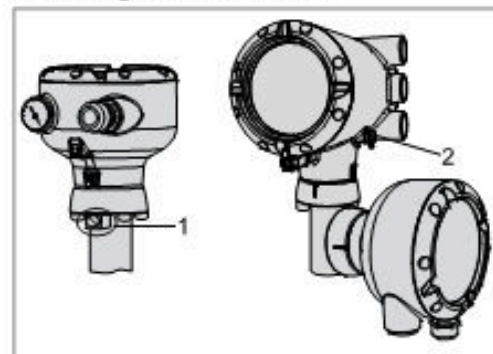
- 1 Connection terminal flow sensor
- 2 Connection terminal signal converter
- 3 Connection shielding flow sensor
- 4 Shielding (drain wire and overall shield)
- 5 Connection shielding signal converter
- 6 Heat shrink tubing
- 7 Shielding

Grounding of compact version



- 1 Ground terminal in housing
- 2 Ground terminal on connection piece between flow sensor and signal converter

Grounding of remote version



- 1 Ground terminal on flow sensor
- 2 Ground terminal on signal converter housing

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Швидкість обертів двигунів в СА ВРЦУК вимірюється індуктивним датчиком наближення Schneider Electric XSAV11373 (рис. 2.7) [7].

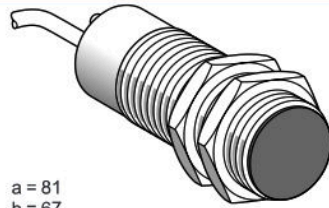
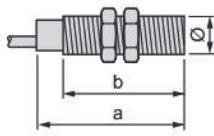


Рис. 2.3. Schneider Electric XSAV11373.

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

Schneider Electric XSAV11373 має наступні технічні дані:

Flush mountable in metal



Lengths (mm):
 a = Overall a = 81
 b = Threaded section b = 67
 Ø = M30

	DC	DC	AC/DC	AC/DC
Nominal sensing distance (Sn)	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Adjustable frequency range	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min	6...150 impulses/min	120...3000 impulses/min

References

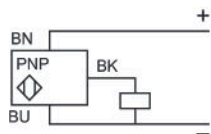
3-wire $\overline{\text{---}}$ PNP / NC	XSAV11373	XSAV12373	–	–
2-wire $\overline{\text{---}}$ or \sim / NC	–	–	XSAV11801	XSAV12801
Weight (kg)	0.300			

Characteristics

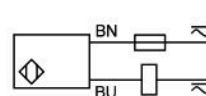
Connection	Pre-cabled, 3 x 0.34 mm , length 2 m (1)	Pre-cabled, 2 x 0.34 mm , length 2 m (1)
Degree of protection conforming to IEC 60529	IP 67	
Operating zone	0...8 mm	
Repeat accuracy	3 % of Sr	
Differential travel	3...15 % of Fr	
Operating temperature	- 25...+ 70 °C	
Output state indication	Red LED	
Rated supply voltage	$\overline{\text{---}}$ 12...48 V with protection against reverse polarity	\sim 24...240 V (50/60 Hz) or $\overline{\text{---}}$ 24...210 V
Voltage limits (including ripple)	$\overline{\text{---}}$ 10...58 V	\sim or $\overline{\text{---}}$ 20...264 V
Switching capacity	\leq 200 mA with overload and short-circuit protection	\sim 5...350 mA or $\overline{\text{---}}$ 5...200 mA (2)
Voltage drop, closed state	\leq 1.8 V	\leq 5.7 V
Residual current, open state	–	\leq 1.5 mA
Current consumption, no-load	\leq 15 mA	–
Maximum switching frequency	6000 impulses/min (for XSAV11●●●); 48,000 impulses/min (for XSAV12●●●)	
"Run-up" delay following power-up	9 seconds \pm 20 % + 1/Fr (3)	

Wiring schemes

3-wire $\overline{\text{---}}$
 XSAV1●373



2-wire \sim or $\overline{\text{---}}$
 XSAV1●801



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

25

При управлінні змішувачем і конвеєром в СА ВРЦУК використані частотні перетворювачі Lenze 8200 Vector (рис. 2.4) [8].



Рис. 2.4. Lenze 8200 Vector.

Частотні перетворювачі Lenze 8200 Vector мають такі наступні технічні дані:

Ratings at 400 V mains voltage

Typical motor power	P_r [kW]	0.55	0.75	1.5	2.2	
Three-phase asynchronous motor (4-pole)	P_r [hp]	0.75	1.0	2.0	3.0	
8200 vector - type	EMC filter integrated	E82EV551 K4C0xx	E82EV751 K4C0xx	E82EV152 K4C0xx	E82EV222 K4C0xx	
	without EMC filter	E82EV551 K4C2xx	E82EV751 K4C2xx	E82EV152 K4C2xx	E82EV222 K4C2xx	
Mains voltage	U_{mains} [V]	3/PE 320 V AC - 0%...550 V + 0%; 45 Hz - 0%...65 Hz + 0%				
Alternative DC supply	U_{DC} [V]	450 V DC 0%...775 V + 0%				
Data for operation at 3/PE 400 V AC or 565 V DC						
Rated mains current	Without mains choke	I_{mains} [A]	2.5	3.3	5.5	7.3
	With mains choke	I_{mains} [A]	2.0	2.3	3.9	5.1
Output power U, V, W (at 8 kHz)	S_r [kVA]	1.3	1.7	2.7	3.9	
Output power + U_G , - U_G	P_{DC} [kW]	0.3	0.1	1.1	0.4	
Rated output current at a chopper frequency of	2 kHz	I_r [A]	1.8	2.4	4.7	5.6
	4 kHz					
	8 kHz	I_r [A]	1.2	1.6	2.5	3.6
	16 kHz					
Max. permissible output current for 60 s at a chopper frequency of of	2 kHz	I_{max} [A]	2.7	3.6	5.9	8.4
	4 kHz					
	8 kHz	I_{max} [A]	1.8	2.4	3.8	5.5
	16 kHz					
Output voltage	Without mains choke	U_M [V]	3~ 0... U_{mains} [V] 650 Hz			
	With mains choke	U_M [V]	3~ 0...approx. 94% U_{mains} / 0...650 Hz			
Power loss (operation at I_r at 8 kHz)	P_{loss} [W]	50	60	100	130	
Mains choke required	Type	-	-	-	E82ZZL22234B	
Dimensions	HxWxD [mm]	180 x 60 x 140		240 x 60 x 140		
Weight	m [kg]	1.2		1.6		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

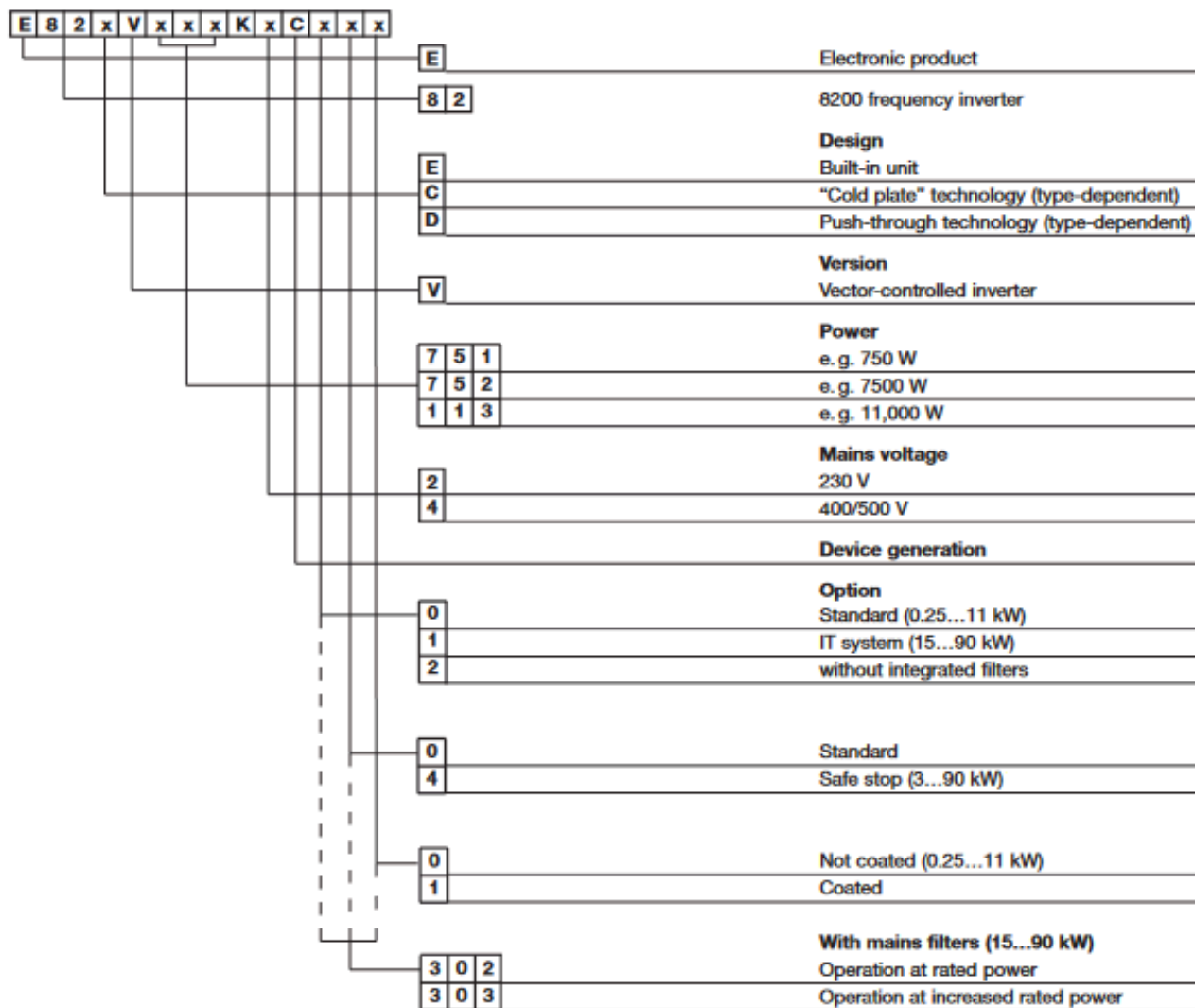
Кваліфікаційна робота

Арк.

27

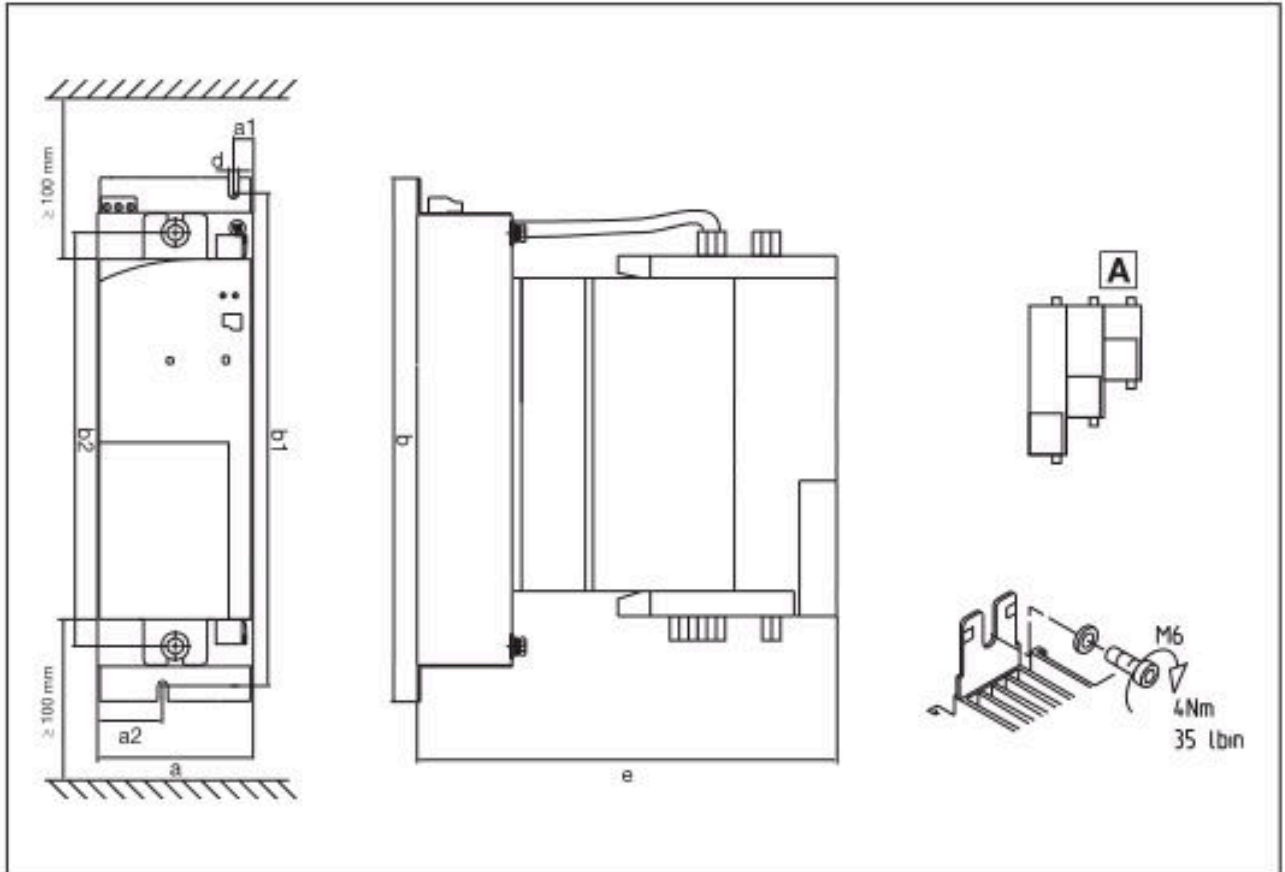
При замовленні частотних перетворювачів Lenze 8200 Vector обираються такі наступні параметри:

Type key



Монтажні розміри частотних перетворювачів Lenze 8200 Vector зазначені такі:

Standard mounting - 8200 vector 0.25 ... 2.2 kW with substructure RFI filters



Schematic sketch: Representation without shield connection of motor and control cable.

