

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

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

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

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

«8» лютого 2022 р.

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

«8» лютого 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі  
з електронідогрівом

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

\_\_\_\_\_ Підлужний Сергій Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2022 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. зав. кафедри АКТСУ

\_\_\_\_\_ Я.В.Смітюх

«11» листопада 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Підлужному Сергію Сергійовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електронідегривом*

керівник роботи *к.т.н. доц. Романов Микола Сергійович*

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи «15» лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи

*Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

*Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.*

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 11 листопада 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Підлужний С.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Романов М.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом.

Система автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом виконана на базі промислового логічного контролера Schneider Electric M340.

Окремо розглянуто монтаж технічного засобу автоматизації – датчик вологості KOBOLD AFK-G.

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

Проведено комп'ютерне моделювання процесу регулювання температури в шафі вистоювання для знаходження оптимальних параметрів налаштування ПП-регулятора.

**Ключові слова:** тісто, процес, вистоювання, автоматизація, M340, KOBOLD AFK-G.

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

## Annotation

The qualification work describes the development of a system for automating the process of dough aging in an electrically heated cabinet.

The system of automation of the process of dough aging in an electrically heated cabinet is made on the basis of the industrial logic controller Schneider Electric M340.

Installation of technical means of automation – humidity sensor KOBOLD AFK-G is considered separately.

Citect SCADA 2015 was used to develop a display mnemonic for the operator's automated workstation (AWS).

Computer simulation of the temperature control process in the aging cabinet was performed to find the optimal settings of the PI controller.

**Keywords:** dough, process, aging, automation, M340, KOBOLD AFK-G.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації</b> .....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	17
<b>Розділ 2. Система автоматизації</b> .....	18
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	18
2.2. Схема автоматизації.....	43
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	44
<b>Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення</b> .....	46
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	46
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	47
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	48
<b>Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів</b> .....	51
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	54
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	57
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	57
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	58
<b>Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання</b> .....	59
7.1. Постановка задачі дослідження.....	59
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	60
7.3. Моделювання САР.....	61
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	63
<b>Висновки</b> .....	64
<b>Список використаної літератури</b> .....	65

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

## Вступ

Процес вистоювання тіста відіграє важливу роль при виробництві хлібу. Оскільки саме від процесу вистоювання залежить наступний процес – процес випікання.

При дотриманні технологічних вимог під час процесу вистоювання тіста при випіканні хлібу отримується продукт високої якості.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом для оптимального проходження даного технологічного процесу і отримання в подальшому продукції високої якості.

Задіяння точних технічних засобів автоматизації дозволить зменшити витрату енергоресурсів, що в подальшому зменшить собівартість готового продукту, а це в свою чергу призведе до збільшення прибутковості виробництва.

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

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Процес вистоювання – це період інтенсивного бродіння тіста у вигляді сформованих тістових заготовок перед початком випічки з метою його розпушення та створення необхідного об'єму.

Готовність тіста до випічки в основному визначається органолептично на основі зміни його обсягу, форми та інших властивостей. Ці властивості визначають легким натисканням зволоженого пальця на поверхню заготовки з тіста. Вистоювання поділяють на: недостатнє, нормальне та надлишкове вистоювання.

Процес вистоювання зазвичай проводять в камерах чи конвеєрних шафах при атмосфері вологого та теплого повітря за температури 40–45 °С та відносної вологості 75–85%. Вища температура сприяє інтенсивному газоутворенню в тісті. Вища відносна вологість повітря не дає звітруватися поверхні тістових заготовок.

При вистоюванні в атмосфері з недостатньою вологістю на поверхні тістових заготовок утворюється суха плівка, що під тиском газів бродіння розривається, кірка такого хліба потім має розриви і тріщини. При досягненні достатнього зволоження верхній шар тіста стає еластичним та легко може розтягується від дії оксиду вуглецю.

Тривалість процесу вистоювання від 25 до 120 хвилин та залежить від маси тістових заготовок, також від умов вистоювання, використаної рецептури тіста, від властивостей та виду борошна та багатьох інших факторів. Чим більша маса тістових заготовок, тим довше проходить процес вистоювання.

					<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>Підлужний С.С.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Романов М.С.</i>				8	10
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Параметри процесу вистоювання, що рекомендовані для отримання продукції стандартної якості, наведені в розроблених інструкціях на різні сорти хліба та хлібобулочних виробів з житнього борошна та пшеничного борошна.

При підвищенні температури та відносної вологості повітря скорочується тривалість процесу вистоювання. При підвищенні температури більше 40 °С відбувається негативний вплив на дріжджі та знижується процес газоутворення. Вологість повітря при цьому не повинна бути вищою 85 %, так як тісто може прилипати до дощечок та касет в шафі вистоювання.

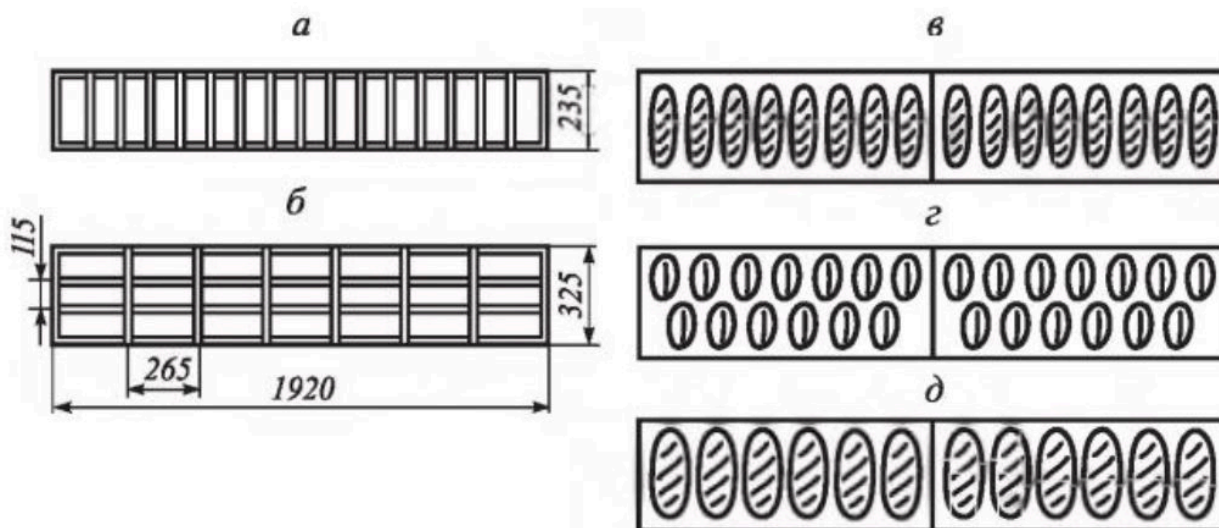
Шафи вистоювання поділяють на *універсальні* та *спеціалізовані*.

**Універсальні шафи вистоювання.** Універсальні шафи вистоювання мають люльки для вистоювання тістових заготовок.

Набули популярності наступні універсальні шафи вистоювання:

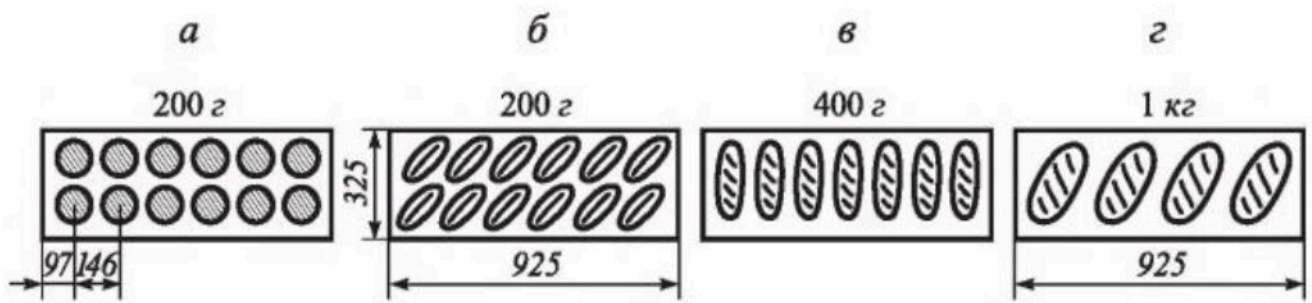
- Т1-ХР-2А з 30, 48 та 82 робочих люльок;
- Т1-ХРГ з 30 та 50 робочих люльок.

Порядок установки форм та порядок вкладання тістових заготовок на листи та в люльки вказано на рис. 1.1-1.2.



а – при рамкових люльок, пристосованих для форм; б – при завантаженні форм на під розміром 1920×350 мм; в – укладання батонів масою 0,4-0,5 кг; г – укладання міських булок масою 0,2 кг; д – укладання батонів масою 0,8 кг.

Рис. 1.1. Порядок установки форм та порядок вкладання тістових заготовок в люльки.



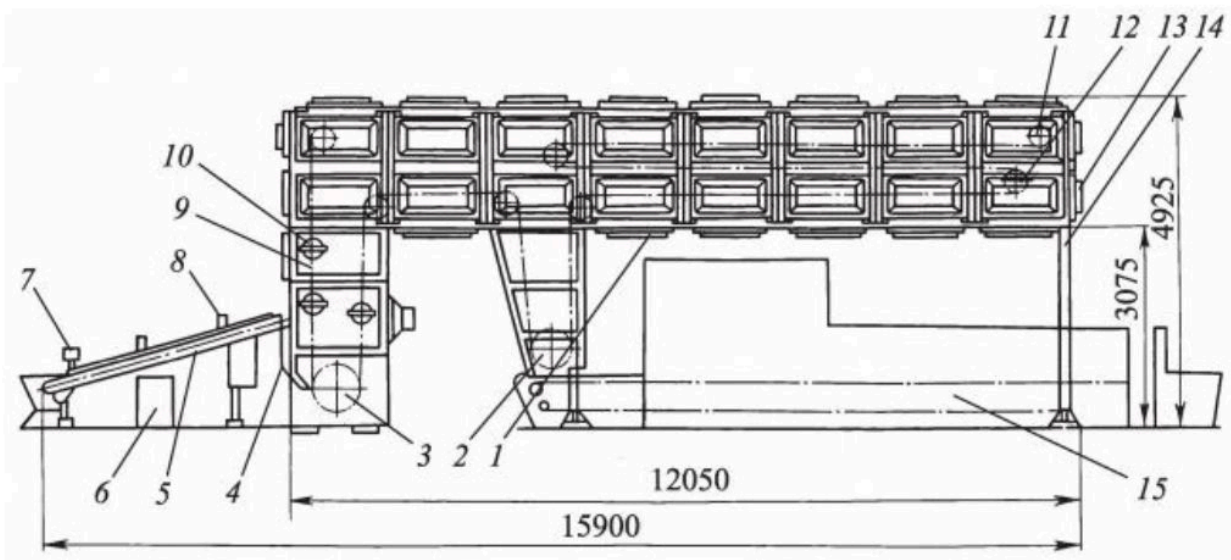
а – круглі булки масою 0,2 кг; б – міські булки масою 0,2 кг; в – батони масою 0,4-0,5 кг; г – батони масою 0,8 кг.

Рис. 1.2. Вкладання тістових заготовок на листи.

**Спеціалізовані шафи вистоювання.** Спеціалізовані шафи вистоювання забезпечують вистоювання тістових заготовок 2-4 видів виробів з подібною формою та розмірами.