8200 vector	Dimensions [mm]							
Type	a	a1	a2	b	b1	b2	d	e
E82EV251K2C200 E82EV371K2C200	60	10	25	217	197	135	6.5	170
E82EV551KxC200 E82EV751KxC200				277	247	195		180
E82EV152KxC200 E82EV222KxC200				337	317	255		180

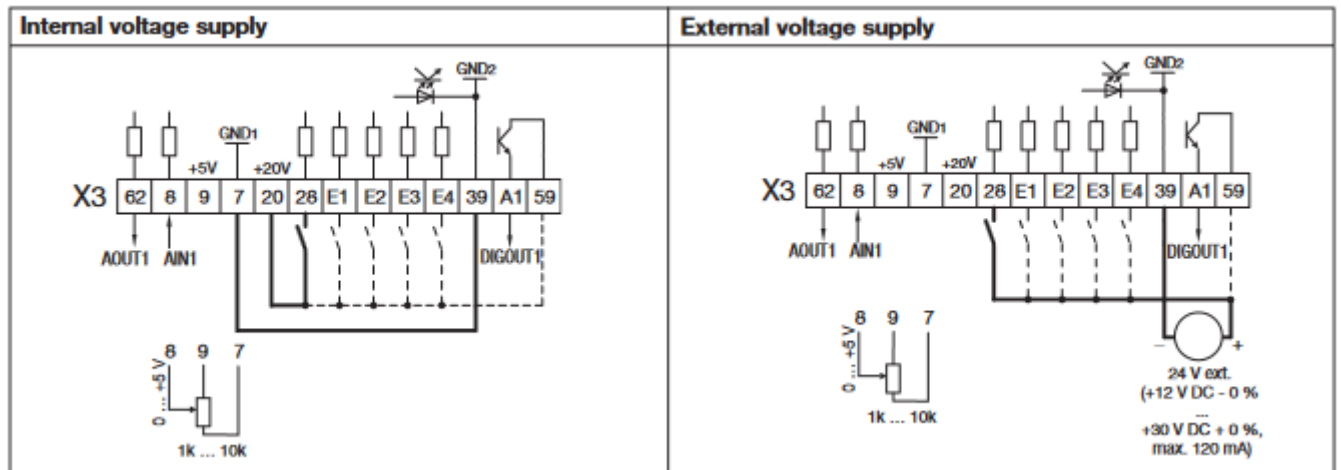
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

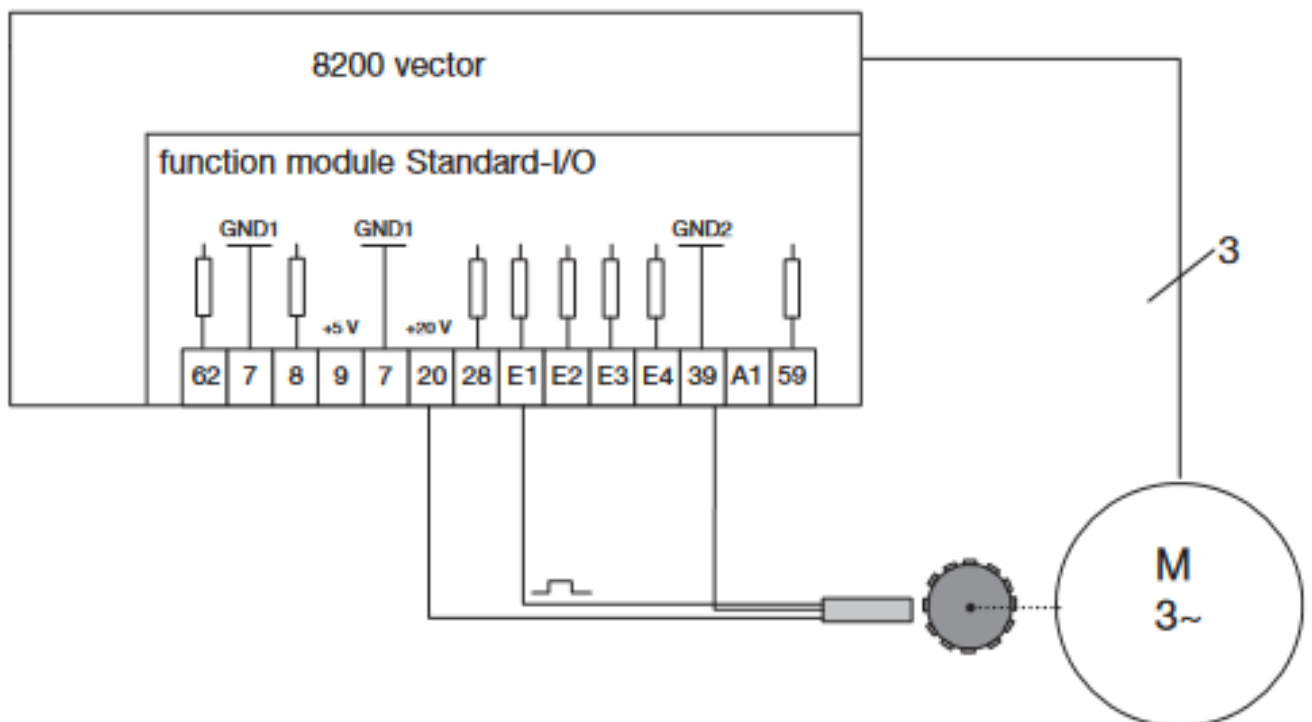
29

Електричне підключення частотних перетворювачів Lenze 8200 Vector:



Підключення датчика швидкості обертів до частотних перетворювачів Lenze 8200 Vector:

Rotational speed control with a 3-wire sensor.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

30

Для регулювання клапаном подачі гарячої води в СА ВРЦУК використано VALSTEAM ADCATrol EL20 (рис. 2.5) [9-10].



Рис. 2.5. VALSTEAM ADCATrol EL20.

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

**Лінійні
електричні приводи EL
(1,2 кН - 25 кН)**

ADCATrol
STEAM EQUIPMENT

Опис:

Лінійні електроприводи ADCATrol серії EL застосовуються дво- та три-ходовими регулюючими клапанами серії V16/2, V25/2, V40 V253 та V403 для перекриття потоків відкр./закр. з трипозиційним регулюванням або плавного регулювання аналоговий вхідний сигнал з вбудованим позиціонером (опція).

Обертання двигуна через зубчасту передачу передається валу зі спеціальною самозатискною гайкою до штоку клапана. Крім двох кінцевих вимикача для відключення приводу при досягненні кінцевого положення також підтримується контроль від надмірного зусилля забезпечуючи високий рівень захисту приводу.

Основні властивості:

- Модульна конструкція, що модифікується.
- Напряга живлення: трифазний струм 400 В 50/60 Гц; змінний струм 230, 115, 24 В 50/60 Гц; постійний струм 24 В.
- Ручне аварійне керування із відключенням двигуна приводу.
- Клас захисту корпусу IP 65 (модифікація EL12 – клас захисту IP 43).
- Захист клапана від надмірного зусилля, перевищуючи задане граничне значення, привід вимикається з метою захисту.
- Привід закріплюється на клапані з допомогою двох вертикальних стійок або монтажного фланця відповідно до стандарту DIN 3358, що дозволяє легко підключати всі типи клапанів. Стандартна версія стійок підходить для клапанів ADCATrol.
- Визначається зусилля закриття в кінцевих положеннях, забезпечуючи герметичне перекриття клапана.
- Сійкі до зупинки синхронні двигуни (або двигуни з гальмом для більш високих моментів позиціонування) забезпечують високу точність позиціонування.
- Спеціальна пластина запобігає обертанню вала протягом усього часу роботи та забезпечує візуальну індикацію положення штока.
- Точне, безпроміжкове вимірювання фактичного ходу клапана шляхом прямого приєднання до штока клапана.
- Універсально використовуємі приводи завдяки управлінню з допомогою 3-позиційних контролерів, аналогових вхідних сигналів (0 - 10 В, 0/4 - 20 мА) або систем fieldbus. Кінцеві вимикачі легко регулюються для обмеження ходу або в якості сигналу для проміжних положень.

Опції та

аксесуари:

Позиціонер для аналогового сигналу струму або напрузі.

Два додаткові кінцеві вимикачі для подачі сигналу кінцевого положення.

Потенціометри, наприклад, для 3-позиційного крокового регулювання в замкнутому контурі.

Електронні блоки зворотного зв'язку за положенням 0 – 10 В або 0/4 – 20 мА.

Антиконденсаційний нагрівач.

Спеціальне захисне покриття та обробка для роботи в агресивних середовищах.

Застосування:

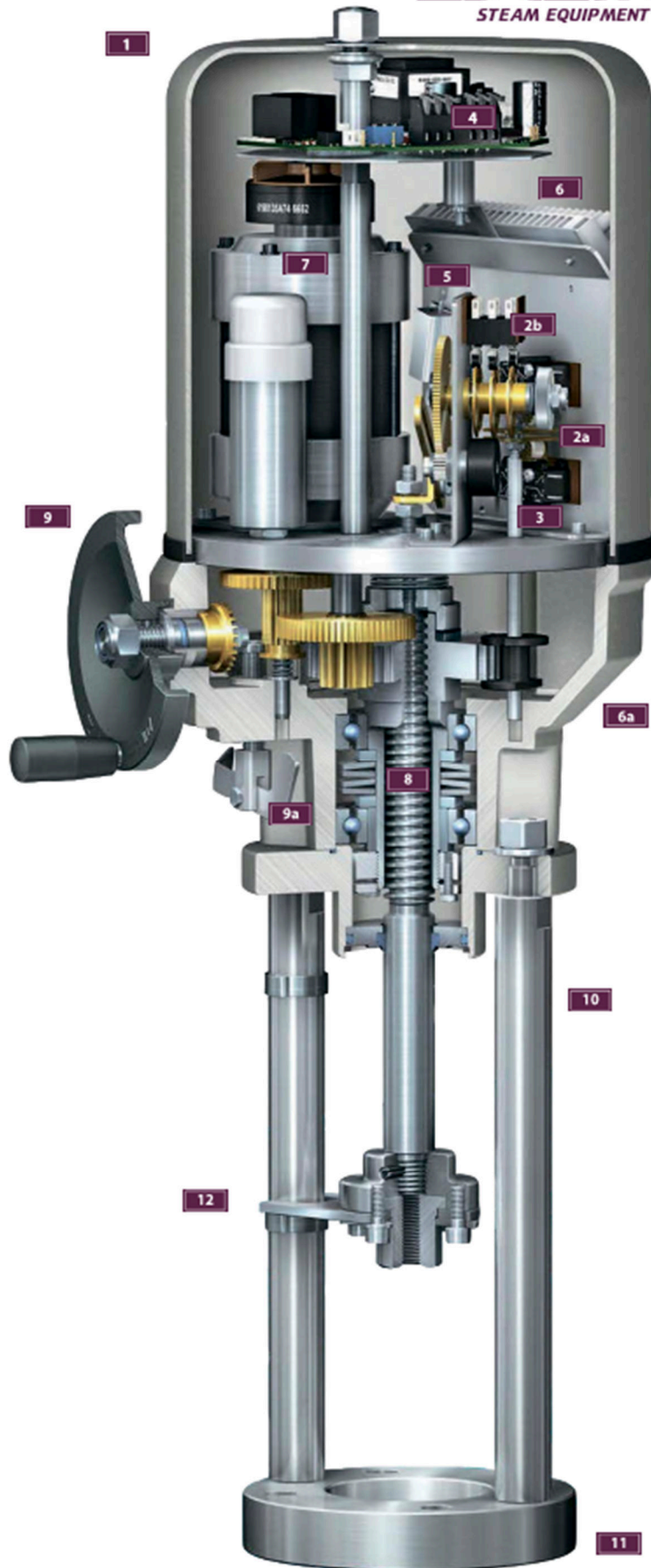
Привід для монтажу на клапани ADCATrol серії V16/2, V25/2, V40 V253 і V403, та ін.

Модифікації:

EL12, EL20, EL45, EL80, EL120 та EL250.



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



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Конструкція

1 Корпус

В стандартному виконанні сталевий, в якості опції – алюмінієвий. Після ослаблення центрального гвинта його можливо зняти, щоб виконати електричне підключення приводу і налаштувати кінцеві положення.

2 Кінцеві вимикачі

В базовому виконанні встановлені залежні від зусилля кінцеві вимикачі **2a**, за допомогою яких привід вимикається перемищуючи задане граничне значення. В якості альтернативи, відключення можливе за допомогою додаткових кінцевих вимикачів **2b**, приводимих у дію кулачками. Ці вимикачі дозволяють точно задати точки відключення на всьому діапазоні ходу. Можливе встановлення до чотирьох додаткових кінцевих вимикачів.

3 Зворотній зв'язок по положенню (опція)

Реалізується або потенціометром, або – за великих дистанцій – сигналом 0/4–20 мА, котрий подає електронний датчик положення в 2-, 3- або 4-провідній системі.

4 Позиціонер (опція)

Позиціонує привід згідно вхідного сигналу заданої величини. Величина задається сигналом 0–10 В або 0/4–20 мА. У комбінації з позиціонером, можливо використовувати зворотній зв'язок по положенню лише з тими ж типами сигналу.

5 Антиконденсаційний нагрівач (опція)

Для зниження ризику утворення конденсату всередині пристрою.

6 Підключення електроживлення

Для підключення електроживлення і керуючих кабелів. Підключення виконується за допомогою стандартних клемних колодок. Кабельні введення **6a**, знаходяться у нижній частині корпусу. Кабельні муфти не входять у комплект постачання ADCA, та їх потрібно вибрати в відповідно з необхідним класом захисту.

7 Електродвигун

В залежності від виконання безвідмовні синхронні або асинхронні двигуни з постійною частотою обертання. Для захисту від перегріву в них вбудовані термовимикачі, які вимикають привід в разі спрацьовування. В якості опції багато типорозмірів пропонуються з електродвигуном, оснащеним антиблокуванням.

8 Різьбовий шток

Через кілька ступенів редуктора обертальний рух двигуна або маховика передається на пустотілий вал за допомогою розташованого всередині гвинта. Відповідною деталлю в даному випадку є шток, котрий в цій зоні оснащений зовнішнім гвинтом. Так виникає зворотно-поступальний рух. Кульовий підшипник пустотілого валу збільшує ККД. Попередньо натягнуті поздовжні пружини усувають мертвий хід і цим забезпечують високу точність позиціонування приводів.

9 Маховик

Для аварійного керування приводом при втраті напруги живлення. За допомогою важеля перемикачання **9a**, можливо відключити зчеплення з двигуном і увімкнути зчеплення з маховиком.

10 Сійки (опція)

Пропонуються різної довжини і з різними відстанями між сійками.

11 Приєднання на клапани ADCATrol

Приєднувальний монтажний фланець виконаний згідно DIN 3358.

12 Індикатор положення (опція)

В якості опції пропонується стопор штока, котрий одночасно служить індикатором положення.

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

Модифікація електроприводу	EL 250.1	EL 250.2
Максимальне зусилля приводу, кН	25	
Швидкість переміщення штока, мм/с а)	25/0,4	50/0,8
Енергоспоживання – 230 В, ВА	157	218
Номинальний струм - 230 В, А	0,73	1,0
Тип електродвигуна б)	Асинхронний реверсивний двигун Asyn	
Захист електродвигуна с)	Інтелектуальне реле захисту двигуна TeSys T	
Максимальний хід штоку, мм	100	
Напруга живлення д)	24 V / 115 V / 230 V / 400 V 50/60 Гц, 24 V DC	
Режим роботи згідно з IEC 34-1	S4 (циклічний) ПВ: 30% макс. кількість пусків 600 цикл./год	
Кабельний ввід	2 x M20 x 1,5 та 1 клемний роз'єм з M16 x 1,5	
Електричне підключення	Внутрішня клемна панель, підключення відповідно до схеми електричних з'єднань	
Моментні вимикачі та цифрові виходи	2 моментних вимикача, 230 В змін. струму, номінальний струм: 5 А (резисторне навантаження), макс. 3 А (індуктивне навантаження)	
Монтажне положення	На вимогу, крім положення вниз головою	
Темп. навколишнього середовища	від -20 до + 60°C (від -20 до +50°C за наявності позиціонера)	
Мастило для зубчастих передач	Мастило Klüber Mickrolube GL 261	
Індикація положення	По пластині запобігання обертанню валу	
Ручне управління	Маховик із відключенням двигуна приводу	
Клас захисту корпусу згідно з EN 60529	IP 65	
Трапецеїдальне різьблення	Tr 26 x 5	
Приєднання	Відповідно до DIN 3210 G0	

а) При 60 Гц. швидкість позиціонування і вхідна потужність збільшуються на 20%.

б) Syn - синхронний двигун; Asyn - асинхронний двигун.

с) В - жаростійкий двигун; Т - з термовимикачем для контролю температури.

д) Інші напруги живлення по запиті.

Маркування аксесуарів та опцій

Маркування	Аксесуари та опції
FG	Блок комутації та сигналізації (блок телетрансмітера, аналоговий зв'язок). Блок FG являється базою, необхідною для збирання всіх інших опцій.
WE	Додаткові кінцеві вимикачі для кінцевих або проміжних положень, плавне налаштування, макс. 250 В~, макс. номінал. струм: 5А (резисторне навантаження), макс. 3А (індуктивне навантаження), макс. 2 вимикачі для EL20 та EL45, макс. 2 вимикача для EL80 та EL120.
WE-G	Додаткові кінцеві вимикачі для кінцевих або проміжних положень, плавне регулювання з позолоченими контактами низької напруги, макс. 30 ~; макс. 0,1 А (омічне навантаження), 2 вимикачі для EL20 та EL45, 4 вимикачі для EL80 та EL120.
POT	Потенціометр 100/130/200/500/1 000/5 000 Ом або 10 кОм Нелінійність $\leq 0,5\%$, макс. 1,5 Вт, струм на щітках 30 мА, макс. 2 шт.
ESR100	Електронний зворотній зв'язок за положенням 2-/3-провідний. Включає POT 5000 Ом. Індуктивний вимір ходу, вихід 0/4 – 20 мА. Напруга: 24 В постійного струму (недоступно для EL12).
PEL100	Електронний позиціонер системи контролю положень для активації приводу. Включає FG трансформатор в зборі з POT 1 000 Ом. Вхід 0-10 В, 0/4-20 мА, вихід 0-10 В, 0/4-20 мА. Напруга живлення 24, 115, 230 В 50/60 Гц.
PEL200	Інтелектуальний електронний позиціонер системи контролю положень активації приводу. Включає FG трансформатор у зборі з POT 1000 Ом. Вхід 0-10 В, 0/4-20 мА, вихід 0-10 В, 0/4-20 мА. Напруга живлення 24, 115, 230 В 50/60 Гц.
HZ/WP	Нагрівальний резистор із термореле проти утворення конденсату, вкл. автоматичне регулювання температури, макс. 15 Вт.; напруга 24, 115, 230 В 50/60 Гц [HZ/WP]
STALA/FLA	Стійка монтажна для адаптації до клапанів ADCATrol. Див. таблицю розмірів.
ZFLA	Монтажний фланець із центральним кріпленням Мхх. див. таблицю розмірів (опорна вилка/стійка повинна бути зафіксована від провертання).
KS	Компактний штекер 10-контактний, срібний/24-контактний, срібний. при напрузі на приводі ≤ 500 В.
LA-TR	Спеціальне захисне покриття та обробка для роботи в агресивних середовищах.
A-IP65	Виконання IP 65: з сільфоном на упорному валі та металевою кришкою з ущільненням (для EL12)
A-FAB	Версія із сільфоном на валі (для EL20, 45, 80 та 120).

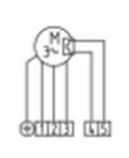
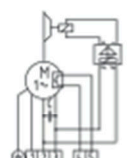
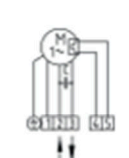
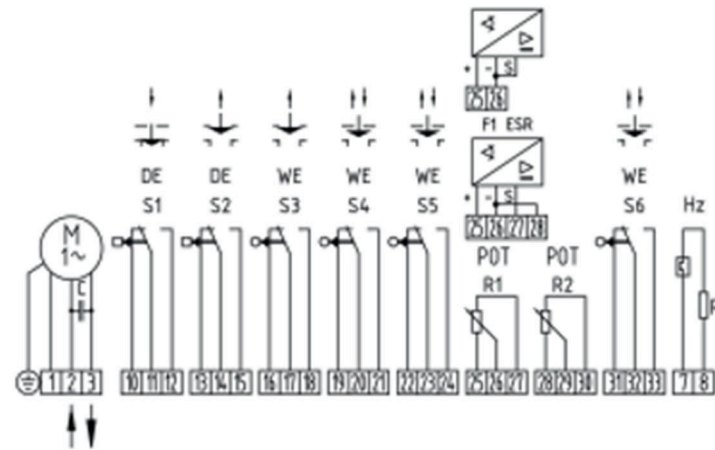
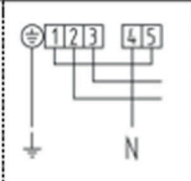
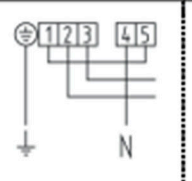
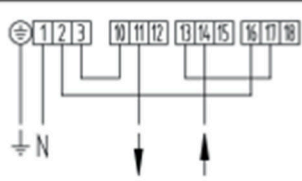
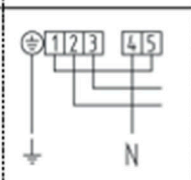
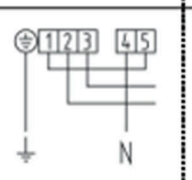
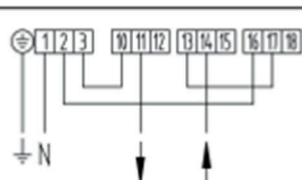

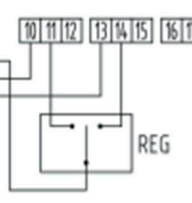

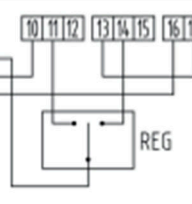
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Кваліфікаційна робота

Арк.

36

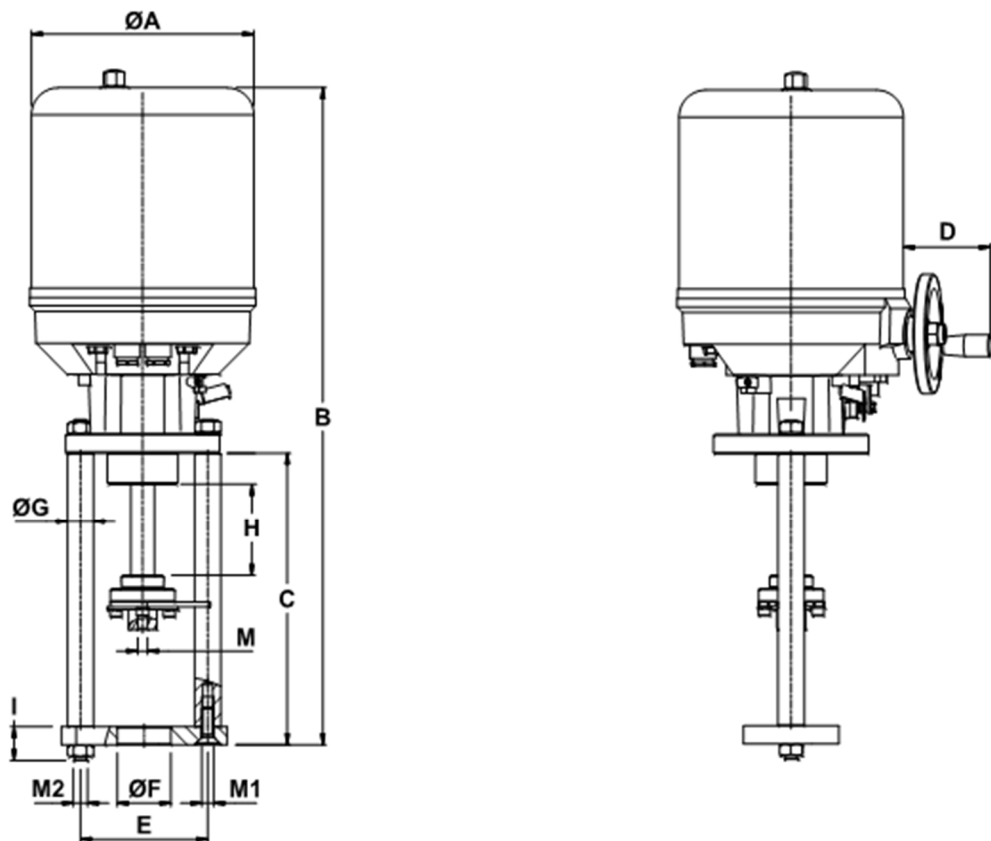
Схема електричного підключення

3 ~ асинхронний електро. двигун з автогальмом та термовимкненням	1 ~ асинхронний електро. двигун з автогальмом та термовимкненням	Синхронний електро. двигун з термовимкненням	Синхронний електричний двигун	Основна схема з додатковим обладнанням
				
				Вимкнення в кінцевому положенні за допомогою двох вимикачів в залежності від зусилля для управління, наприклад, трифазовими змішувальними клапанами.
				Вимкнення в кінцевому становищі за допомогою вимикача, що залежить від зусилля, і кінцевого вимикача для управління, наприклад, повнопрохідними клапанами. Контроль блокування у відкритому положенні.
				Управління трифазними приводами з термовимикачем. Вимкнення в кінцевому положенні за допомогою двох вимикачів, залежних від зусилля, для керування, наприклад, трифазовими змішувальними клапанами. Примітка: Для двигунів без термовимикача підключення до клем 4 і 5 не застосовується.
				Управління трифазними приводами з термовимикачем. Вимкнення в кінцевому положенні за допомогою вимикача, що залежить від зусилля, і кінцевого вимикача для керування, наприклад, повноходовими клапанами. Контроль блокування у відкритому положенні. Примітка: Підключення до клем 4 і 5 не застосовується.

DE – Безпотенційний моментний вимикач
WE – Кінцевий вимикач
HZ – Нагрівальний резистор з термореле
POT – Потенціометр

ESR – Аналоговий зворотній зв'язок по положенню
PEL – Датчики положення (ел. система контролю положень)
WSE – Зовнішній блок реверсивного перемикача положення відкр./закр.
REG – Контролер процесу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Габаритні розміри, мм

Модифікація приводу	Ø A	B	C	D	E	Ø F	Ø G	H	I	M*	M1	M2	Маса, кг
EL12	129	315	175	—	100	40	16	35	—	M10	M10	—	2,1
EL20 / EL45	148	474	205	42	100 / 110	40 / 45	22	50	41	M10 / M16	M10	M16	8
EL80 / EL120	188	572	245	70	100 / 110	40 / 45	22	80	41	M10 / M16	M10	M16	13
EL250	216	668	260	70	125	45 / 65	22	100	41	M16 / M20	—	M16	19

* В залежності від різьбового приєднання штока клапана. Може бути звичайна або дрібна різьба.

Примітка: Розміри та конструкція з'єднання валу приводу зі штоком клапана, стійок та монтажного фланця можуть відрізнятися в залежності від серії та модифікації регулюючого клапана ADCATrol. Більш докладну інформацію див. у відповідному технічному описі або проконсультуйтеся з нашими інженерами.

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

38

Клапан подачі гарячої води в СА ВРЦУК використано VALSTEAM ADCATrol V16/2 (рис. 2.6) [11-12].



Рис. 2.6. VALSTEAM ADCATrol V16/2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Двоходові сіделні регулюючі клапани V16/2 (DN 15 – DN 100)

ADCATrol
STEAM EQUIPMENT

Опис:

Клапани ADCATrol серії V16/2 - це серія односіделних двоходових регулюючих клапанів, розроблених для простих технологічних процесів і промислового застосування з некритичними умовами експлуатації.

Клапани можуть комплектуватися пневматичними, гідравлічними або електричними приводами для регулювання чи перекриття потоків.

Основні властивості:

- Надійна конструкція.
- Наявність направляючих по штоку (до DN 50) та штифта (від DN 65 до DN 100).
- Модульна конструкція для відповідності технологічним вимогам в залежності від області застосування.
- Параболічна конструкція плунжера.
- Кришка і плунжер клапана виготовлені з нержавіючої сталі.

Опції:

Сідло і плунжер зі стеліту.
Різні варіанти ущільнення штока включаючи модифікації з сільфоном.
Виконання з м'яким сідловим ущільненням або стелітовим.
Виконання з редукованим Kv.
Шумоглушник.

Робоче

середовище: Насичена і перегріта пара.
Гаряча і перегріта вода.
Повітря та інші гази.

Модифікації: V16/2G - корпус з високоміцного чавуну.
V16/2S - корпус із вуглецевої сталі.
V16/2I - корпус з нержавіючої сталі.

Типорозміри: DN 15 – DN 100.

Приєднання: V16/2G – Фланці згідно з EN 1092-2 PN 16.
V16/2S і V16/2I – Фланці EN 1092-1 PN 16 і PN 40.
Примітка: Стандартні фланці PN 16 DN 65 поставляються з 4 отворами. 8 отворів, згідно EN 1092-1/-2, по спецзамовленню.



Маркування CE - Група 2 (Європейська директива PED)

PN 16	PN 40	Категорія
DN 15 - DN 50	DN 15 - DN 32	SEP
DN 65 - DN 100	DN 40 - DN 100	1 (Промарковано PE)

Обмеження щодо застосування

Мод. V16/2G **		Модифікація V16/2S *				Модифікація V16/2I *			
Фланці PN 16		Фланці PN 16		Фланці PN 40		Фланці PN 16		Фланці PN 40	
Тиск, бар	Температура, °C	Тиск, бар	Температура, °C	Тиск, бар	Температура, °C	Тиск, бар	Температура, °C	Тиск, бар	Температура, °C
16	-10 / 50	16	-10 / 50	40	-10 / 50	16	-10 / 50	40	-10 / 50
14,7	200	16	200	40	200	13,4	200	33,7	200
13,9	250	15,6	250	35,2	300	12,7	250	29,7	300
12,8	300	14	300	32,3	350	11,8	300	28,5	350
11,2	350	12,9	350	29,5	400	11,4	350	27,4	400

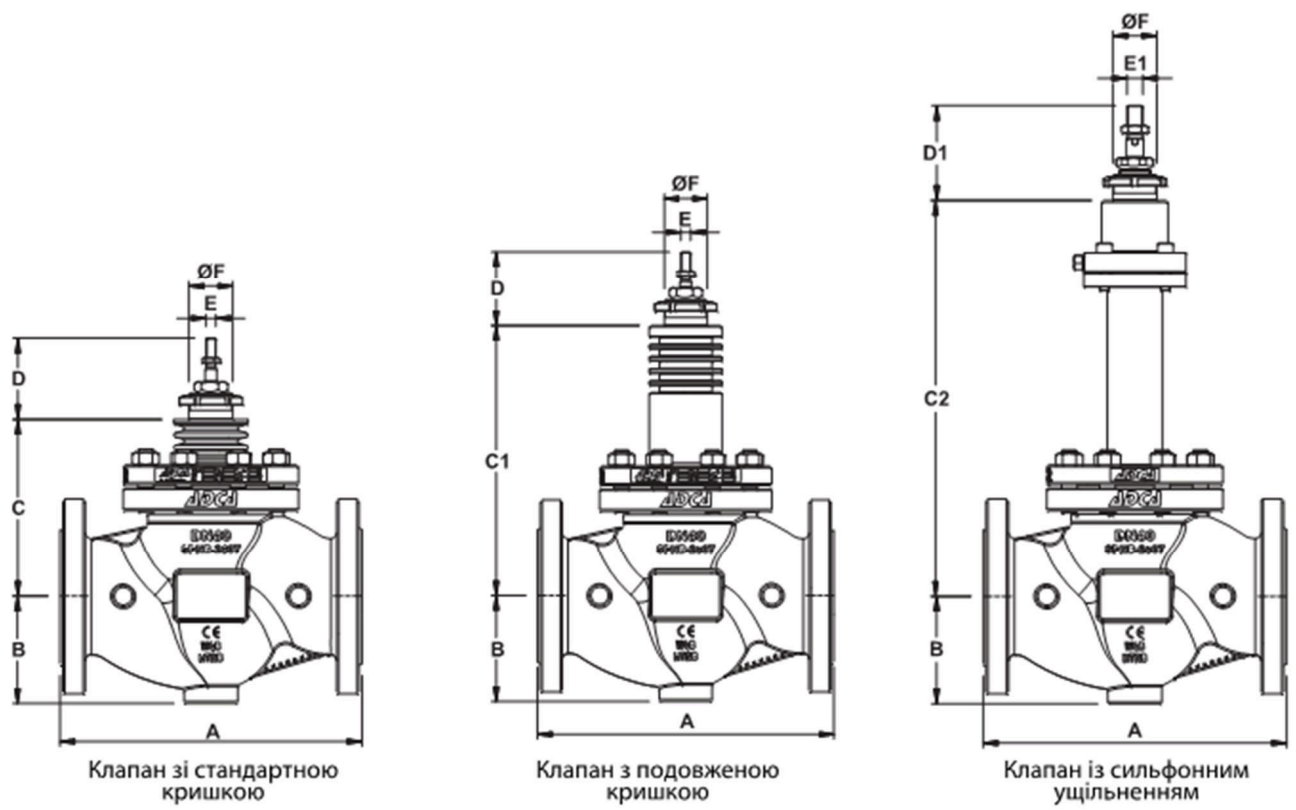
* Відповідно до EN1092-2:2018; ** Відповідно до EN1759-1:2004.