До таких спеціалізованих шаф вистоювання відносяться:

- Т1-ХРЗ (рис. 1.3). Шафа призначена для процесу вистоювання тістових заготовок круглого подового хліба з масою виробу 1 кг. Число робочих люльок в даній шафі може бути – 80, 120 чи 140.
- РШВ (рис. 1.4). Дана шафа служить для вистоювання тістових заготовок батонів. Шафа має 270 чи 332 робочих люльок.



1 – уніфіковані секції; 2 – механізм вивантаження заготовок із люльок шафи на під печі; 3 – приводні зірочки; 4 – навантажувач маятникового типу; 5 – стрічковий транспортер; 6 – пульт управління; 7 – посиплювач борошна; 8 – гнучкі пластини; 9 – тягові ланцюги; 10 – люльки; 11, 12 – натяжні зірочки; 13 – патрубки; 14 – стійка; 15 – під печі.

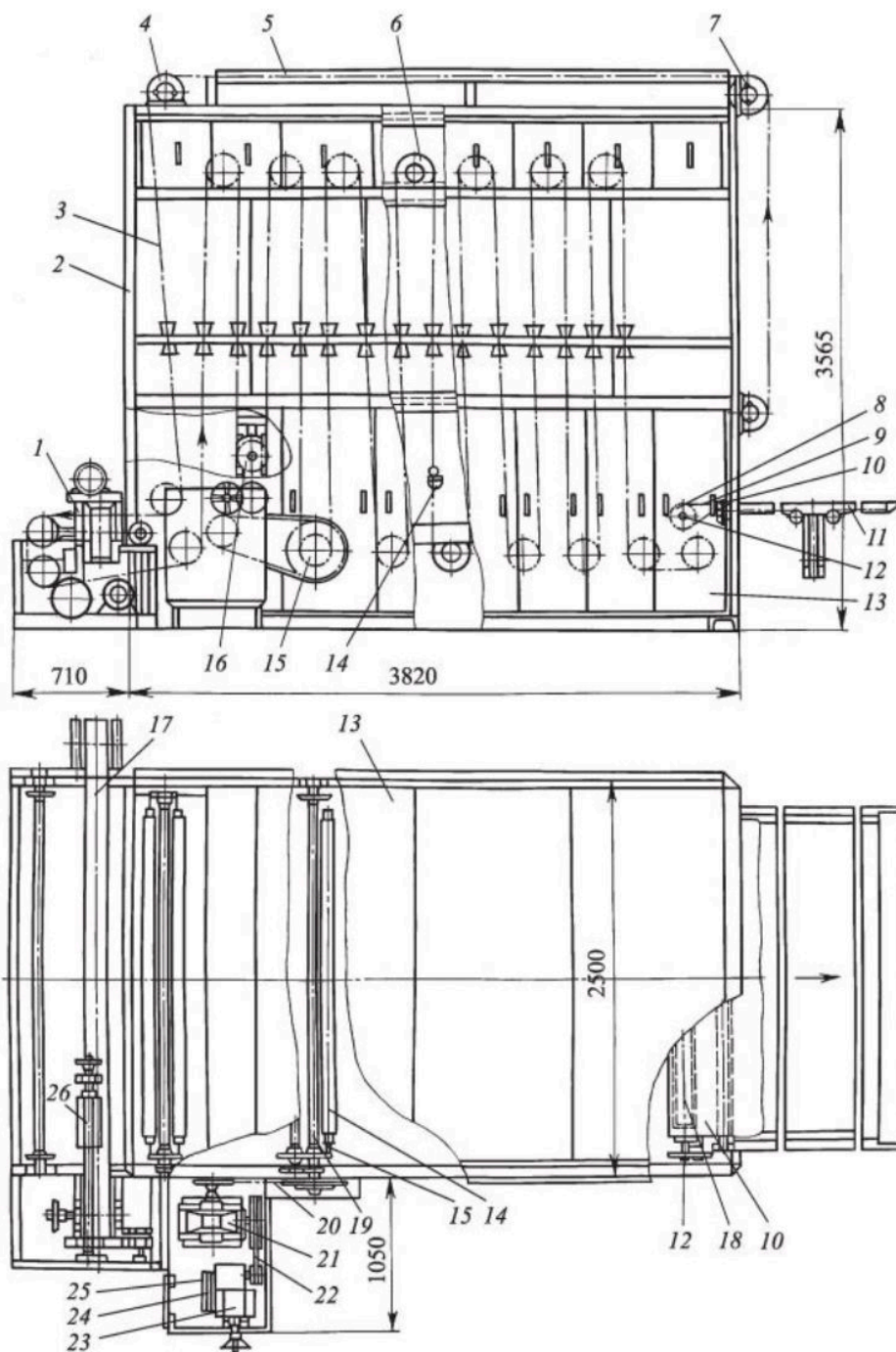
Рис. 1.3. Шафа вистоювання Т1-ХРЗ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

11



1 – роторно-стрічковий навантажувач; 2 – каркас шафи; 3 – ланцюги конвеєра; 4, 7, 8 – зірочки; 5 – холоста гілка конвеєра; 6 – 23 пари зірочок; 9 – барабан; 10 – стрічковий транспортер; 11 – пересадочний стрічковий транспортер; 12 – вал; 13 – знімні огороження; 14 – люльки; 15 – зірочки; 16 – натяжна станція; 17 – посадковий транспортер; 18 – пластина; 19 – приводний вал; 20 – ланцюгова передача; 21 – варіатор швидкості; 22, 24 – клин-ремінна передача; 23 – електродвигун; 25 – черв'ячний редуктор; 26 – ротор.

Рис. 1.4. Шафа для вистоювання РШВ.

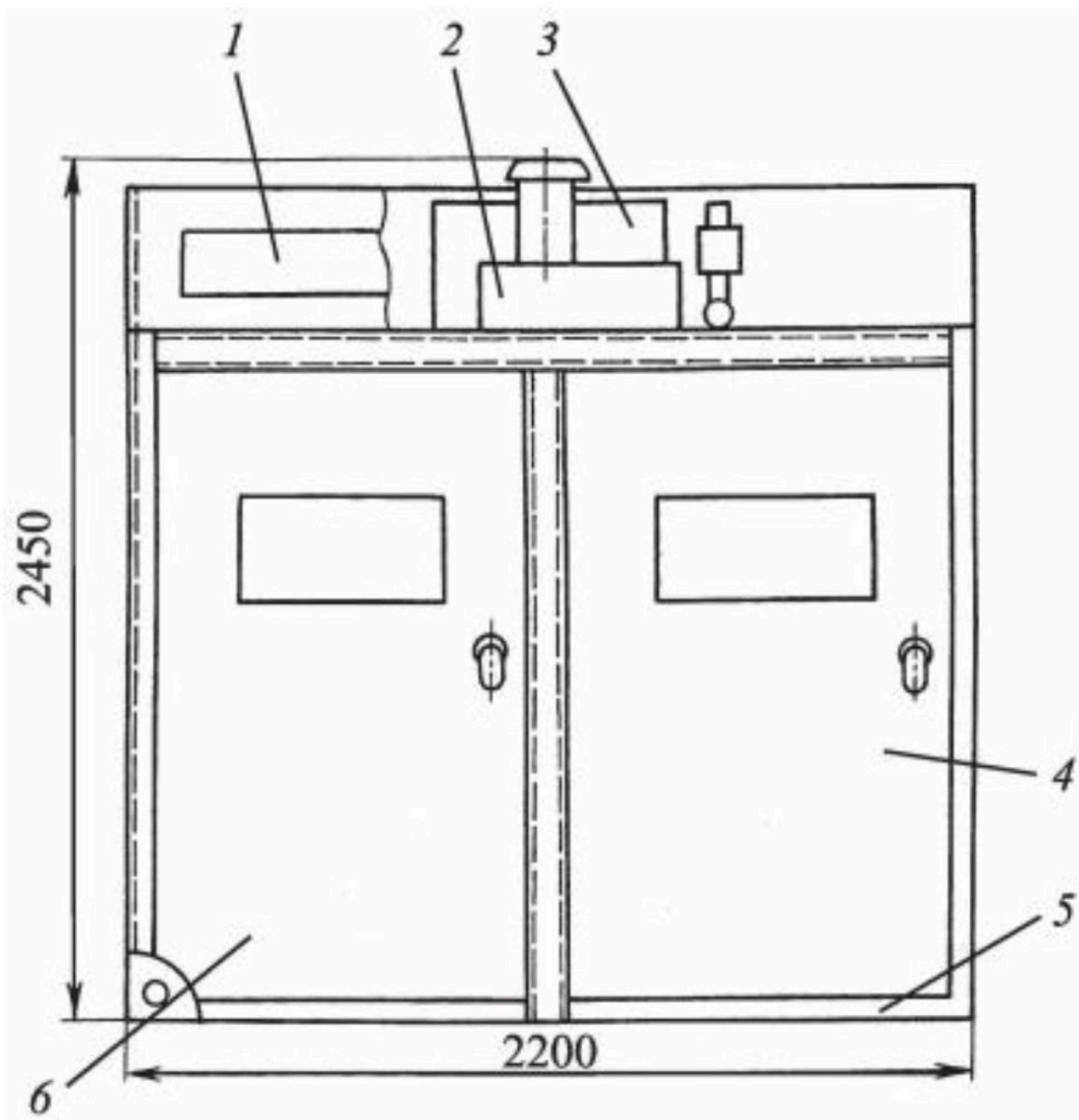
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

12

У пекарнях з малою потужністю користуються камерами вистоювання шафового типу (рис. 1.5). В такій шафі вистоювання тістові заготовки розміщуються в чотирьох контейнерах, що періодично завантажуються в робочий простір.



1 – панель управління; 2 – вентилятор; 3 – парогенератор; 4 – двері; 5 – кожух;  
6 – електричний нагрівач.

Рис. 1.5. Камера вистоювання шафового типу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Шафи вистоювання електричного типу «Бриз» (рис. 1.6-1.7) використовуються для вистоювання тістових заготовок, що розміщені на стелажних візках.