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

41



Габаритні розміри клапана, мм

Розмір	Типорозмір клапана								
	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65*	DN 80	DN 100
A	130	150	160	180	200	230	290	310	350
B	48	53	58	70	75	83	93	100	118
C	104	104	109	109	113	125	176	182	194
C1	169	169	189	189	193	215	276	282	314
C2	271	271	271	271	271	275	365	371	373
D	77								
E	M10 x 1								
F	M40 x 1,5						M45 x 1,5		

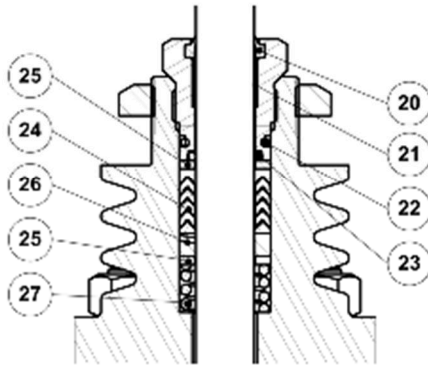
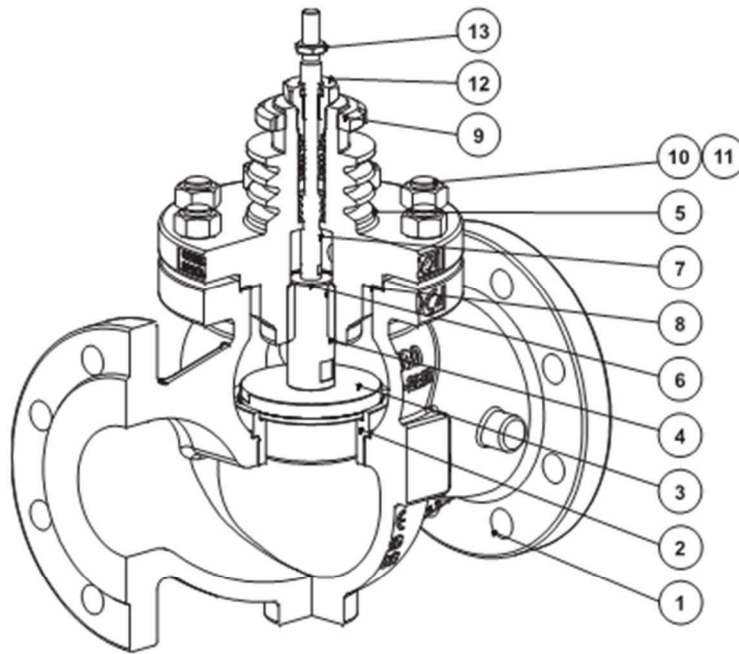
* Стандартні фланці PN 16 DN 65 поставляються з 4 отворами. 8 отворів, згідно EN 1092-1/-2, по спецзамовленню.

Маса клапана, кг

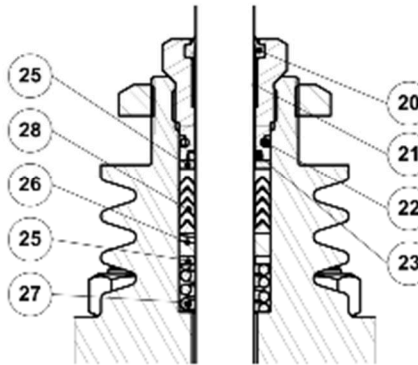
Модифікація	Типорозмір клапана								
	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
Стандартна	5,1	6	6,9	10	12,6	16,4	31,8	38,2	50,6
Подовжена	5,8	6,7	7,6	10,9	13,5	17,3	32,2	38,5	51,1
Ущл. сільфон	7,8	8,7	9,5	12,6	15,3	18,8	32,6	38,7	51,6

Максимально допустиме пускове зусилля, kN

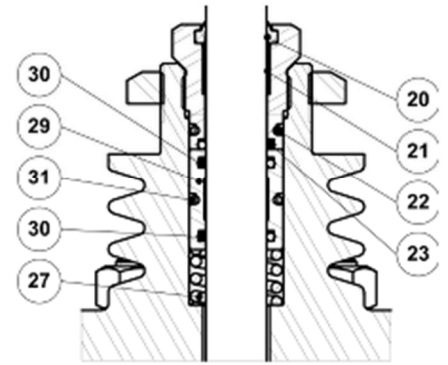
	Типорозмір клапана								
	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
Зусилля	12 кілоньютон (kN)								



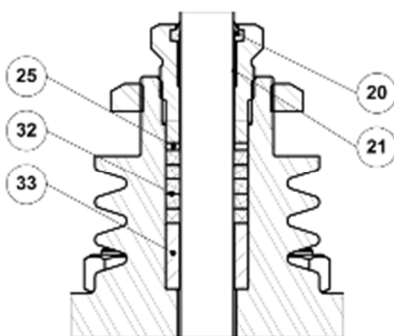
Шевронні манжети V-подібної форми з PTFE/Графіт (Тип V1.2)



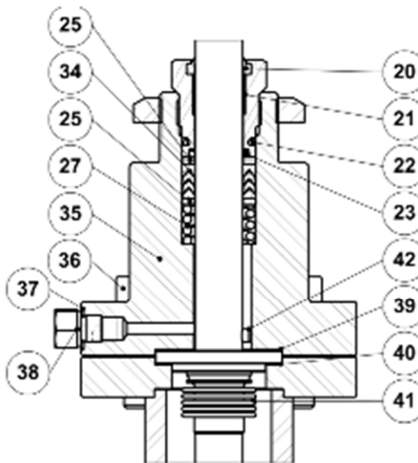
Шевронні манжети V-подібної форми з PTFE (Тип V2.2)



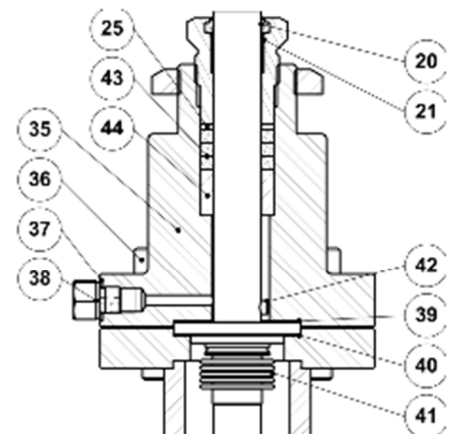
Сальник з EPDM (Тип EP1)



Сальник з графіту (Тип G1)



Сильфон з шевронними манжетами PTFE /Графіт (Тип BV1)



Сильфон з графітовим сальником (Тип BG1)

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

Специфікація матеріалів

Поз. №	Деталь	Матеріал	Запчастини
1	Корпус клапана (мод. V16/2G)	Високоміцний чавун GJS-400-15 / 0.7040	
	Корпус клапана (мод. V16/2S)	Вуглецева сталь A216 WCB / 1.0619	
	Корпус клапана (мод. V16/2I)	Нержавіюча сталь A351 CF8M / 1.4408	
2	Сідло	AISI 316L / 1.4404	X
3	Плунжер клапана	AISI 316L / 1.4404	X
4	Нижня напрямна штока	Бронза CB1	
5	Кришка	A351 CF8M / 1.4408	
6	Центруючий штифт (DN 65 – DN 100)	AISI 316L / 1.4404	X
7	Шток	AISI 316L / 1.4404	X
8	Прокладка кришки	Нержавіюча сталь / Графіт	X
9	Контргайка	A351 CF8 / 1.4308	
10	Гайки кришки (мод. V16/2G і V16/2S)	Сталь 8.8	
	Гайки кришки (мод. V16/2I)	Нержавіюча сталь A2-70	
11	Шпильки кришки (мод. V16/2G і V16/2S)	34CrNiMo6 / 1.6582	
	Шпильки кришки (мод. V16/2I)	Нержавіюча сталь A2-70	
12	Ущільнювальна гайка	AISI 303 / 1.4305	X
13	Контргайка	AISI 304 / 4.4301	
20	Брудознімальне кільце	Вітон	X
21	Втулка зісковження	Бронза / PTFE	X
22	Ущільнювальне кільце	EPDM	X
23	Ущільнювальне кільце	Вітон	X
24	Комплект шевронних ущільнень	PTFE ; PTFE з графітовим наповнювачем	X
25	Шайба	AISI 304 / 1.4301	
26	Напрямна штока	PTFE з наповнювачем з нержавіючої стали	X
27	Ущільнювальна пружина	AISI 302 / 1.4310	X
28	Комплект шевронних ущільнень	PTFE	X
29	Ущільнювальне кільце спрямовуючої штока	AISI 304 / 1.4301	
30	Ущільнювальне кільце	EPDM	X
31	Ущільнювальне кільце	EPDM	X
32	Набивка сальника	Розріджений графіт	X
33	Прокладка сальника	AISI 304 / 1.4301	
34	Комплект захисних ущільнень	PTFE з графітовим наповнювачем	X
35	Сильфона кришка (мод. V16/2G і V16/2S)	A105 / 1.0432; AISI 316 / 1.4401	
	Сильфона кришка (мод. V16/2I)	AISI 316 / 1.4401	
36	Болти кришки (мод. V16/2G і V16/2S)	Сталь EN 10269	
	Болти кришки (мод. V16/2I)	Нержавіюча сталь A2-70	
37	Прокладка кришки	Мідь	
38	Компресійний фітинг	AISI 316 / 1.4401	
39	Ущільнення	Нержавіюча сталь / Графіт	X
40	Ущільнення	Нержавіюча сталь / Графіт	X
41	Металевий сильфон	AISI 316Ti / 1.4571	X
42	Стопорний штифт	AISI 303 / 1.4305	X
43	Комплект захисних ущільнень	Розріджений графіт	X
44	Прокладка сальника	AISI 304 / 1.4301	

Вхідні в ремкомплект запчастини відзначені "X".

Примітка: Поставленні запчастини і опції оплачуються додатково.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Маркування V16/2 а)

Модель клапана	V1	2	G	S	1	U	1	1	1	E	FD	L	015
Двоходовий прохідний регулюючий сідельний клапан	V1												
Серія клапана													
Серія 2		2											
Матеріал корпусу													
Високоміцний чавун GJS-400-15 / 0.7040			G										
Вуглецева сталь A216 WCB / 1.0619			S										
Нержавіюча сталь A351 CF8M / 1.4408			I										
Виконання кришки													
Стандартна			S										
Подовжена			E										
Виконання затвору													
Незбалансований по тиску затвор з напрямним отвором					1								
Напрямок потоку													
Під плунжер						U							
На плунжер						O							
Ущільнення по штоку													
Шевронні манжети V-подібної форми з PTFE/Графіт (V1.2)							1						
Шевронні манжети V-подібної форми з PTFE (V2.2)							2						
Сальник графітовий (G1)							3						
Сальник з EPDM (EP1)							4						
Сильфон з нержавіючої сталі з шевронними манжетами з PTFE/Графіт (BV1)							8						
Сильфон з нержавіючої сталі з графітовим сальником (BG1)							9						
Виконання плунжера													
Параболічний								1					
Ущільнення клапана													
Метал по металу (Герметичність згідно Class IV)									1				
PTFE/Графіт (Герметичність згідно Class VI)										3			
З наплавленням ущільнювальних поверхонь з стеліту (Герметичність згідно Class IV)											4		
Регульовальна характеристика потоку													
Рівновідсоткова (EQP)										E			
Лінійна (PL)										L			
Коефіцієнт пропускної спроможності													
Kvs 4											FD		
У таблиці нижче вказано інші коди значень Kvs.													
Приєднання													
Фланці відповідно до стандарту EN 1092-1/-2 PN 16												L	
Фланці відповідно до стандарту EN 1092-1 PN 40												N	
Типорозміри													
DN 15													015
DN 20													020
...													
Спеціальні виконання / Додатково													
Повний опис або додаткові коди мають бути додані у разі нестандартної комбінації.													E

а) Розшифровка маркування тільки для клапана. Коди приводів див. у відповідній технічній документації.

Коди коефіцієнтів пропускної спроможності

Kvs	2,1	2,7	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160
Код	R2	R1	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FL	FM

2.2. Схема автоматизації

Схема автоматизації для системи автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) вказує на використанні технічні засоби автоматизації, що проводять контроль таких технологічних параметрів:

- температуру охолодженого повітря в трубопроводі вимірює датчик (поз. 2а);

регулюють таких технологічних параметрів:

- температуру збивання трюфельної суміші: датчик (поз. 1а) вимірює температуру, а ПЛК (промисловий логічний контролер) проводить регулювання подачею гарячої води з котельні клапаном (поз. 1в), яким управляє електричний привід (поз. 1б);
- витрату охолодженого повітря: вихровий витратомір (поз. 5а) вимірює витрату, а ПЛК проводить регулювання подачею охолодженого повітря двигуном (поз. М3), яким управляє частотний перетворювач (поз. 5б);
- швидкість обертів змішувача в збивальній машині: індуктивний датчик наближення (поз. 6а) вимірює швидкість обертів змішувача, а частотний перетворювач (поз. 6б) проводить регулювання обертів двигуна (поз. М6);
- швидкість обертів конвеєра: індуктивний датчик наближення (поз. 7а) вимірює швидкість обертів конвеєра, а частотний перетворювач (поз. 7б) проводить регулювання обертів двигуна (поз. М7);

управління двигунами:

- управління двигунами (поз. М4-М5) проводить ПЛК магнітними пускачами (поз. КМ4-КМ5).

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. 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	1а	по місцю	Термометр опору з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон виміру: -50...+200 °С, напруга живлення 24 В DC	OPTITEMP TRA-H61	2	KROHNE, Німеччина
2	1б	по місцю	Електричний привід ADCATrol EL20, 4-20 мА, Uживл.=24 V.	E20 4 X X X A1	1	Valsteam, Португалія
3	1в	по місцю	Регулюючий клапан ADCATrol V16/2, Ду = 50 мм	V1 2 G S 1 U 1 1 1 E F D L 050	1	Valsteam, Португалія
4	3а, 4а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м	Micropilot FMR50	2	Endress+Hauser, Швейцарія
5	5а	по місцю	Вихровий витратомір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон вимірювань 0-32 м ³ /год, напруга живлення 24 В DC	OPTISWIRL 2100	1	KROHNE, Німеччина

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
6	6а, 7а	по місцю	Індуктивний датчик наближення, напруга живлення 24В DC	Schneider Electric XSAV113 73	2	СВ Альтера, м. Київ
7	5б, 6б, 7б	на щиті	Частотний перетворювач діапазон потужності 0.55-90 кВт, напруга живлення 380В.	Lenze 8200 Vector	3	СВ Альтера, м. Київ
8	КМ1, КМ2, КМ3, КМ4	по місцю	Електромагнітне реле. 3 контакти. Напруга макс. 440В АС, струм комутації 20А.	relpol R3(N)- 2013-23- 5024- WTL	4	СВ «Альтера» м. Київ
9	М1, М2	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 2,2 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP 50- 240/2	2	Насос- Монтаж м. Київ
10	М3, М4, М5, М6, М7	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 1,5 кВт, напруга живлення 380В	AIP80A2	5	ООО "Систе- макс" м. Київ

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

3.1. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) задіяно промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric (SE) M340.

Конфігурація та опис модулів для ПЛК SE M340 в СА ВРЦУК приводиться на рис. 3.1 і в табл. 3.1.

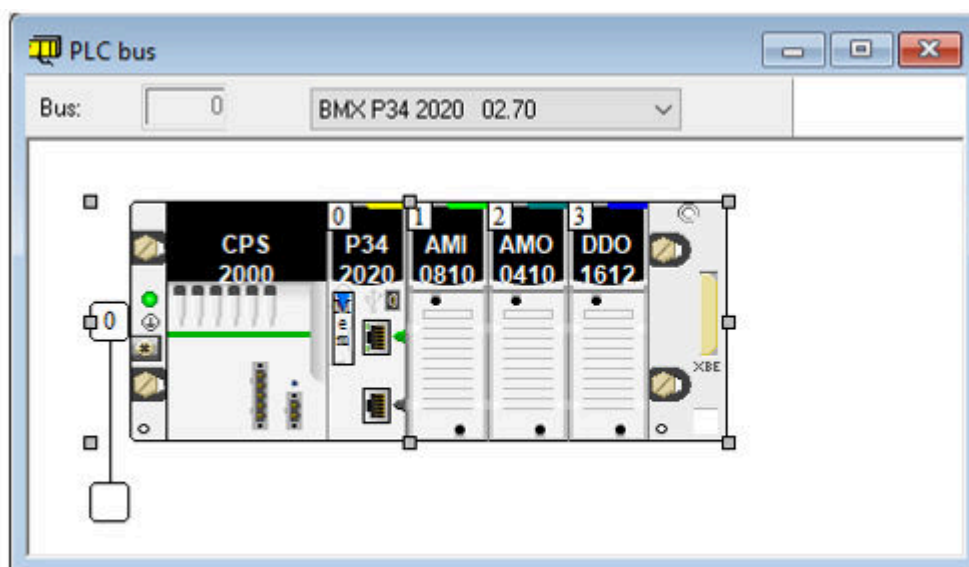


Рис. 3.1. Конфігурація модулів ПЛК SE M340 для СА ВРЦУК.

Таблиця 3.1. Модулі для ПЛК SE M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMXP342020	1	Процесор
BMXCPS2000	1	Блок живлення
BMXAMI0810	1	8 аналогових входів
BMXAMO4210	1	4 аналогових виходів
BMXDDO1602	1	16 дискретних виходів

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Науменко І.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Самойленко Ю.О.					49	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Схема підключення датчиків та виконавчих механізмів (ВМ) до ПЛК SE M340 для СА ВРЦУК включає такі компоненти і таку нумерацію провідників, що наведено в таблиці 3.2.

Таблиця. 3.2. Позначення в схемі.

Позначення	Опис
QF8-QF9	автоматичні 2-х фазні вимикачі з захистом від короткого замикання
QF5-QF7	автоматичні 3-х фазні вимикачі з захистом від короткого замикання
БЖ	блок живлення на 24 В постійного струму
800-849	провідники з змінним струмом
900-925	провідники з постійним струмом
100-108	провідники з сигналом вимірювання
200-211	провідники з сигналом управління

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру Контур регулювання температурою в збивальній машині

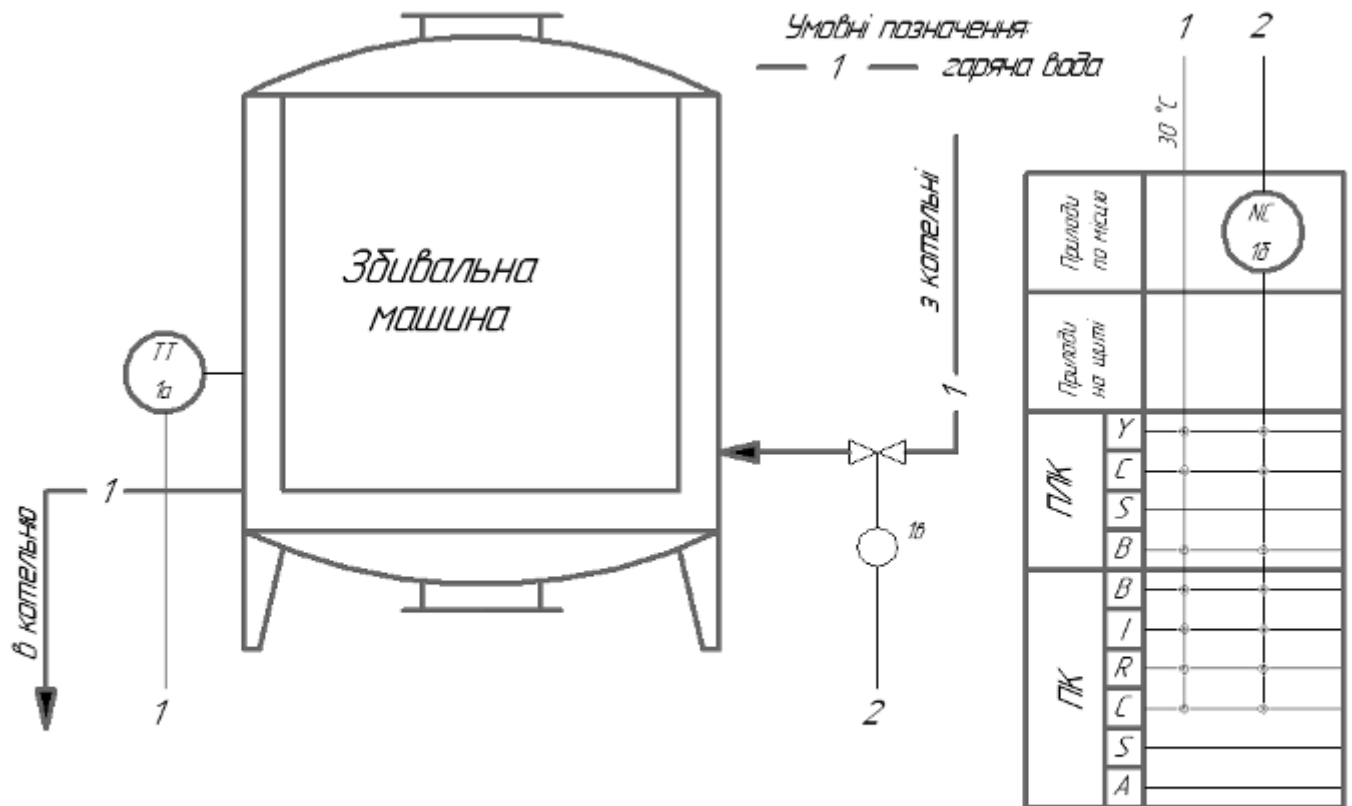


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання температурою в збивальній машині.

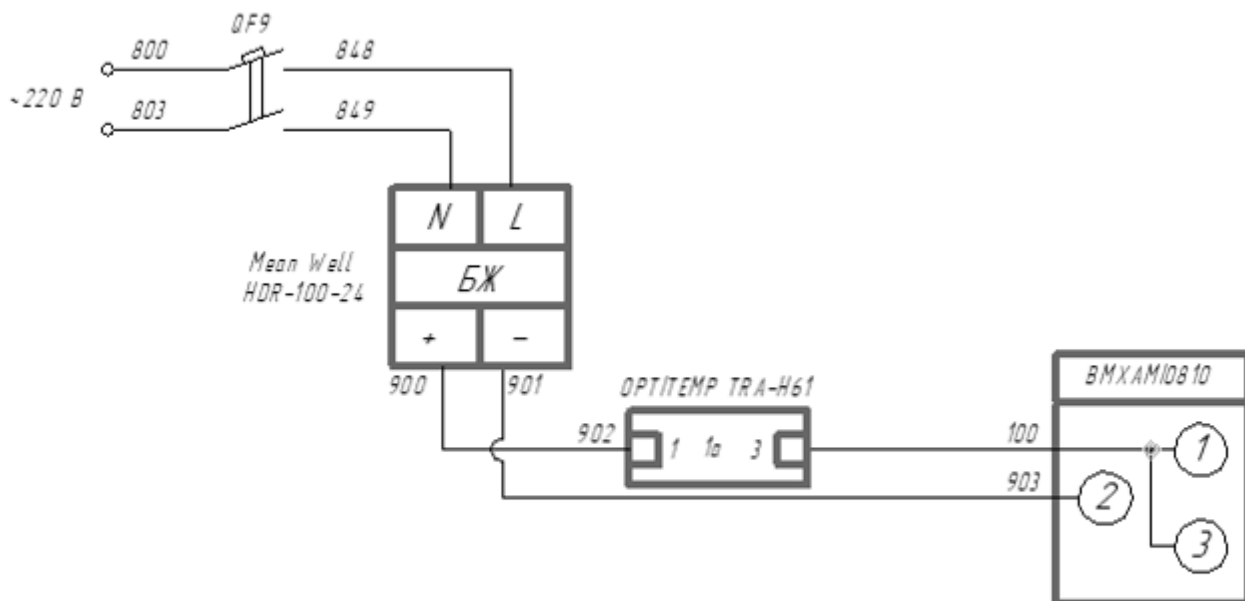


Рис. 3.3. Схема підключення OPTITEMP TRA-H61 до BMXAMI0810.

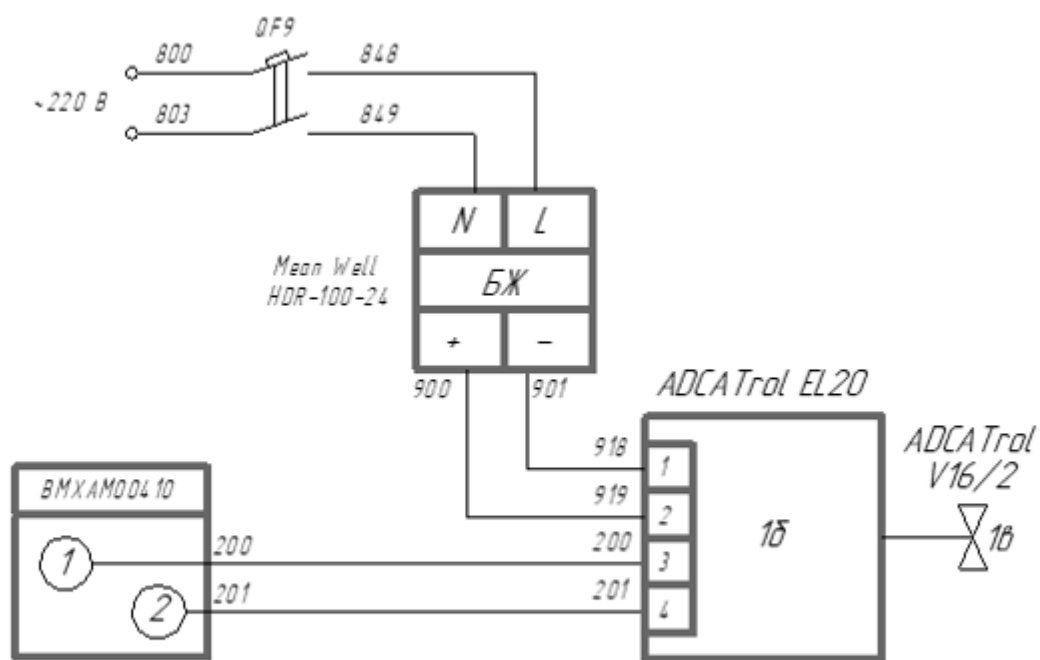


Рис. 3.4. Схема підключення електричного приводу ADCATrol EL20 до BMXAM00410.

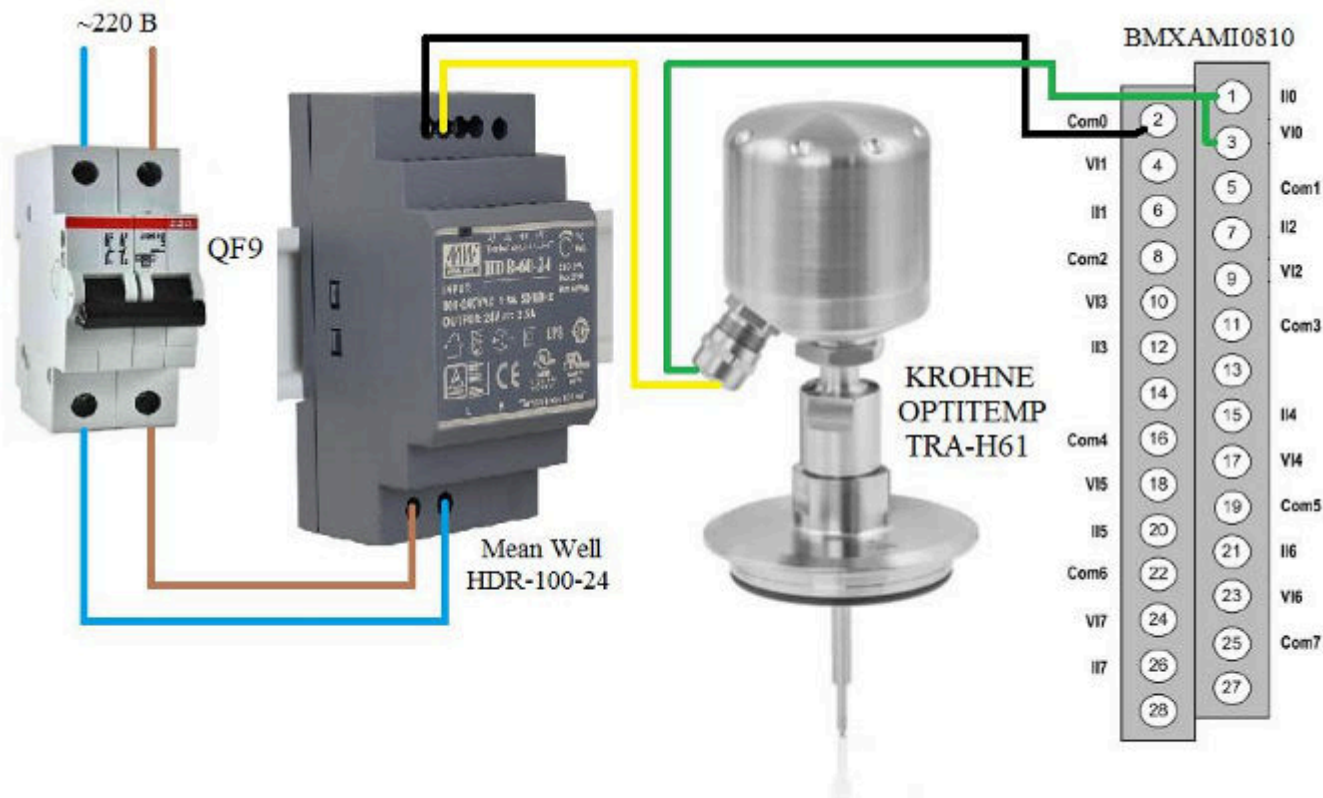


Рис. 3.5. Графічна схема підключення OPTITEMP TRA-H61 до BMXAMI0810.