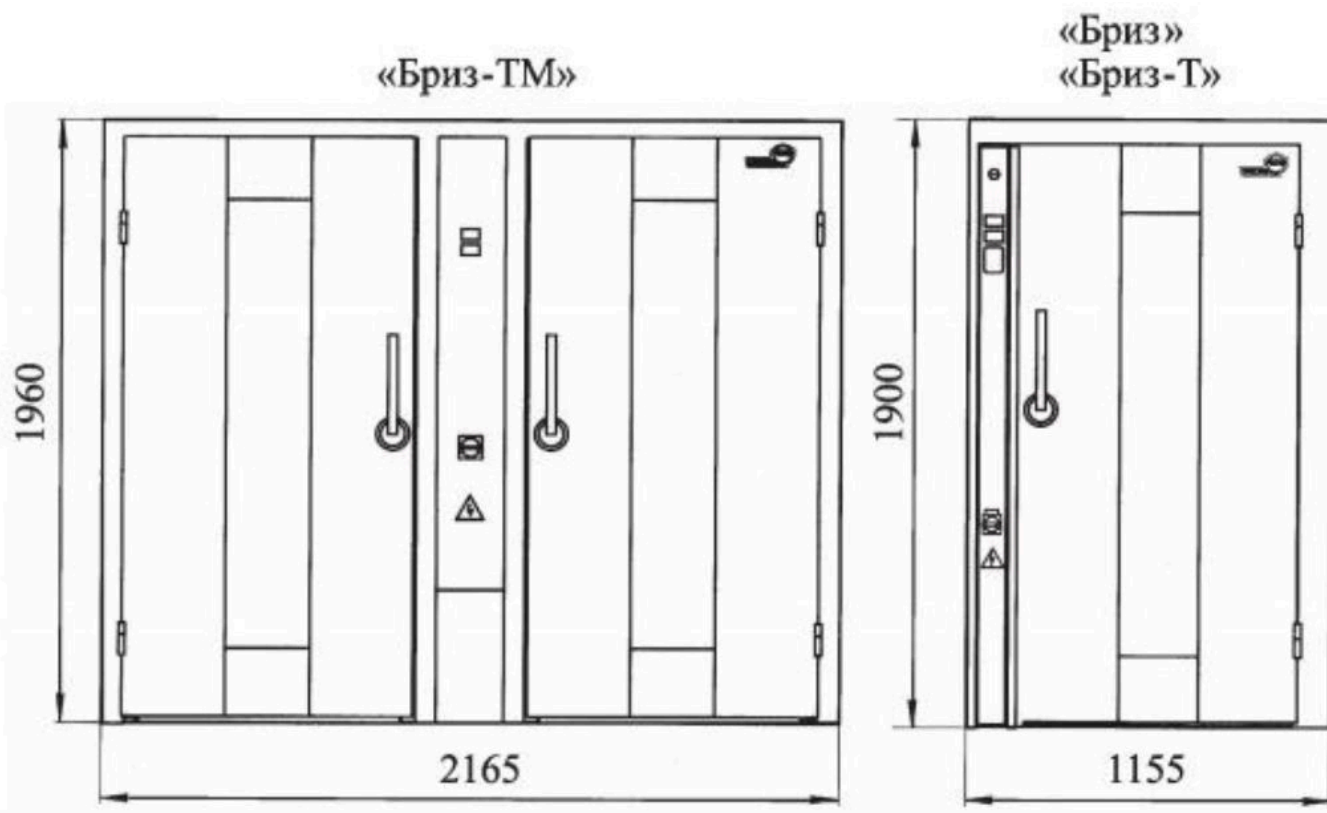


Рис. 1.6. Шафи вистоювання «Бриз», «Бриз-ТМ», «Бриз-Т».

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

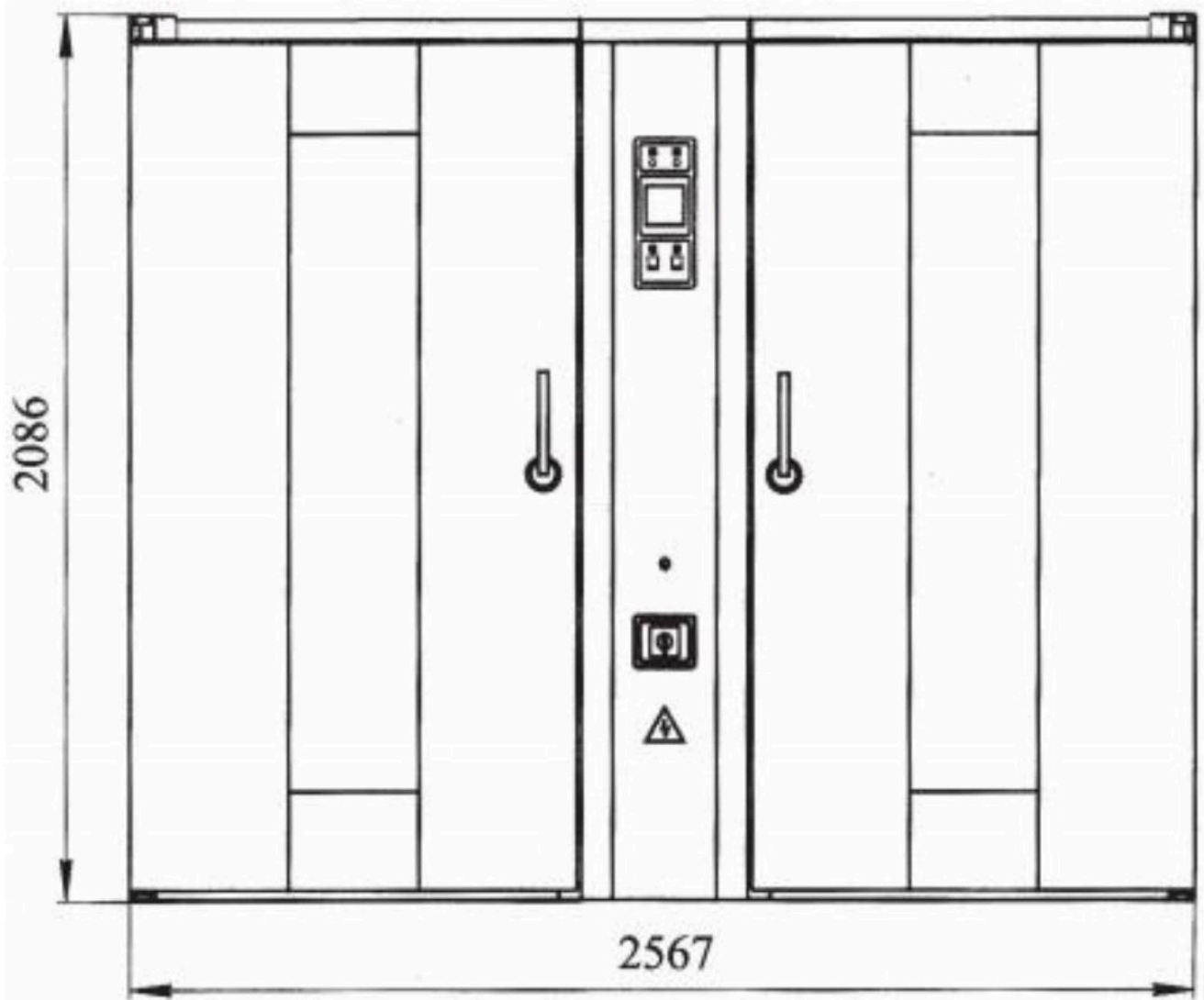


Рис. 1.7. Шафи вистоювання «Бриз-супер», «Бриз-14».

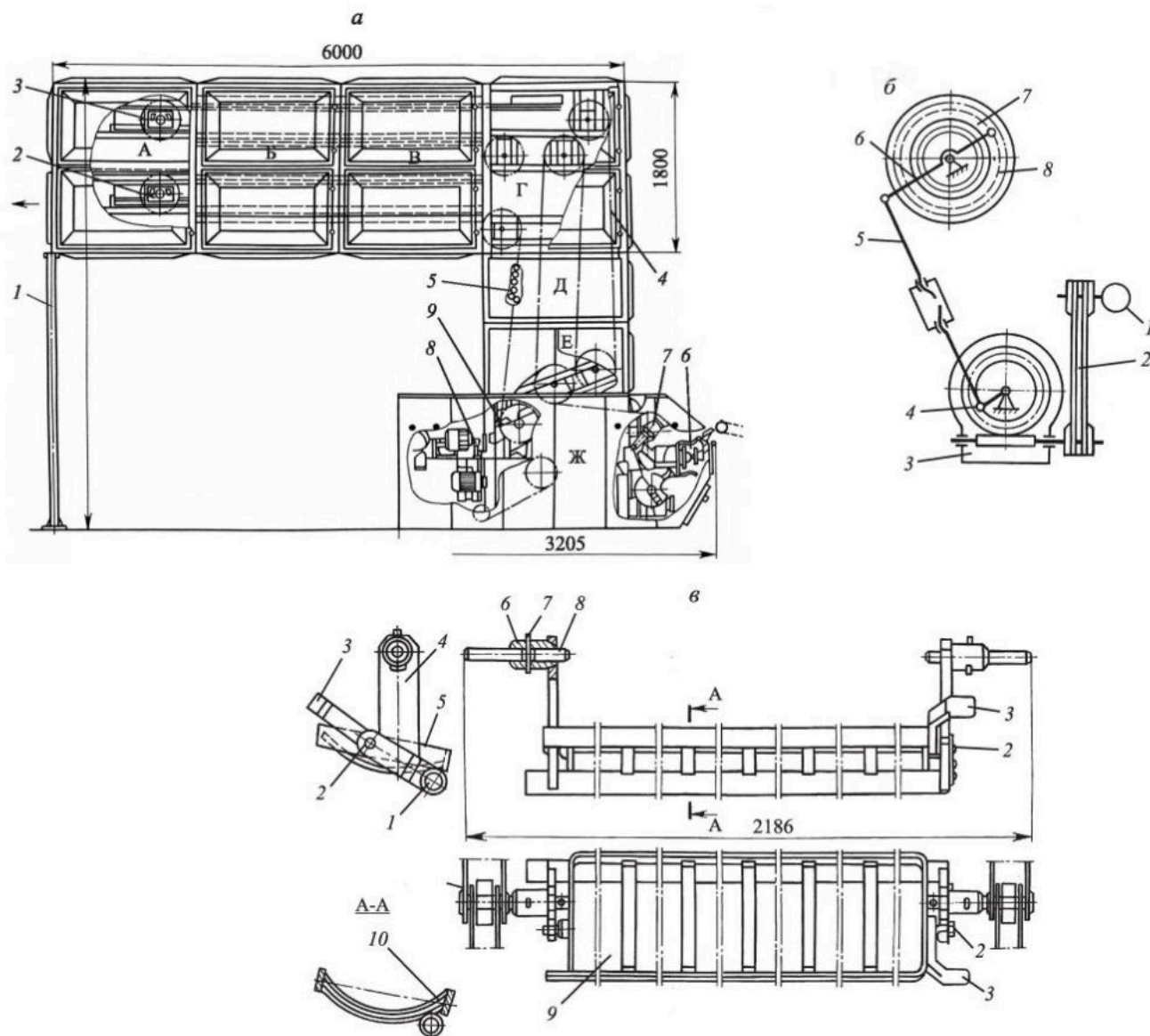
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

15

**Шафа вистоювання ЛА-23М.** Шафа вистоювання ЛА-23М (рис. 1.8) призначена для вистоювання тістових заготовок у вигляді батонів масою 0,4-0,5 кг. Випускається в двох варіантах: з площею поду 25 м<sup>2</sup> і 50 м<sup>2</sup>. Шафа вистоювання має живильник-завантажувач, конвеєр для люльок вистоювання, перекидач для люльок та надрізувач. [1]



а – загальний вигляд; б – схема приводу конвеєра; в – люлька.

Рис. 1.8. Шафа для вистоювання заготовок батонів.