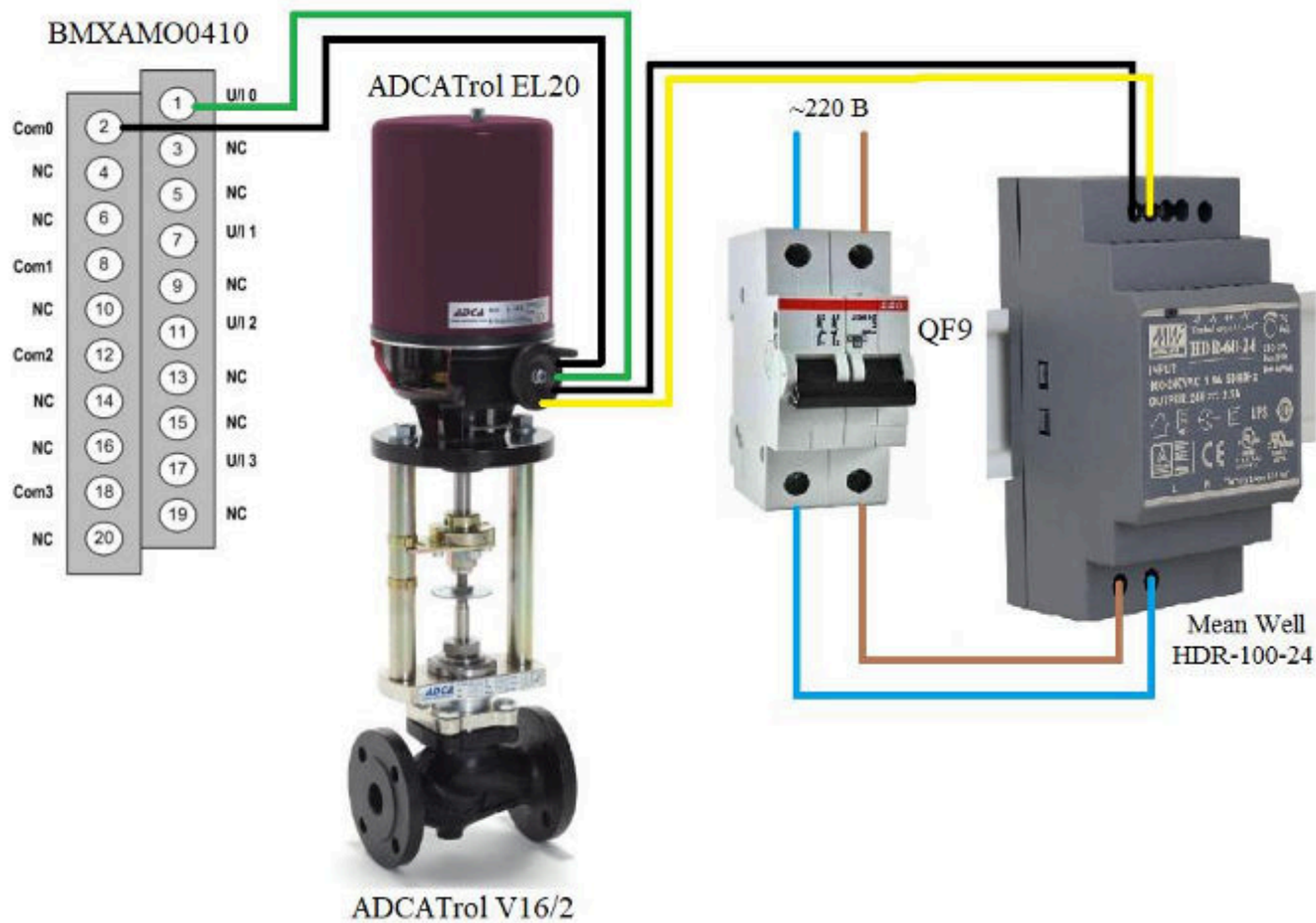


Рис. 3.6. Графічна схема підключення електричного приводу ADCATrol EL20 до BMXAMO0410

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Рівень в системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) вимірюється радарним рівнеміром Endress+Hauser (E+H) Micropilot FMR50 [13] (рис. 4.1).



Рис. 4.1. E+H Micropilot FMR50.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Науменко І.Ю.					55	5
Керівник		Самойленко Ю.О.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

E+H Micropilot FMR50 має наступні технічні дані:



Technical Information

Micropilot FMR50

Free space radar

Level measurement in liquids

Application

- Continuous, non-contact level measurement of liquids, pastes and slurries
- Encapsulated PVDF or PP clad horn antenna
- Maximum measuring range: 40 m (131 ft)
- Process temperature: -40 to +130 °C (-40 to +266 °F)
- Process pressure: -1 to +3 bar (-14.5 to +43.5 psi)
- Accuracy: ± 2 mm
- International explosion protection certificates; WHG; marine approvals
- Linearity protocol (3-point, 5-point)



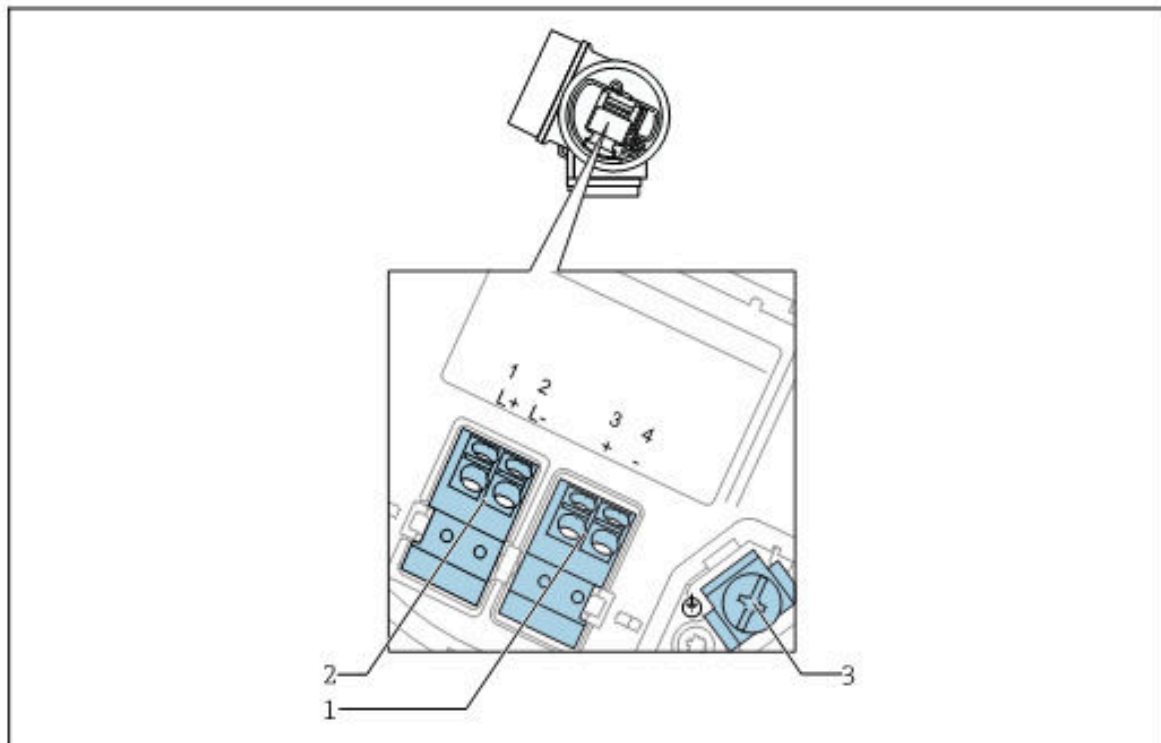
Your benefits

- Reliable measurement even for changing product and process conditions
- HistoROM data management for easy commissioning, maintenance and diagnostics
- Highest reliability due to Multi-Echo Tracking
- SIL2 according to IEC 61508, SIL3 in case of homogeneous or heterogeneous redundancy
- Seamless integration into control or asset management systems
- Intuitive user interface in national languages
- *Bluetooth*® wireless technology for commissioning, operation and maintenance via free iOS / Android app SmartBlue
- Easy proof test for SIL and WHG
- Heartbeat Technology™

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

Електричне підключення E+H Micropilot FMR50:

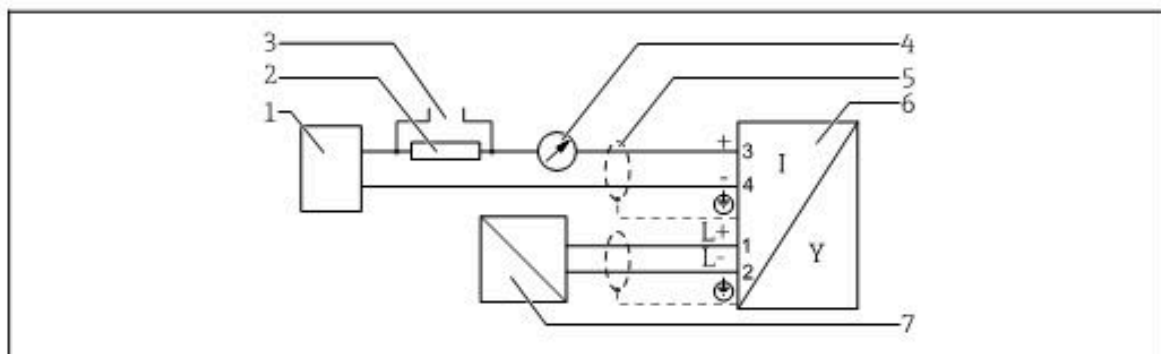
Terminal assignment 4-wire: 4-20 mA HART (10.4 to 48 V_{DC})



8 Terminal assignment 4-wire: 4-20 mA HART (10.4 to 48 V_{DC})

- 1 Connection 4-20 mA HART (active): terminals 3 and 4
- 2 Connection supply voltage: terminals 1 and 2
- 3 Terminal for cable screen

Block diagram 4-wire: 4-20 mA HART (10.4 to 48 V_{DC})

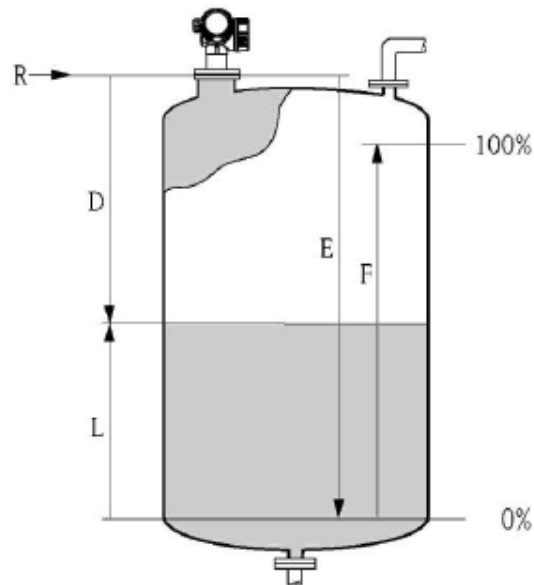


9 Block diagram 4-wire: 4-20 mA HART (10.4 to 48 V_{DC})

- 1 Evaluation unit, e.g. PLC
- 2 HART communication resistor ($\geq 250 \Omega$); observe maximum load
- 3 Connection for Commubox FXA195 or FieldXpert SFX350/SFX370 (via VIATOR Bluetooth modem)
- 4 Analog display device; observe maximum load
- 5 Cable screen; observe cable specification
- 6 Measuring device
- 7 Supply voltage; observe terminal voltage, observe cable specification

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Е+Н Micropilot FMR50 вимірює рівень в ємності за наступними розрахунками:



$$L = E - D$$

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

L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

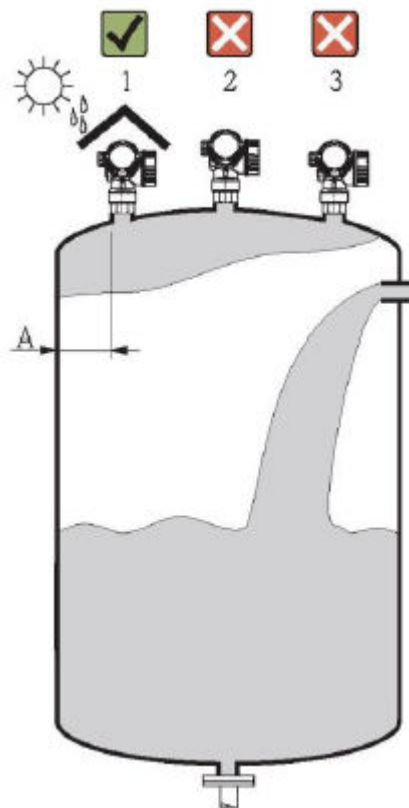
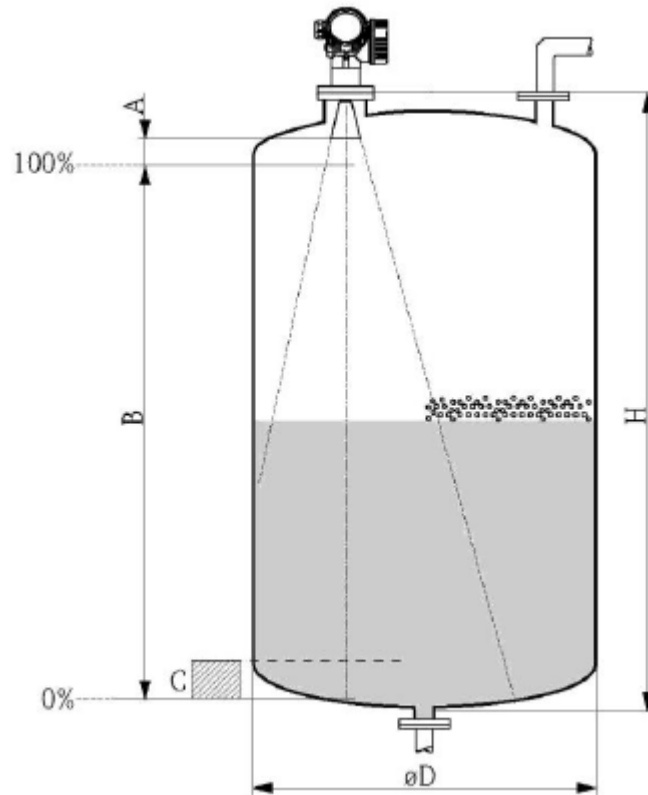
c – швидкість світла;

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

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

t – часом прийняття відбитого сигналу.

Е+Н Micropilot FMR50 монтується наступними чином:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

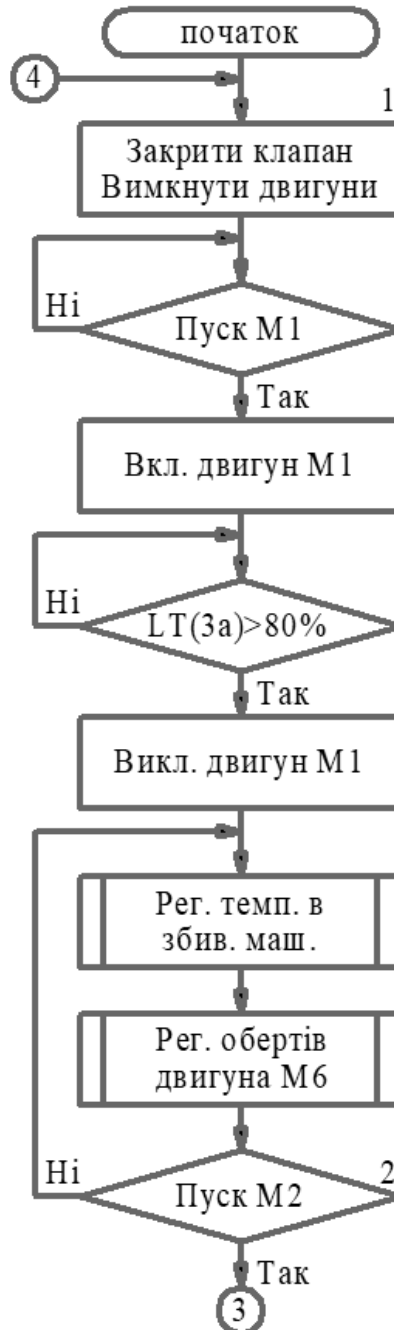
Кваліфікаційна робота

Арк.

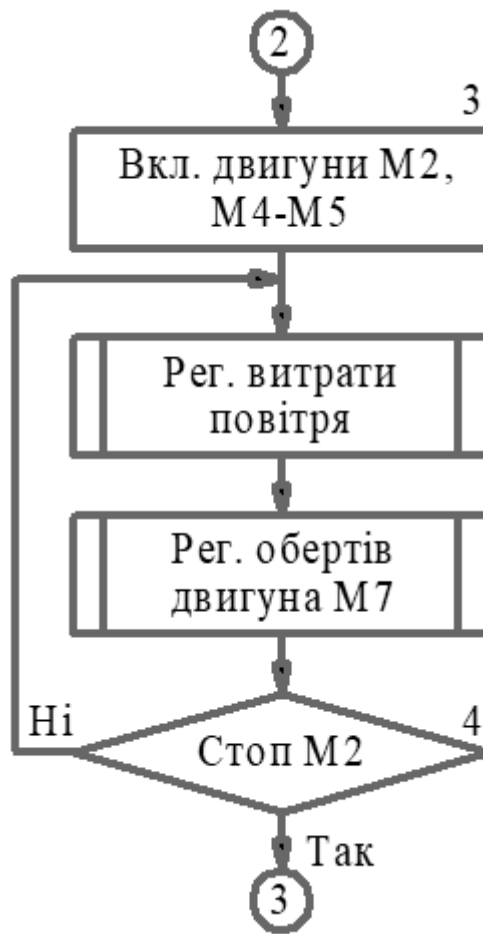
59

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

Процес виробництва цукерок в системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) описується таким алгоритмом:



					Кваліфікаційна робота							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.	Арк.	Науменко І.Ю.								60	6	
Керівник		Самойленко Ю.О.						НУХТ АК-4-1				
Зав. каф.		Смітюх Я.В.										
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.										



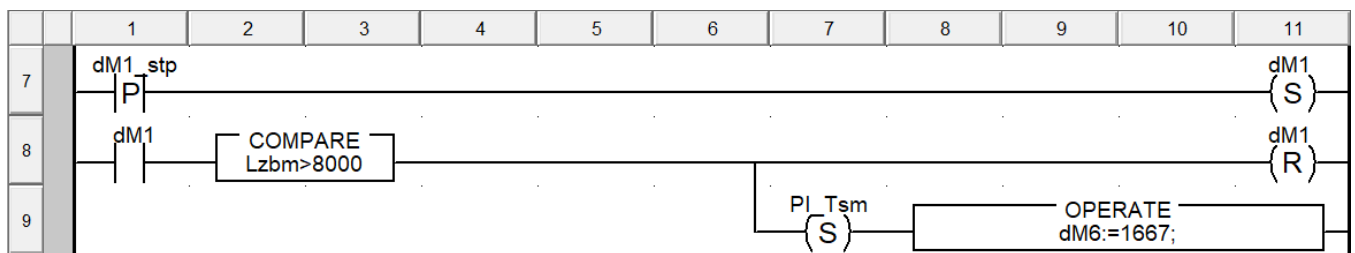
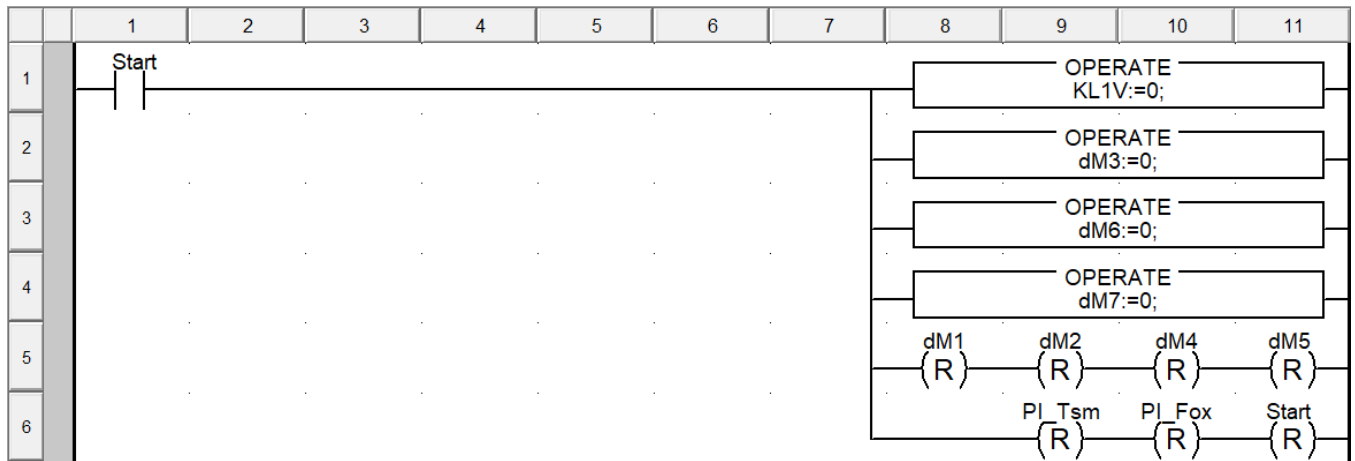
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

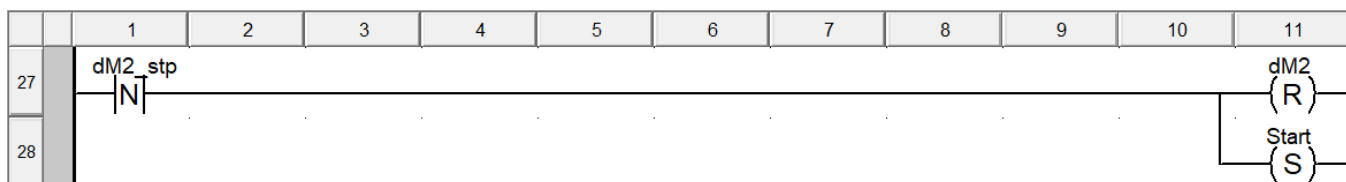
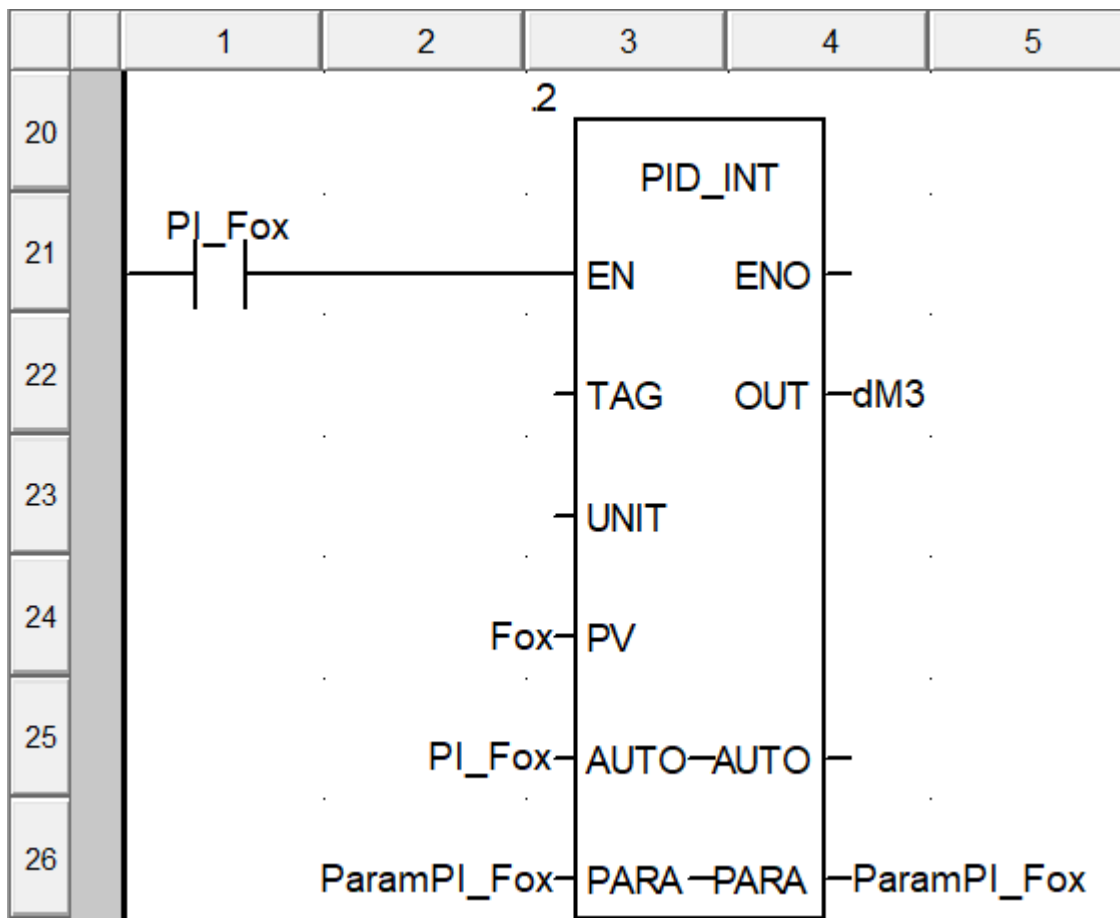
Написана програма для (ПЛК) (промислового логічного контролера)
використовує такі змінні:

Name	Type	Value	Address	Comment
Tsm	INT		%IW0.1.0	Температура труфельної суміші
Tox	INT		%IW0.1.1	Температура охолодження
Lzbn	INT		%IW0.1.2	Рівень в збивальній машині
Lvdsn	INT		%IW0.1.3	Рівень в відсаджувальній машині
Fox	INT		%IW0.1.4	Витрата охолоджувального повітря
Start	EBOOL	1	%M0	Початок
dM1_stp	EBOOL		%M1	Команда старт/стоп насоса M1
dM2_stp	EBOOL		%M2	Команда старт/стоп насоса M2
dM4_stp	EBOOL		%M4	Команда старт/стоп двигуна M4
dM5_stp	EBOOL		%M5	Команда старт/стоп двигуна M5
PI_Tsm	EBOOL		%M8	Пуск/стоп ПІ-регулятора температури труфельної суміші
PI_Fox	EBOOL		%M9	Пуск/стоп ПІ-регулятора витрати охолоджувального повітря
ParamPI_Tsm	ARRAY[0..43] OF INT		%MW0	Параметри ПІ-регулятора температури труфельної суміші
ParamPI_Fox	ARRAY[0..43] OF INT		%MW44	Параметри ПІ-регулятора витрати охолоджувального повітря
dM1	EBOOL		%Q0.3.0	Двигун насоса M1
dM2	EBOOL		%Q0.3.1	Двигун насоса M2
dM4	EBOOL		%Q0.3.2	Двигун M4
dM5	EBOOL		%Q0.3.3	Двигун M5
KL1V	INT		%QW0.2.0	Клапан подачі холодоагенту
dM3	INT		%QW0.2.1	Двигун M3
dM6	INT		%QW0.2.2	Двигун M6
dM7	INT		%QW0.2.3	Двигун M7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мова програмування Ladder Diagram (LD) використана при написанні програма для ПЛК:





Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Контролювати та регулювати технологічним процесом виробництва цукерок в системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) можливо через дисплейну мнемосхему оператора розроблену в програмному середовищі Citect SCADA. В процесі розробки дисплейну мнемосхему оператора використані змінні, перелік яких наводиться 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
Tsm	%IW0.1.0	0	10000	-50	250	INT
Tox	%IW0.1.1	0	10000	-50	200	INT
Lzbm	%IW0.1.2	0	10000	0	30	INT
Lvdsm	%IW0.1.3	0	10000	0	30	INT
Fox	%IW0.1.4	0	10000	0	32	INT
KL1V	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
dM3	%QW0.2.1	0	10000	0	3000	INT
dM6	%QW0.2.1	0	10000	0	3000	INT
dM7	%QW0.2.1	0	10000	0	3000	INT
dM1	%Q0.3.0	0	1	0	1	EBOOL
dM2	%Q0.3.1	0	1	0	1	EBOOL
dM4	%Q0.3.0	0	1	0	1	EBOOL
dM5	%Q0.3.1	0	1	0	1	EBOOL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Науменко І.Ю.			Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Самойленко Ю.О.				66	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
					<i>Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок</i>		

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7
PI_Tsm	%M8	0	1	0	1	EBOOL
PI_Fox	%M9	0	1	0	1	EBOOL
dM1_stp	%M1	0	1	0	1	EBOOL
dM2_stp	%M2	0	1	0	1	EBOOL
dM4_stp	%M4	0	1	0	1	EBOOL
dM5_stp	%M5	0	1	0	1	EBOOL
Start	%M0	0	1	0	1	EBOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Для СА ВРЦУК дисплейна мнемосхема оператора, що була розроблена в програмному середовищі Citect SCADA демонстрація її приведена на рис. 6.1.

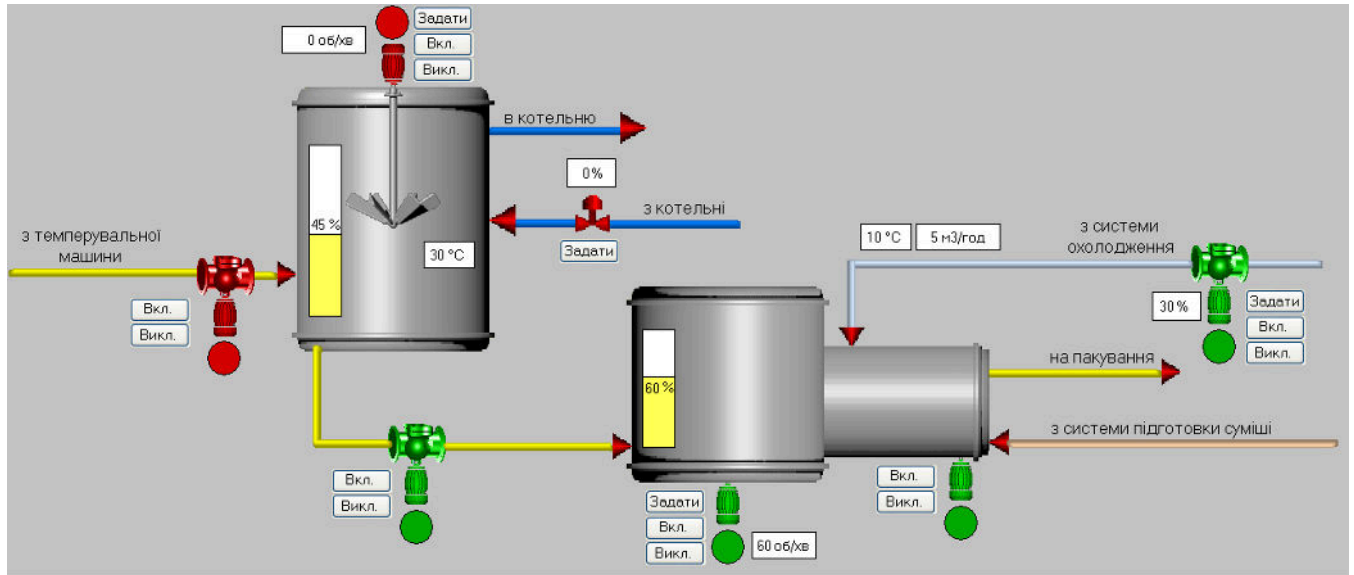


Рис. 6.1. Дисплейна мнемосхема оператора СА ВРЦУК.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

В температуру трюфельної суміші в збивальній машині в системі автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК) необхідно витримувати на позначці 10 °С (рис. 7.1). Задіємо ПІ-регулятор для регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині.