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
Трубопровід	Витрата пари	5 м <sup>3</sup> /год	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
Конвеєри	Двигун М2	60 об/хв	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	
	Двигун М3	60 об/хв	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	
Шафа вистоювання	Вологість	80 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан 2в подачі пари	
	Температура	40 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на нагрівач (ТЕН)	
	Двигун М1	60 об/хв	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	

## Розділ 2. Система автоматизації

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

#### Визначення витрати пари в шафу вистоювання

Для визначення витрати пари в шафу вистоювання в процесі вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано вихровий витратомір KOBOLD DVH (рис. 2.1). [2]



Рис. 2.1. KOBOLD DVH.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Підлужний С.С.			Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.					18	28
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАК-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

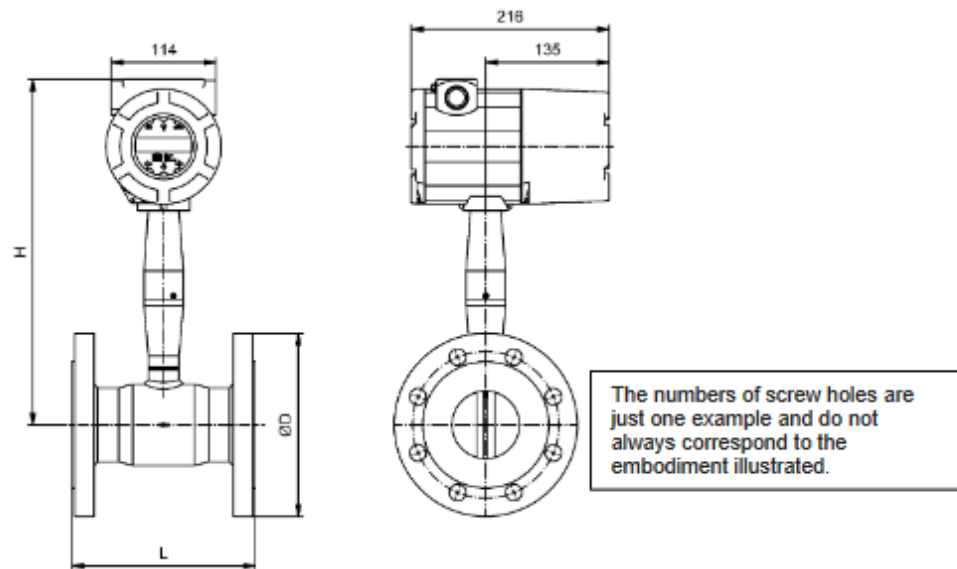


Figure 69 Inline Meter Dimensions

Size	L	H	PN16		PN40		PN64		PN100	
			ØD	Weight	ØD	Weight	ØD	Weight	ØD	Weight
DN15	200 mm	341 mm	see PN40		Ø 95 mm	6,5 kg	see PN100		Ø 105 mm	7,3 kg
DN20	200 mm	343 mm	see PN40		Ø 105 mm	7,1 kg	see PN100		Ø 130 mm	9,0 kg
DN25	200 mm	344 mm	see PN40		Ø 115 mm	7,5 kg	see PN100		Ø 140 mm	10,0 kg
DN40	200 mm	357 mm	see PN40		Ø 150 mm	9,5 kg	see PN100		Ø 170 mm	13,0 kg
DN50	200 mm	363 mm	Ø 165 mm	10,5 kg	Ø 165 mm	11,0 kg	Ø 180 mm	14,0 kg	Ø 195 mm	16,2 kg
DN80	200 mm	377 mm	Ø 200 mm	13,9 kg	Ø 200 mm	15,4 kg	Ø 215 mm	18,6 kg	Ø 230 mm	22,2 kg
DN100	250 mm	390 mm	Ø 220 mm	17,2 kg	Ø 235 mm	20,5 kg	Ø 250 mm	25,5 kg	Ø 265 mm	31,5 kg
DN150	300 mm	417 mm	Ø 285 mm	29,5 kg	Ø 300 mm	35,8 kg	Ø 345 mm	52,6 kg	Ø 355 mm	67,5 kg
DN200	300 mm	442 mm	Ø 340 mm	42,0 kg	Ø 375 mm	61,0 kg	Ø 415 mm	86,0 kg	Ø 430 mm	111,0 kg
DN250	380 mm	461 mm	Ø 405 mm	68,4 kg	Ø 450 mm	97,7 kg	-	-	-	-
DN300	450 mm	486 mm	Ø 460 mm	84,1 kg	Ø 515 mm	133,9 kg	-	-	-	-

Рис. 2.2. Розміри KOBOLD DVH.

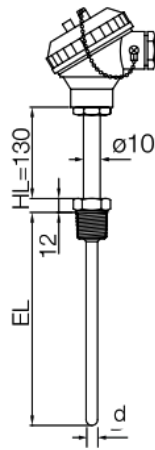
## Визначення температури в шафі вистоювання

Для визначення температури шафі вистоювання в процесі вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано використано термометр опору KOBOLD MWD (рис. 2.3). [3]



Рис. 2.3. Термометр опору KOBOLD MWD.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Model MWD-G compact with removable measuring insert<sup>1)</sup> and neck pipe, for mounting in thermowell**

**Specifications:**

Sensor element: Pt100 3-wire class B, A, 1/3, 1/10, cryogenic, and others  
 Neck pipe HL: 130 mm  
 Electrical connection: M20x1.5  
 Max. pressure: P<sub>atm</sub> only with thermowell TWL-0  
 Measuring insert: according to DIN 43772, filled with magnesium oxide (MgO)  
 Material: stainless steel 1.4404 (316L)

**Note:** For order details of the thermowell see datasheet TWL-0. Without thermowell atmospheric pressure.

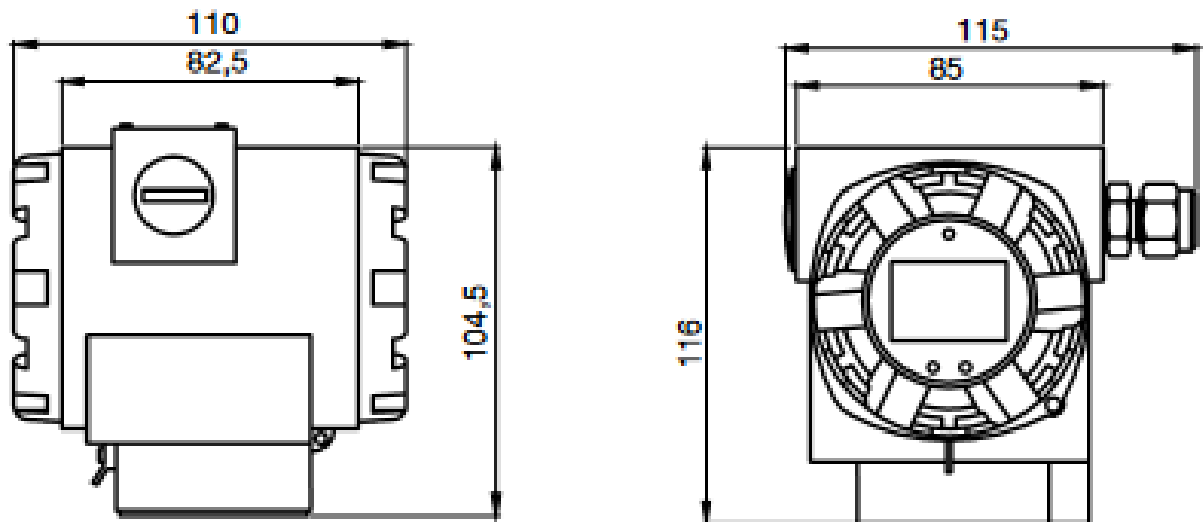
<sup>1)</sup> Without protection tube

Model	Measuring insert diameter (d)	Process connection	Sensor type/ category	RTD wiring	Terminal head	Head transmitter	Options
MWD-G	3 = tube Ø3 4 = tube Ø4 5 = tube Ø5 6 = tube Ø6 8 = tube Ø8 X = special options	G08 = G 1/4-M G15 = G 1/2-M G20 = G 3/4-M G25 = G 1-M  N08 = 1/4" NPT-M N15 = 1/2" NPT-M N20 = 3/4" NPT-M N25 = 1" NPT-M  XXX = special options	A = 1 x Pt100 class B (-70...+250°C) B = 2 x Pt100 class B (-70...+250°C) C = 1 x Pt100 class A (-70...+250°C) D = 2 x Pt100 class A (-70...+250°C) E = 1 x Pt100 class B (-70...+400°C) F = 2 x Pt100 class B (-70...+400°C) G = 1 x Pt100 class A (-70...+400°C) H = 2 x Pt100 class A (-70...+400°C) I = 1 x Pt100 class B (-70...+600°C) J = 2 x Pt100 class B (-70...+600°C) K = 1 x Pt100 class A (-70...+600°C) L = 2 x Pt100 class A (-70...+600°C) M = 1 x Pt100 class 1/3 DIN (-70...+250°C) N = 1 x Pt100 class 1/10 DIN (-70...+250°C) O = 1 x Pt100 class 1/3 DIN (-70...+400°C) P = 1 x Pt100 class 1/10 DIN (-70...+400°C) Q = 1 x Pt100 class cryogenic (-198...+100°C) X = special options	2 = 2-wire 3 = 3-wire 4 <sup>3)</sup> = 4-wire	G = screw-cap with chain, aluminium I = screw-cap with chain, stainless steel 1.4401 P = screw-cap with chain, PP M <sup>1)</sup> = mini head screw-cap with chain, aluminium K = head screw-cap, stainless steel 1.4401 B = DIN B screwed cover, aluminium Z = BUZ hinged cover, aluminium H = BUZ-H high model with hinged cover, aluminium E <sup>1)</sup> = aluminium head with LCD display and HART <sup>®</sup> transmitter included X = special options	0 = without, only with ceramic terminal A <sup>2)4)</sup> = 5333D transmitter 4-20 mA 2-wire B <sup>2)4)</sup> = 5337D transmitter 4-20 mA with HART <sup>®</sup> protocol 2-wire C <sup>2)4)</sup> = 5350A transmitter Profibus <sup>®</sup> /Fieldbus <sup>®</sup> D <sup>4)</sup> = prepared for subsequent mounting of transmitter	0 = without Y = acc. to specifications

<sup>1)</sup> Only with head transmitter option 0    <sup>2)</sup> Please specify the measuring range in clear text, while ordering    <sup>3)</sup> With 1xPt100 only  
<sup>4)</sup> For options A, B, C, D choose RTD wiring code '3'

Рис. 2.4. Специфікація замовлення KOBOLD MWD.

## Option E



### Main features

- High accuracy 0.02% of span for Pt100 sensor
- Sensor error detection according to the guidelines in NAMUR NE 89
- Backlight LCD-Display

Рис. 2.5. Розміри перетворювача KOBOLD MWD.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Electrical Connection