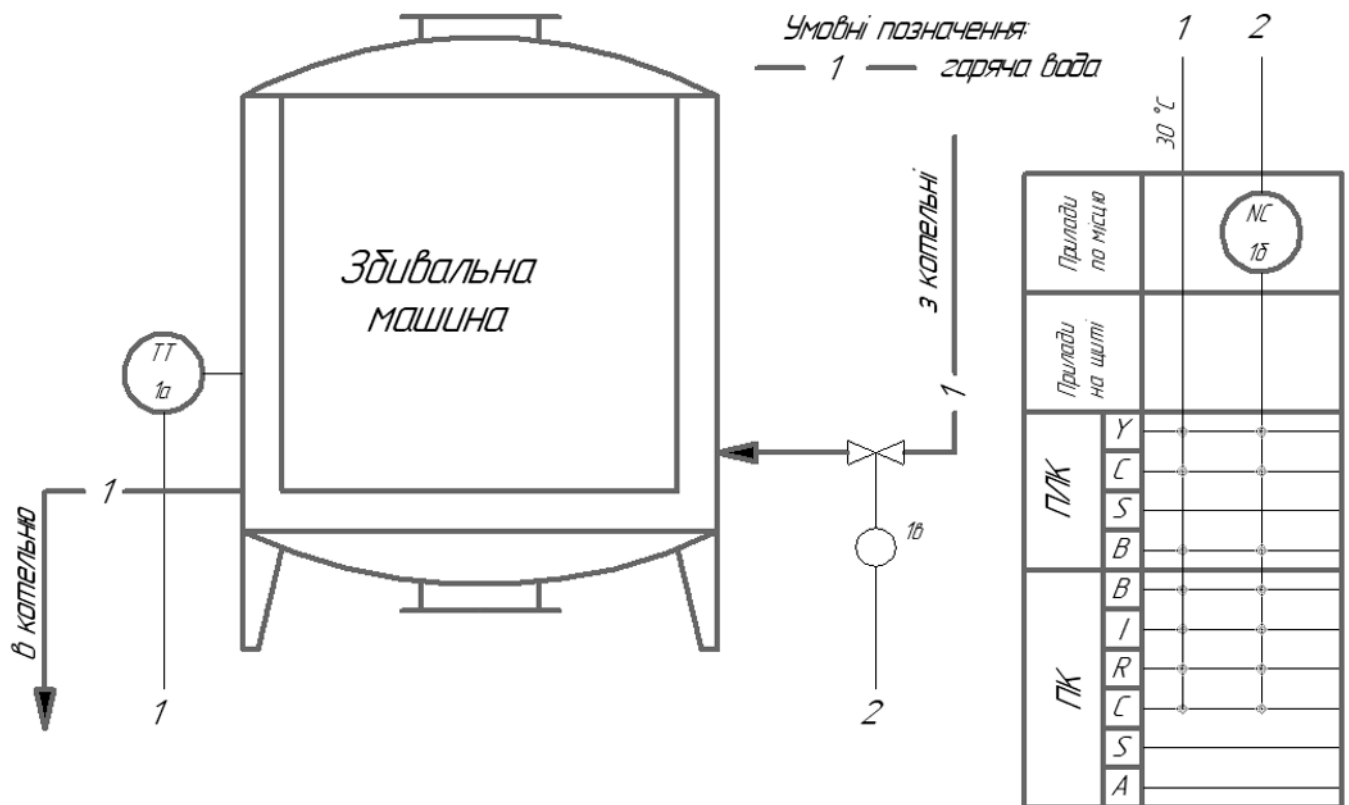


Рис. 7.1. Контур регулювання температури в трюфельній суміші.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: необхідно знайти для ПІ-регулятора його ОПН (оптимальні параметри настройки) для забезпечення оптимального перехідного процесу при регулюванні температури трюфельної суміші в збивальній машині.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Науменко І.Ю.			Літ.	Арк.	Аркушіє
Керівник		Самойленко Ю.О.				69	6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
Розробка системи автоматизації процесу виробництва цукерок							

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Контур регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині, як об'єкта регулювання, можливо описати такою параметричною схема:



- $z(t)$: початкова температура трюфельної суміші, °С, T_{smp} (рис.7.2);
- $u(t)$: % ходу регулюючого органу (% Х.Р.О.) клапану подачі гарячої води, U_{kl_hv} (рис. 7.2);
- $y(t)$: температура трюфельної суміші, °С.

Модель для контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині (рис. 7.2) складається з таких передавальних ланок:

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} \text{ - аперіодична ланка;}$$

$$W(s) = e^{\tau_{zn}s} \text{ - ланка запізнювання.}$$

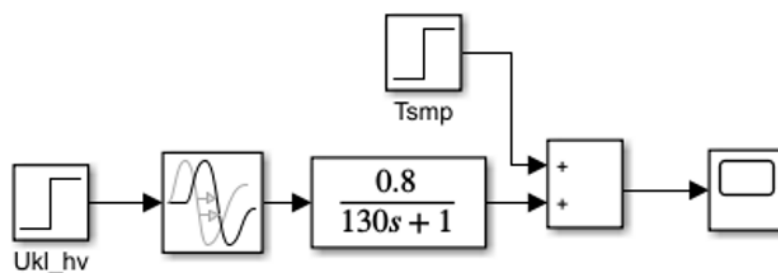


Рис. 7.2. Модель для контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині.

7.3. Моделювання САР

Обравши процес з мінімальним часом регулювання [14] для розрахунку ОПН для ПІ-регулятора в контурі регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині:

Закон регулювання	Критерій		
	Процес з мінімальним часом регулювання	Процес з 20% пере регулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливань	Процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою
I	$\dot{k}_{p1} = \frac{1}{4.5 k_{об} T}$	$\dot{k}_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$	$\dot{k}_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$
II	$k_p = \frac{0.3T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.9T}{k_{об} \tau}$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$
III	$k_p = \frac{0.6T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 0.7T$
ПД	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_\delta = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$

Проведемо розрахунки ОПН для ПІ-регулятора обраним методом:

$$k_{об} = 0,8; T = 130; \tau_{зп} = 10;$$

$$k_p = (0,6 * 130) / (0,8 * 10) = 9,75;$$

$$T_i = T_{об} = 130; k_i = k_p / T_i = 9,75 / 130 = 0,08.$$

Значення отримані при проведенні розрахунків підставимо в модель контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині з ПІ-регулятором (рис. 7.3).

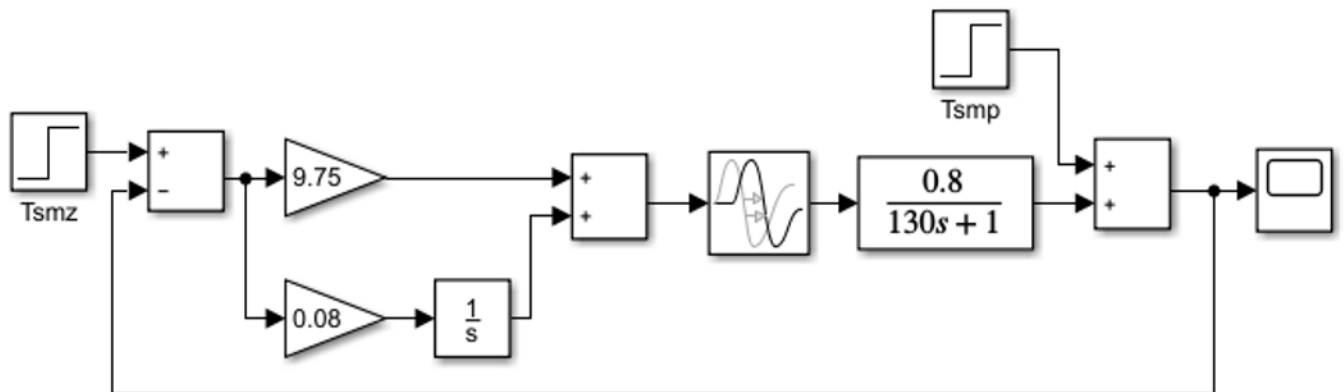


Рис. 7.3. Модель контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині з ПІ-регулятором.

Перехідний процес з отриманими значення ОПН для ПІ-регулятора приведено на рис. 7.4.

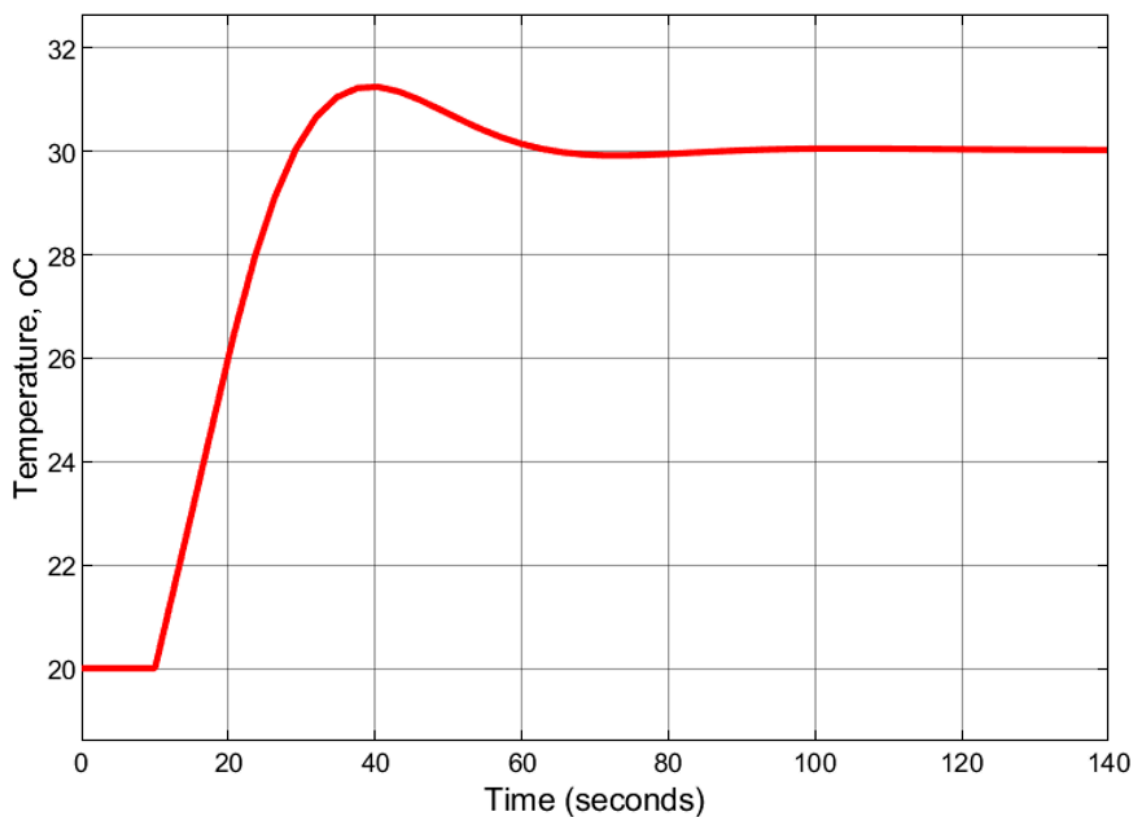


Рис. 7.4. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Комп'ютерним моделюванням системи автоматичного регулювання (САР) для контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині розраховано ОПН ПІ-регулятора методом: процес з мінімальним часом регулювання. Отримані наступні значення ОПН ПІ-регулятора:

- отриманий коефіцієнт підсилення (k_p) дорівнює: 9,75;
- розрахований час інтегрування (T_i) дорівнює: 130;
- отриманий коефіцієнт інтегрування (k_i) дорівнює: 0,08.

Розраховані ОПН ПІ-регулятора забезпечили мінімальний час перехідного процесу, тобто часу регулювання, який складає 100 секунд.

Отриманий перехідний процес з мінімальним часом регулювання забезпечив вихід температури трюфельної суміші в збивальній машині на задане значення за мінімальний час та динамічної похибки та відсутності перерегулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Кваліфікаційна робота бакалавра розглядає розробку системи автоматизації процесу виробництва цукерок (СА ВРЦУК).

В СА ВРЦУК задіяно від виробника Schneider Electric промисловий логічний контролер М340.

Дисплейна мнемосхема оператора для контролю і управління процесом виконана в програмному середовищі Citect SCADA.

Комп'ютерним моделюванням системи автоматичного регулювання (САР) для контуру регулювання температури трюфельної суміші в збивальній машині розраховано ОПН ПІ-регулятора методом, що забезпечили мінімальний час перехідного процесу, тобто часу регулювання, який складає 100 секунд.

Розроблена система автоматизації процесу виробництва цукерок з використанням новітніх технічних засобів забезпечила проходження технологічного процесу збивання трюфельної маси, відсаджування, охолодження та глазурування на оптимальному рівні, що дозволяє знизити витрати енергоресурсів та втрати продуктів, з яких виробляються цукерки, що в свою чергу забезпечує збільшення прибутковості процесу виробництва цукерок.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						74
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

1. ТЕХНОЛОГІЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Chemical-technology-of-food-productsLectures8.pdf>
2. Технологія кондитерських виробів: навчальний посібник для самостійного вивчення курсу [Електронний ресурс] / укл.: З.І. Кучерук, Н.В. Шматченко. – Електрон. дані. – Х.: ХДУХТ, 2020. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/6965/1/Condit_%20technology_20.pdf
3. OPTITEMP TRA-H6X/-C6X. Handbook. URL: https://cdn.krohne.com/pick2/tagged_docs/MA_OPTITEMP-TRA-H6x_C6x_en_210111_4007759202_R02.pdf?_gl=1*_bpud56*_gcl_au*Nzg3MzYxMzcwLjE3NDgwNzUwMTY.*_ga*NTY5Mzc5ODM5LjE3NDgwNzUwMTc.*_ga_421N83KHP8*czE3NDgwNzUwMTcjbzEkZzEkdDE3NDgwNzYzMDgkajAk bDAkaDA.
4. OPTITEMP TRA-H6X/-C6X. Quick Start. URL: https://cdn.krohne.com/pick2/tagged_docs/QS_OPTITEMP-TRA-H6x-C6x_en_220613_4007977603_R03.pdf?_gl=1*_mfsmg2*_gcl_au*Nzg3MzYxMzcwLjE3NDgwNzUwMTY.*_ga*NTY5Mzc5ODM5LjE3NDgwNzUwMTc.*_ga_421N83KHP8*czE3NDgwNzUwMTcjbzEkZzEkdDE3NDgwNzYzMjMkajAk bDAkaDA.
5. KROHNE OPTISWIRL 2100. Handbook. URL: https://cdn.krohne.com/pick2/tagged_docs/MA_OPTISWIRL2100_en_230712_4007600704_R04.pdf?_gl=1*_1cui06i*_gcl_au*Nzg3MzYxMzcwLjE3NDgwNzUwMTY.*_ga*NTY5Mzc5ODM5LjE3NDgwNzUwMTc.*_ga_421N83KHP8*czE3NDgwNzUwMTcjbzEkZzEkdDE3NDgwNzc3MTIkajAk bDAkaDA.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

6. KROHNE OPTISWIRL 2100. Quick Start. URL:
https://cdn.krohne.com/pick2/tagged_docs/QS_OPTITEMP-TRA-H6x-C6x_en_220613_4007977603_R03.pdf?_gl=1*_mfsmg2*_gcl_au*Nzg3MzYxMzcwLjE3NDgwNzUwMTY.*_ga*NTY5Mzc5ODM5LjE3NDgwNzUwMTc.*_ga_421N83KHP8*czE3NDgwNzUwMTcckbzEkZzEkdDE3NDgwNzYzMjMkajAkbDAkaDA.
7. Inductive proximity sensors XS range. Catalogue. URL:
https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalogue+Inductive+proximity+sensors+XS+range.pdf&p_Doc_Ref=DIA4ED2150801EN
8. Lenze 8200 Vector. URL:
<https://inverterdrive.com/file/lenze-8200-technical-manual>
9. Лінійні електричні приводи ADCA EL. URL:
<https://primatrading.com.ua/product/linear-electric-actuators-adcatrol-el>
10. Лінійні електричні приводи EL (1,2 кН - 25 кН). URL:
https://primatrading.com.ua/uploads/catalog/files/162/EL_ADCA.pdf
11. Двоходовий сідельний регулюючий клапан ADCA V16/2i. URL:
<https://primatrading.com.ua/product/two-way-globe-control-valves-adcatrol-v16-2i-flanged>
12. Двоходові сідельні регулюючі клапани V16/2 (DN 15 – DN 100). URL:
https://primatrading.com.ua/uploads/catalog/files/137/V16-2_ADCA.pdf
13. Technical Information Micropilot FMR50. URL:
https://bdih-download.endress.com/files/DLA/005056A500261EDAB3AE253EBD437B53/TI01039FEN_1020.pdf

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

14. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.
15. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітньо-професійної програми "Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації" денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад.: І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка; Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2022. – 96 с. – каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління. – Режим доступу:
<https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=410419>
16. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
17. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
18. 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.
19. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
20. 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.
21. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
23. 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.
24. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
25. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
26. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. 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.
33. 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.
34. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
35. 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.
36. 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 Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.
37. 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.
38. 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.
39. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
40. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

41. 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)
42. 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.
43. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
44. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
45. 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
46. 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.
47. 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.
48. 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.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

49. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
50. 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.
51. 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>	<i>Арк.</i>
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		