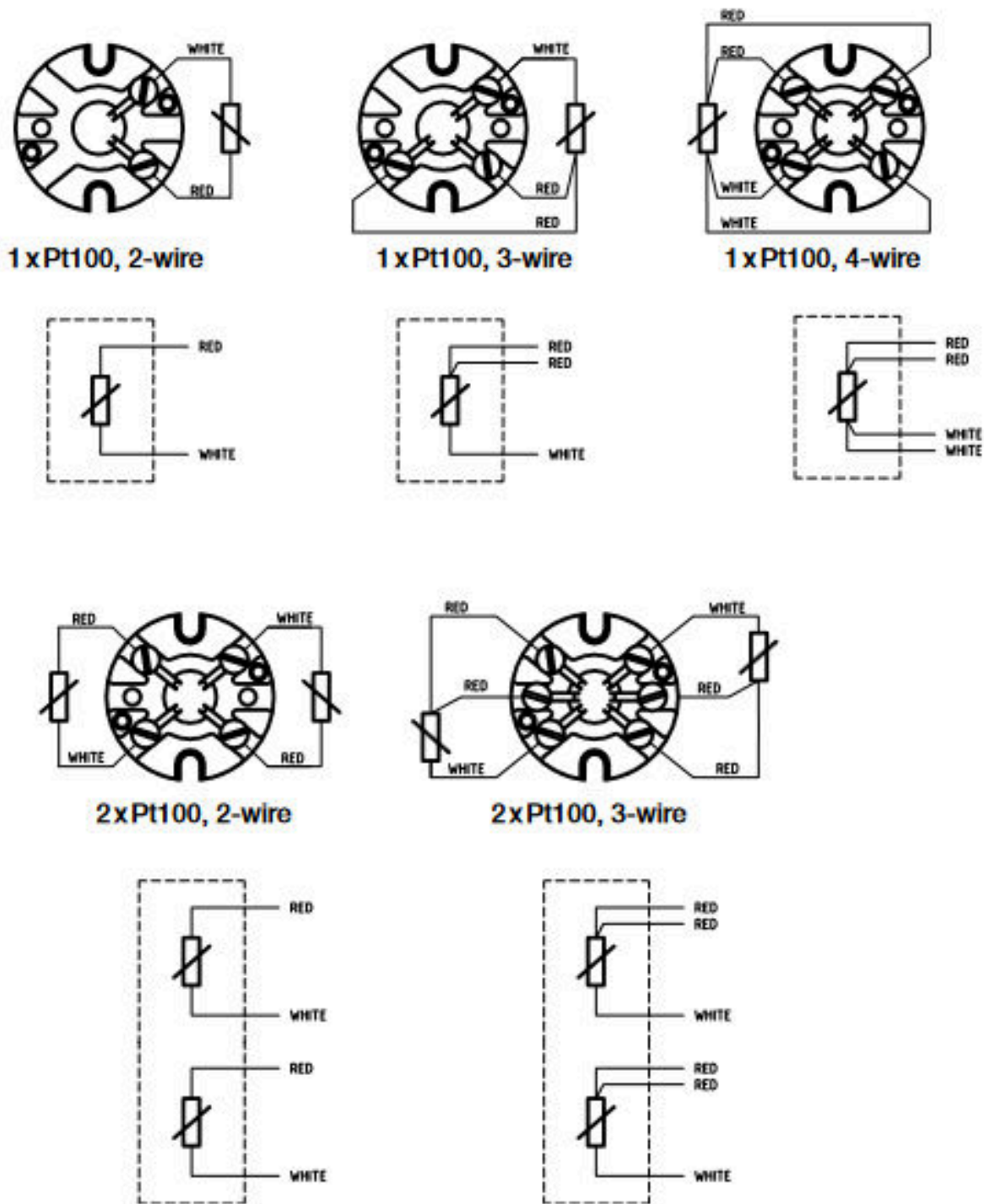


Рис. 2.6. Спосіб підключення термометру опору в KOBOLD MWD.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Управління нагрівачем

Для управління нагрівачем, ТЕН – трубчастий електричний нагрівач, в шафі вистоювання використовується твердотіле реле FOTEK SSR (рис. 2.7). [4]

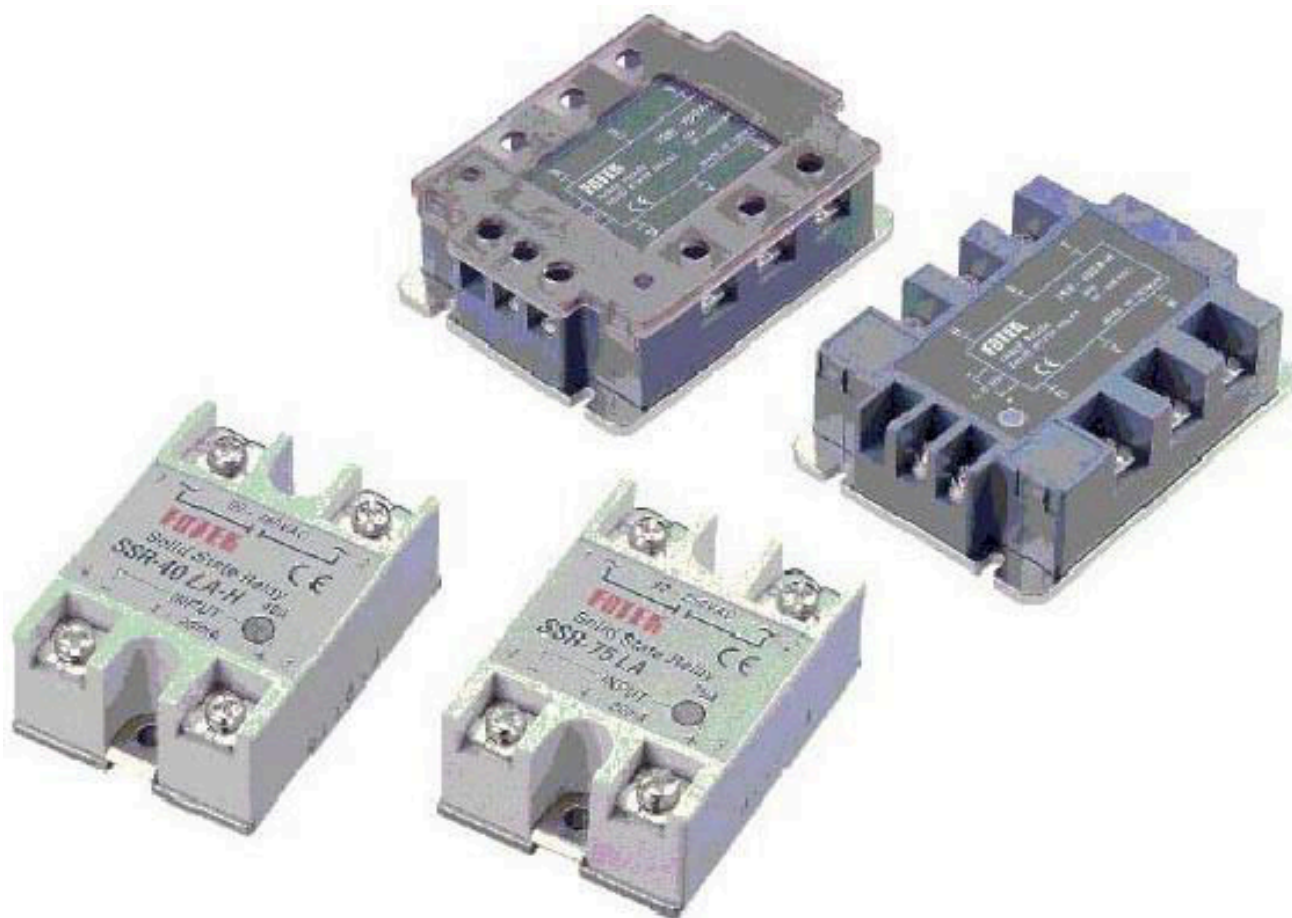


Рис. 2.7. FOTEK SSR.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Лінійні однофазні реле з регулюванням вихідної напруги струмом (SSR-LA серія)				
Модель	SSR-25LA	SSR-40LA	SSR-50LA	SSR-75LA
Управляючий сигнал	4 ... 20 мА			
Вхідний опір	1.2 кОм			
Метод управління	Фазове управління			
Номинальна напруга навантаження	90 ... 250 В AC 250 ... 480 В AC ("H" в позначенні)			
Пікова напруга	більше 1200 В			
Номинальний струм навантаження	25 А	40 А	50 А	75 А
Максимальний короткочасний струм	275 А	410 А	550 А	820 А
Струм виток	< 0.5 % при повному навантаженні			
Діелектрична міцність	більше 2.5 кВ AC / 1 хв.			
Опір ізоляції	більше 50МОм / 500 В DC			
Діапазон робочих температур	-20 °C ... +80 °C			
Вага	105 г		110 г	

Рис. 2.8. Технічні характеристики FOTEK SSR.

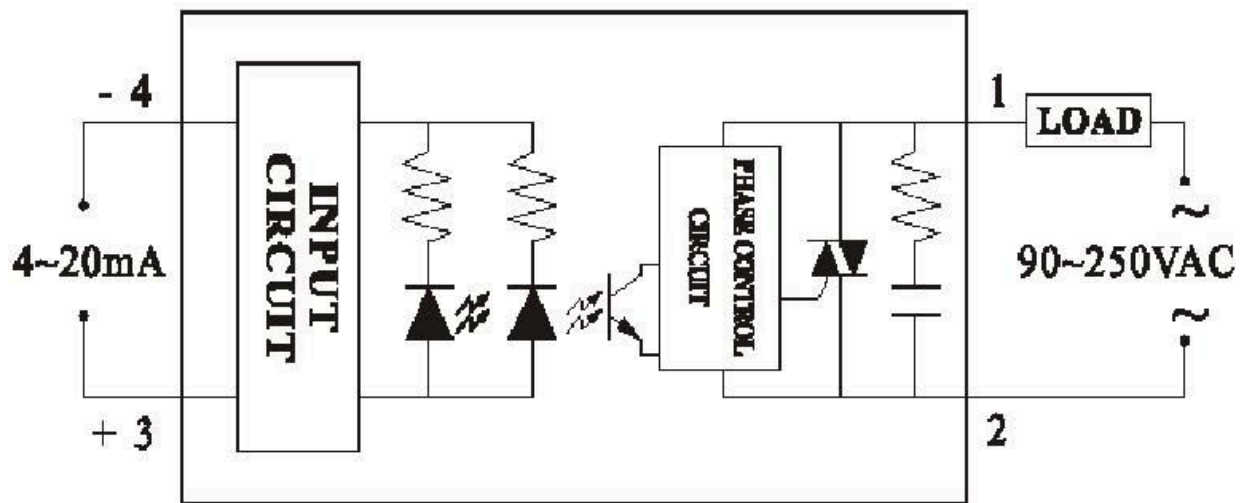


Рис. 2.9. Схема підключення FOTEK SSR.

SSR-40 D A-H

1 2 3 4 5

1 – серія:

SSR: однофазне твердотіле реле;

TSR: трифазне твердотіле реле.

2 – струм навантаження: 10 = 10А; 25 = 25А; 40 = 40А; 50 = 50А; 75 = 75А.

3 – вхідний сигнал:

D: DC 3–32 В (вкл / викл реле);

A: AC 80–250 В (вкл / викл реле);

L: 4–20 мА (лінійне реле);

V: змінний резистор

4 – вихідна напруга:

A: AC (змінна) напруга;

D: DC (постійна) напруга.

5 – діапазон вихідної напруги:

H: 90–480 В (AC);

H<sub>i</sub>: 24–380 В (AC).

Рис. 2.10. Специфікація FOTEK SSR.

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

## Визначення вологості в шафі вистоювання

Для визначення вологості в шафі вистоювання під час проходження процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано датчик вологості KOBOLD AFK-G (рис. 2.11). [5]



Рис. 2.11. KOBOLD AFK-G.

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

Чутливий до вологи вимірювальний елемент датчика – полімерний шар, знаходиться між електродами. Полімерний шар гігроскопічний тому може поглинати воду, молекули води в цьому шарі змінюють його діелектричну постійну. Вимірювальна система працює як конденсатор, що залежить від вологості. Зміна ємності перетворюється в зміну аналогового виходу – 4-20 мА. Другий аналоговий вихід 4-20 мА для значень вимірюваної температури. Точність датчика  $\pm 2\%$ .

## Humidity / Temperature Measuring Instrument AFK-G

### Capacitive method of measurement

#### Measuring range:

Temperature: 0 ... +200°C

Humidity: 0 ... 100% rH

$p_{max}$ : 25 bar

$t_{max}$ : +200°C

**Output:** 2x 4 - 20 mA

#### Accuracy:

Temperature:  $\pm 0,1^\circ\text{C}$

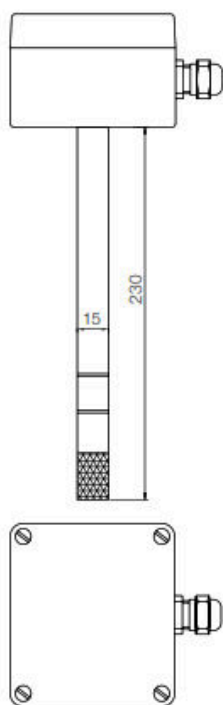
Humidity:  $\pm 2\%$  rH



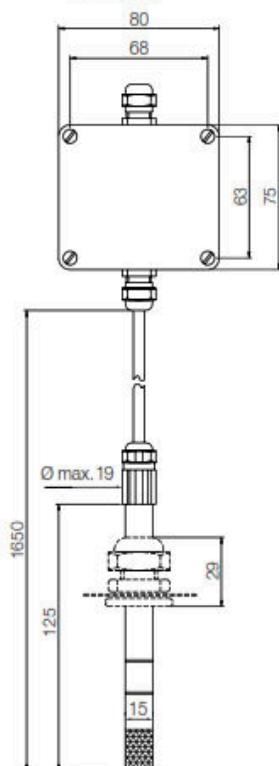
Рис. 2.12. Технічні характеристики KOBOLD AFK-G.

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

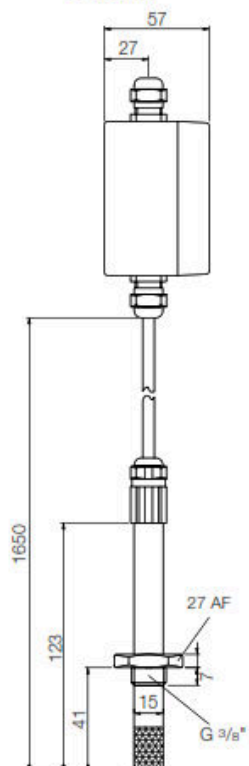
Standard version  
(duct mounting)



High temperature  
version



High pressure  
version



Mounting dimensions

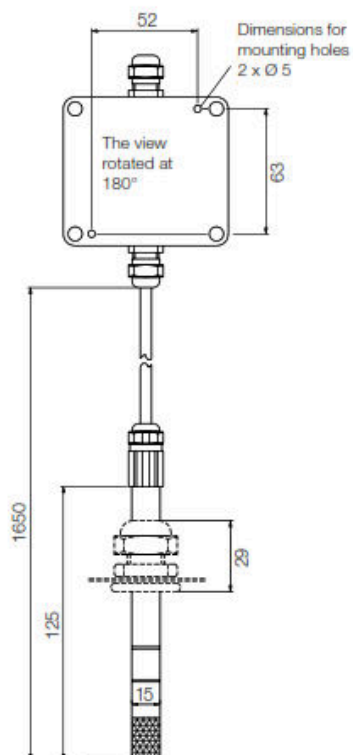


Рис. 2.13. Розміри KOBOLD AFK-G.

Order Details (Example: AFK-G 1 F)

Model	Description	Instrument version	Measuring parameter
AFK-G	Humidity measuring instrument	1 = standard version duct mounting, $t_{max}$ : 125°C 2 = high temperature version $t_{max}$ : 200°C 3 = high pressure version $p_{max}$ : 25 bar, $t_{max}$ : 125°C 4 = standard version wall mounting, $t_{max}$ : 80°C	F = humidity T = humidity and temperature

Рис. 2.14. Специфікація замовлення KOBOLD AFK-G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Електропневматичний перетворювач

При управлінні пневматичним клапаном подачі пари в шафу вистоювання під час процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано електропневматичний перетворювач ASCON TECNOLOGIC EPC 3020 рис. 2.15. [6]

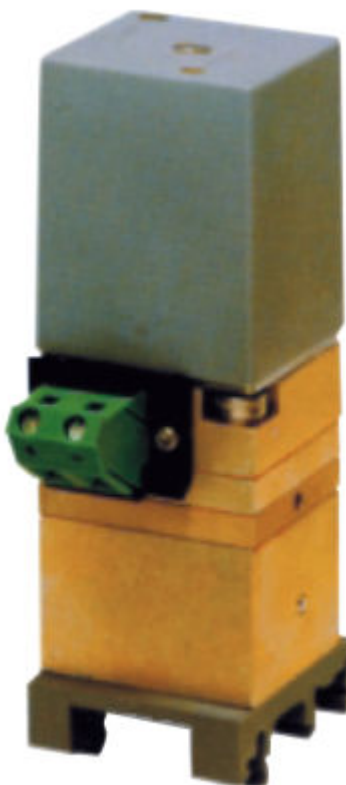


Рис. 2.15. ASCON TECNOLOGIC EPC 3020.

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

# HOW TO ORDER

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

# DIMENSIONS

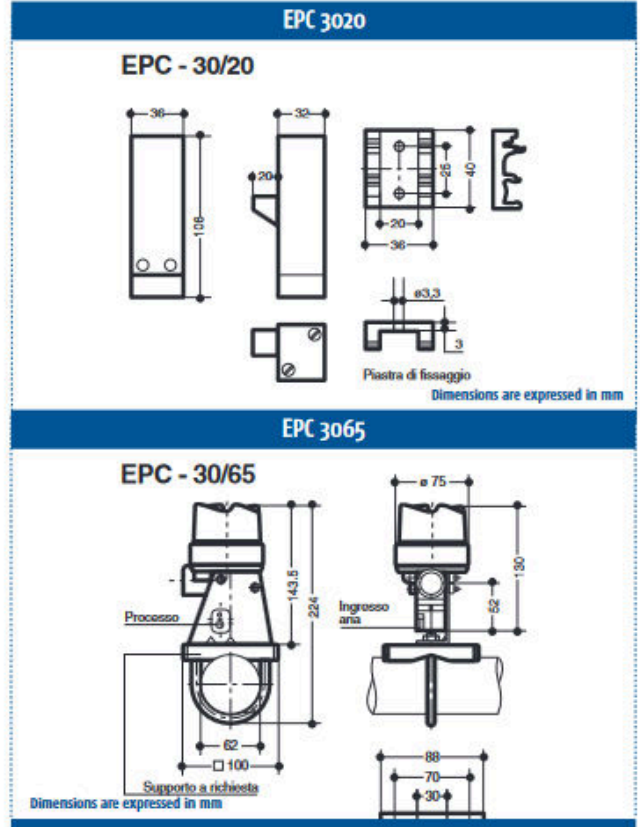


Рис. 2.16. Розміри та специфікація ASCON TECNOLOGIC EPC 3020.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

# EPC

- ELECTROPNEUMATIC CONVERTERS
- DIN RAIL OR ON FIELD MOUNTING



## FEATURES

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

Рис. 2.17. Технічні характеристики ASCON TECHNOLOGIC EPC 3020.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Пневматичний клапан

В системі автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом задіяно пневматичний клапан ADCATrol PV25G рис. 2.18. [7]



Рис. 2.18. ADCATrol PV25G.

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

## ORDERING CODES V25/OF

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

### ACTUATOR CODES ( pneumatic )

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

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

Example:

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

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

#### REMARKS:

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

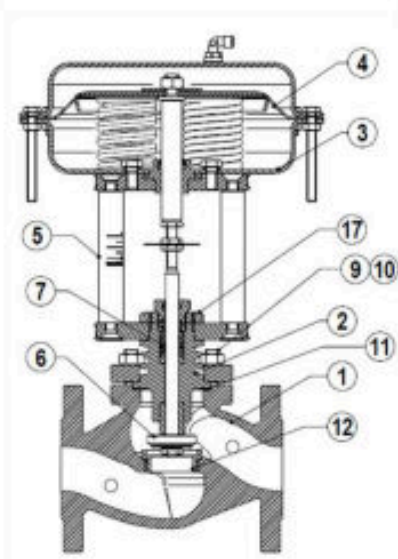
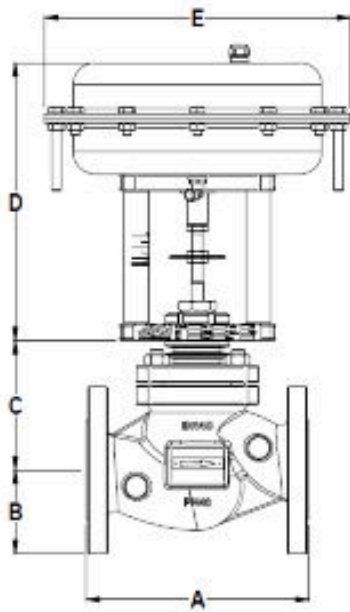
Рис. 2.19. Специфікація ADCATrol PV25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

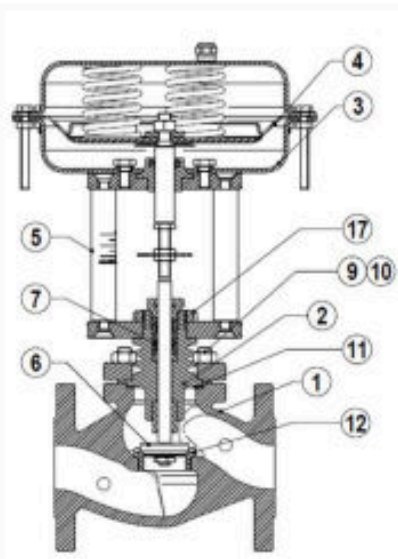
*Кваліфікаційна робота*

Арк.

34



PV25 DA – Direct action



PV25 RA – Reverse action

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

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

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

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

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

Kvs in m<sup>3</sup>/h ; see data sheet IS PV10.00 E ; For conversion Kvs = Cv(US) x 0,855

Рис. 2.20. Габаритні розміри ADCATrol PV25G.

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

## Частотний перетворювач

Для управління конвеєрами під час процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано частотний перетворювач Lenze 8200 Vector рис. 2.21. [8]



Рис. 2.21. Lenze 8200 Vector.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### Ratings at 400 V mains voltage

Typical motor power		P <sub>r</sub> [kW]	0.55	0.75	1.5	2.2
Three-phase asynchronous motor (4-pole)		P <sub>r</sub> [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 <sub>mains</sub> [V]	3/PE 320 V AC - 0%...550 V + 0%; 45 Hz - 0%...65 Hz + 0%			
Alternative DC supply		U <sub>DC</sub> [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 <sub>mains</sub> [A]	2.5	3.3	5.5	7.3
With mains choke		I <sub>mains</sub> [A]	2.0	2.3	3.9	5.1
Output power U <sub>v</sub> , V, W (at 8 kHz)		S <sub>r</sub> [kVA]	1.3	1.7	2.7	3.9
Output power +U <sub>G</sub> , -U <sub>G</sub>		P <sub>DC</sub> [kW]	0.3	0.1	1.1	0.4
Rated output current at a chopper frequency of	2 kHz	I <sub>r</sub> [A]	1.8	2.4	4.7	5.6
	4 kHz	I <sub>r</sub> [A]	1.8	2.4	3.9	5.6
	8 kHz	I <sub>r</sub> [A]	1.2	1.6	2.5	3.6
	16 kHz	I <sub>r</sub> [A]	1.2	1.6	2.5	3.6
Max. permissible output current for 60 s at a chopper frequency of of	2 kHz	I <sub>max</sub> [A]	2.7	3.6	5.9	8.4
	4 kHz	I <sub>max</sub> [A]	2.7	3.6	5.9	8.4
	8 kHz	I <sub>max</sub> [A]	1.8	2.4	3.8	5.5
	16 kHz	I <sub>max</sub> [A]	1.8	2.4	3.8	5.5
Output voltage						
Without mains choke		U <sub>M</sub> [V]	3~ 0...U <sub>mains</sub> [V] 650 Hz			
With mains choke		U <sub>M</sub> [V]	3~ 0...approx. 94% U <sub>mains</sub> / 0...650 Hz			
Power loss (operation at I <sub>r</sub> at 8 kHz)		P <sub>loss</sub> [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	

Рис. 2.22. Характеристики Lenze 8200 Vector.

### Type key

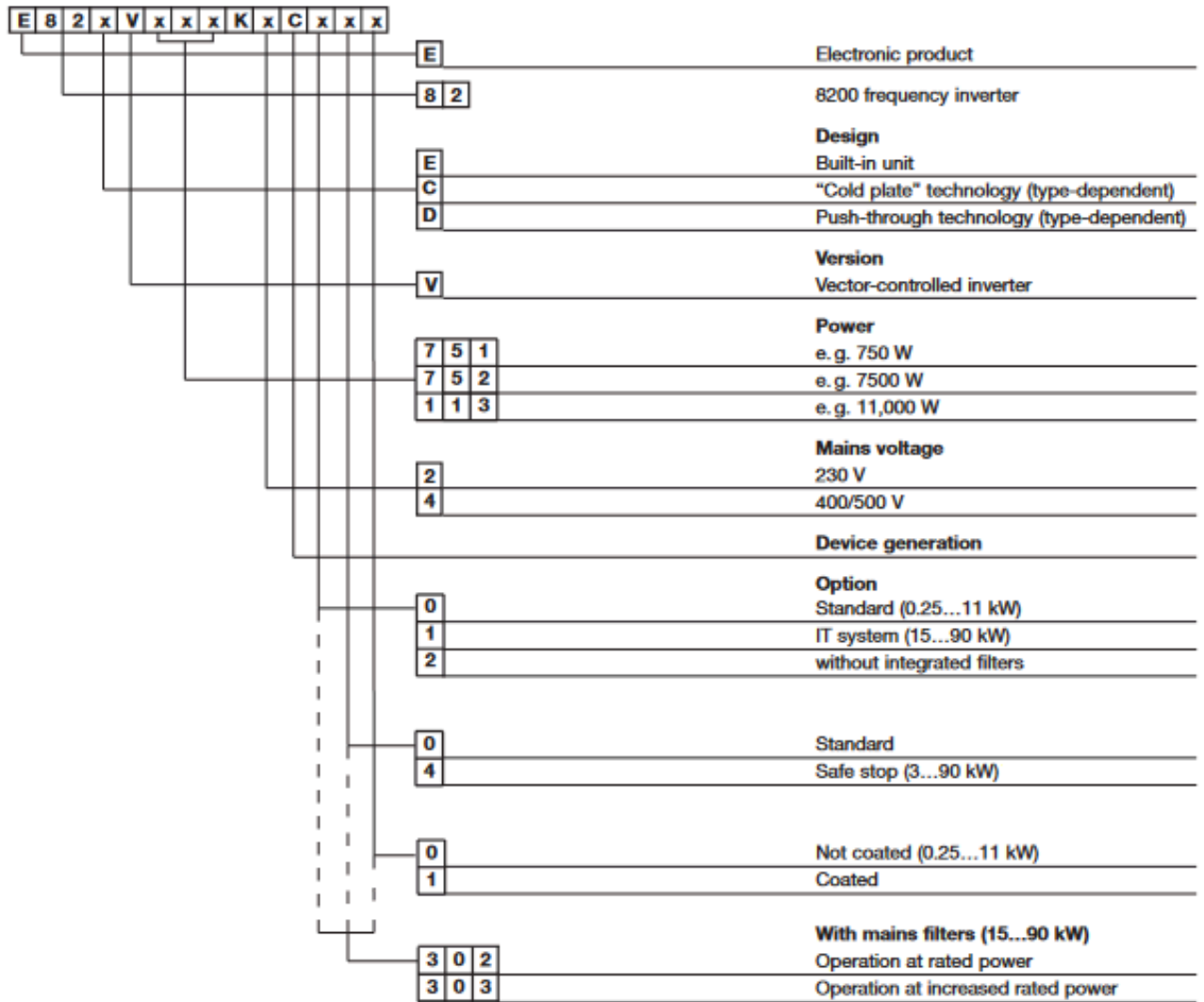
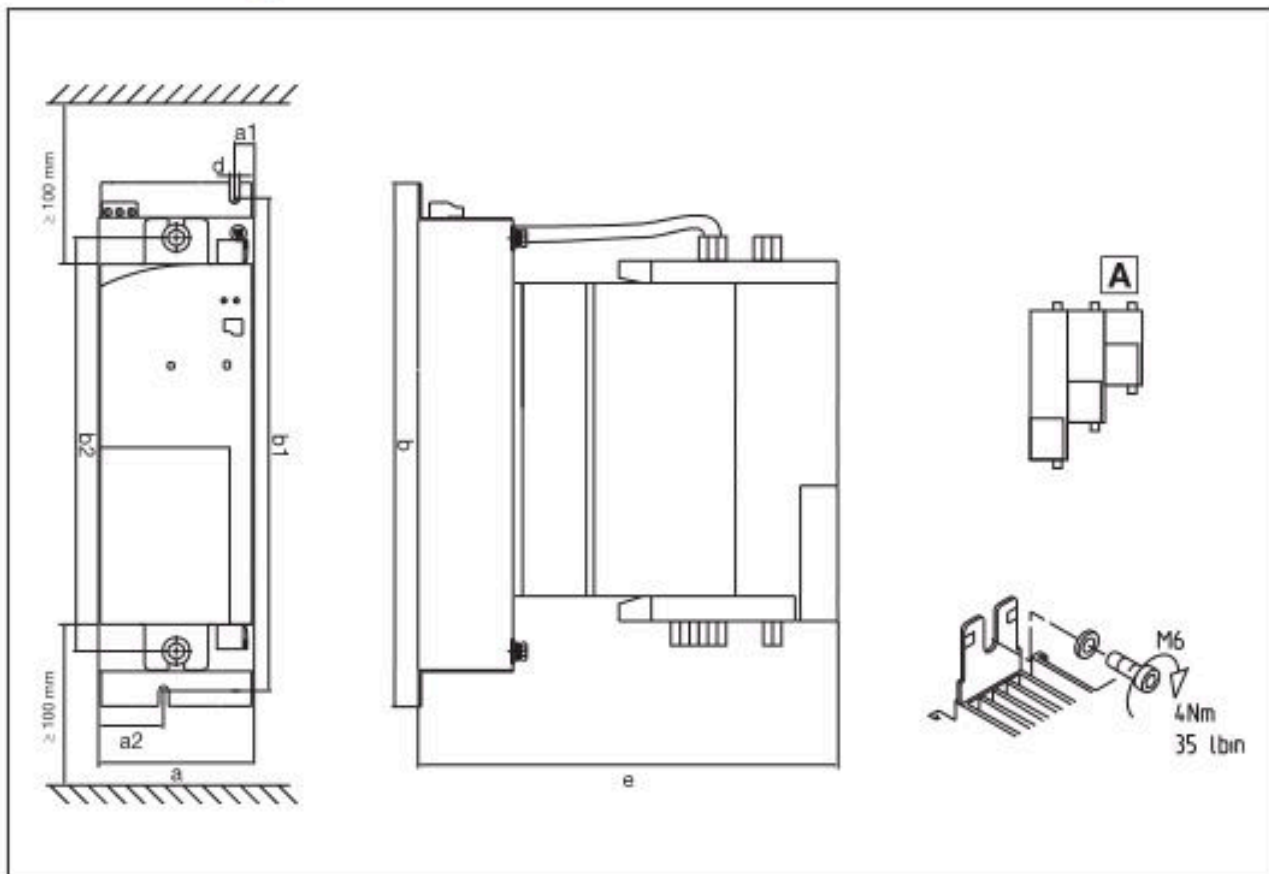


Рис. 2.23. Специфікація Lenze 8200 Vector.

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

Рис. 2.24. Розміри Lenze 8200 Vector.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

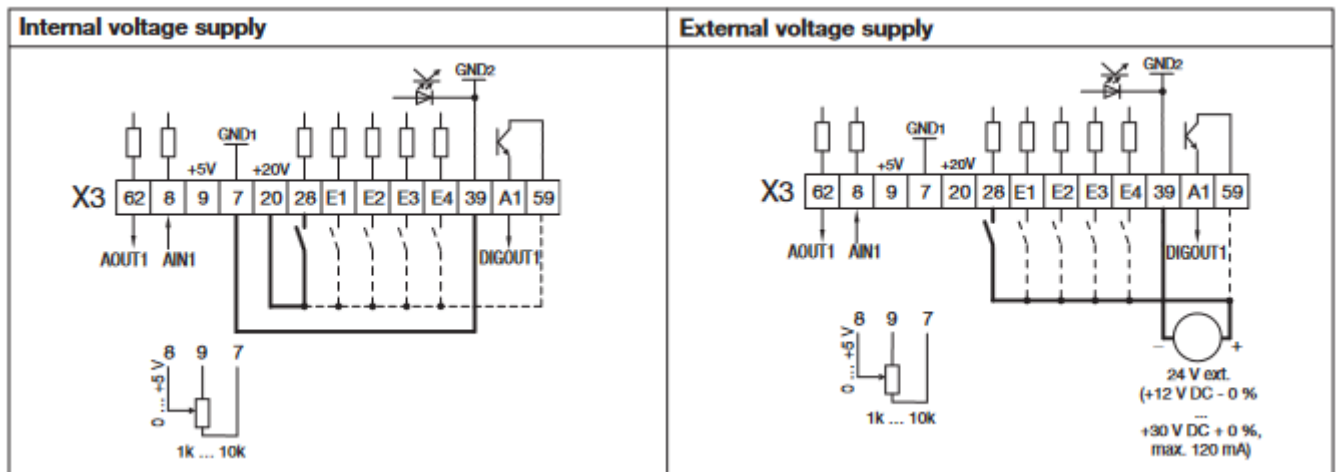


Рис. 2.25. Схема підключення датчиків до Lenze 8200 Vector.

**Rotational speed control with a 3-wire sensor.**

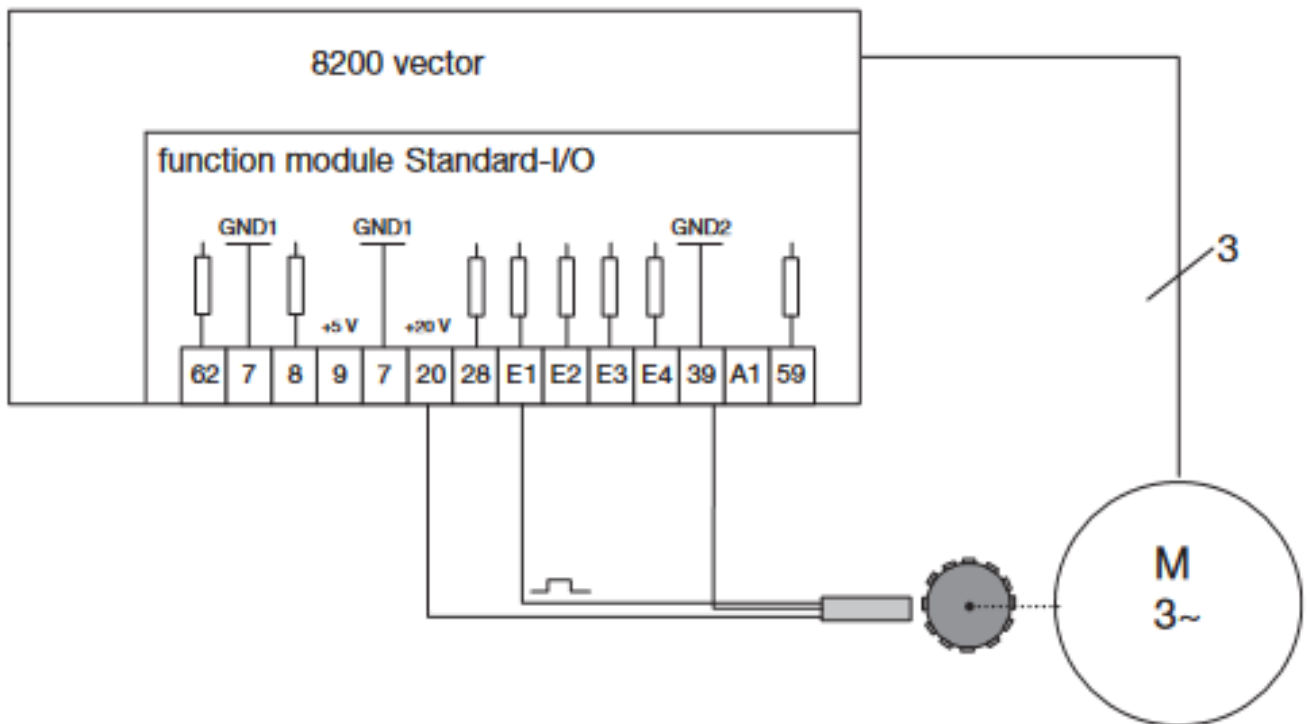


Рис. 2.26. Приклад підключення датчика швидкості до Lenze 8200 Vector.

## Визначення швидкості обертів двигуна

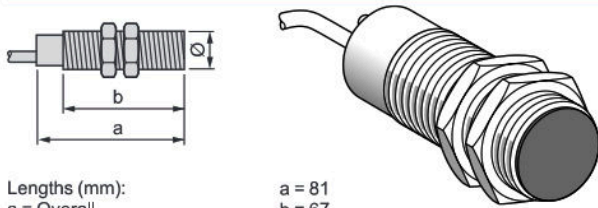
Для визначення швидкості обертів двигунів конвеєрів під час процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано індуктивний датчик швидкості Schneider Electric XSAV11373 рис. 2.27. [9]



Рис. 2.27. Schneider Electric XSAV11373.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 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

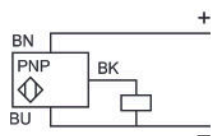
3-wire $\overline{\text{---}}$ PNP / NC	XSAV11373	XSAV12373	–	–
2-wire $\overline{\text{---}}$ or $\sim$ / NC	–	–	XSAV11801	XSAV12801
Weight (kg)	0.300			

### 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



Рис. 2.28. Характеристики Schneider Electric XSAV11373.

## 2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом зображено процеси контролю та регулювання технологічних параметрів, які описані нижче.

Температура в шафі з електропідігрівом визначається датчиком (поз. 1а), і регулюється ТЕНом, трубчастим електричним нагрівачем (поз. 1в), яким управляє твердотіле реле (поз. 1б).

Вологість в шафі з електропідігрівом визначається датчиком (поз. 2а), та регулюється пневматичним клапаном (поз. 2в), який змінює подачу пари в шафу з електропідігрівом. Пневматичний клапан регулюється електропневматичним перетворювачем (поз. 2б).

Контроль витрати пари в шафу з електропідігрівом здійснюється вихровим витратоміром (поз. 3а).

Двигуни конвеєрів (поз. М1-М4) управляються частотними перетворювачами (поз. 4б-6б). Визначення швидкості обертів двигунів визначається індуктивними датчиками швидкості (поз. 4а-6а), що підключені до частотних перетворювачів. Для екстреної зупинки двигунів конвеєрів по місцю розташовані кнопки (поз. SB1-SB3), що підключені до частотних перетворювачів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						43
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 Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -70...+250 °С	MWD-G 3 G15 A 2 E B 0	1	KOBOLD, Німеччина
2	1б	на щиті	Твердотіле реле з управляючим уніфікованим сигналом постійного струму 4-20 мА для управління напругою 220 В AC трубчастих електричних нагрівачів (ТЕН)	FOTEK SSR-75LA- H	1	ООО “ПРОМ- САТ”, м. Київ
3	1в	по місцю	Трубчастий електричний нагрівач (ТЕН) потужність 1 кВт, напруга 220 В AC	GAM Код: 419168	1	Technodelo .com”, м. Київ
4	2а	по місцю	Перетворювач відносної вологості повітря цифровий з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон вимірювань 0–100 %	AFG-K 1 F	1	KOBOLD, Німеччина

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
5	2б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа, напруга живлення 24 В DC.	EPC3020	1	ASCONECNOLOGIC, Італія
6	2в	по місцю	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11 L100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
7	3а	по місцю	Вихровий витратомір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон вимірювань 0-90 м <sup>3</sup> /год	DVH-V 1H W7 7 S L L 2 S 0	1	KOBOLD, Німеччина
8	4а, 5а, 6а	по місцю	Індуктивний датчик швидкості, напруга живлення 24 DC.	Schneider Electric XSAV11373	3	СВ «Альтера» м. Київ
9	4б, 5б, 6б	на щиті	Частотний перетворювач потужність 1,5 кВт, напруга живлення 380В.	E82EV152 K4C200	3	ВОЛЬТ ЕЛЕКТРО м. Рівне
10	SB1, SB2, SB3	по місцю	Кнопки. Напруга макс. 240В АС, струм комутації 3А.	Lovato electric LPC B104	3	СВ «Альтера» м. Київ
11	M1, M2, M3	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 1,1 кВт, напруга живлення 380 В	AIP80B6	3	ООО "Системакс" м. Київ

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

#### 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано ПЛК Schneider Electric M340.

Використані модулі ПЛК Schneider Electric M340 для автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом вказані в таблиці 3.1 та їх компонування вказано на рис. 3.1.

*Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК M340.*

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0802	1	8 аналогових виходів

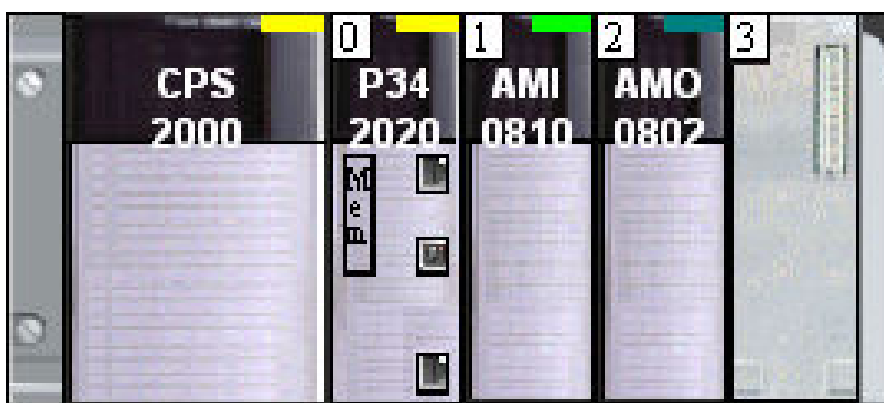


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК M340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Підлужний С.С.			Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Романов М.С.					46	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ ЗАК-3-1ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

### 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом включає такі елементи:

- QF1-QF3 – трьох полюсні вимикачі з захистом від короткого замикання;
- QF4-QF7 – двох полюсні вимикачі з захистом від короткого замикання;
- БЖ1 – блок живлення на 24 В постійної напруги.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом задіяна така нумерація провідників:

- 800-828 – провідники з змінною напругою;
- 900-907 – провідники з постійною напругою;
- 100-105 – провідники вимірювальних сигналів;
- 200-209 – провідники сигналів регулювання і управління;
- 0801 – провідник з сигналом пневматичного живлення;
- 0802 – провідники з сигналом пневматичного управління.

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

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання обертів конвеєра в шафі

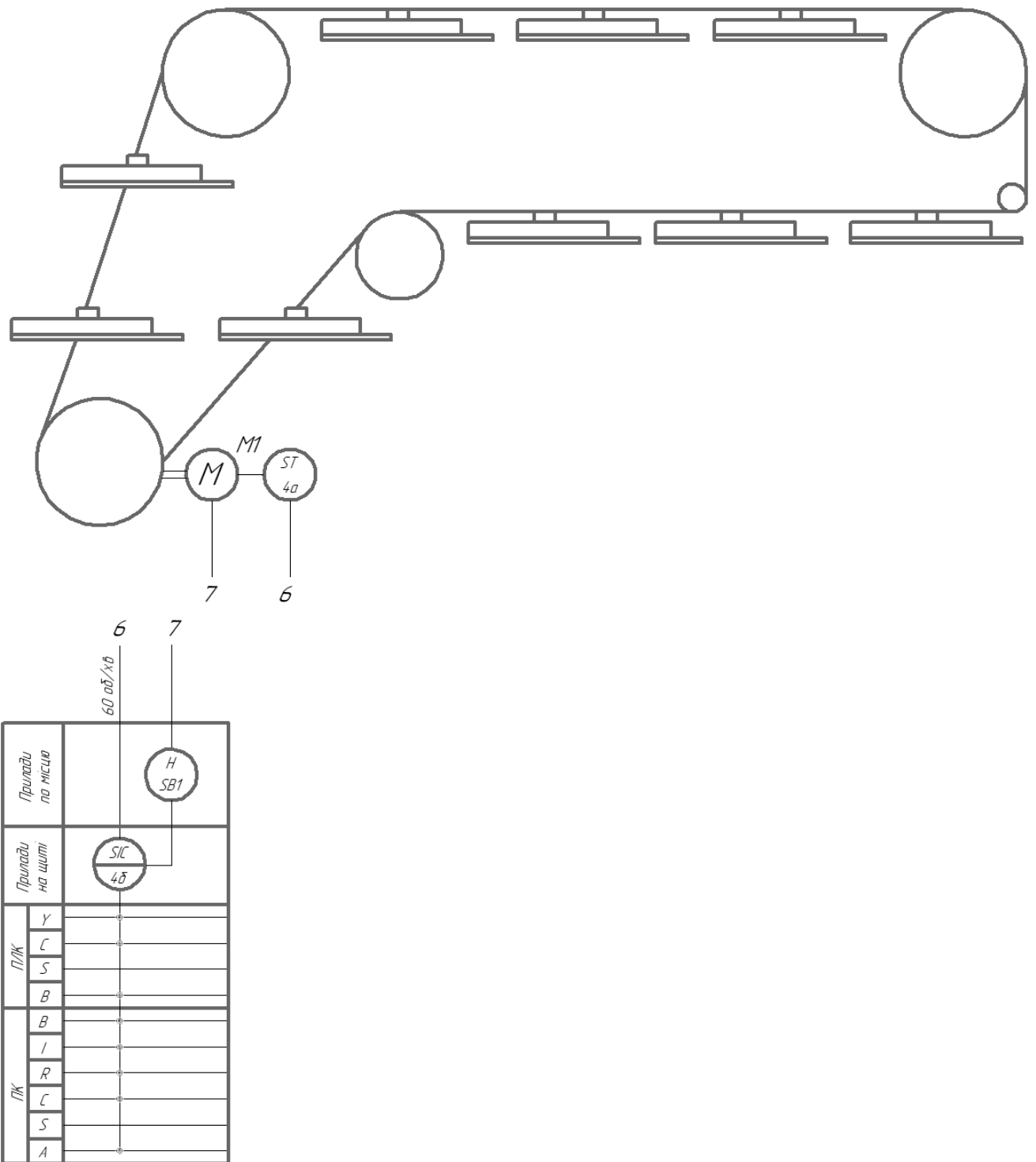


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання обертів конвеєра в шафі.

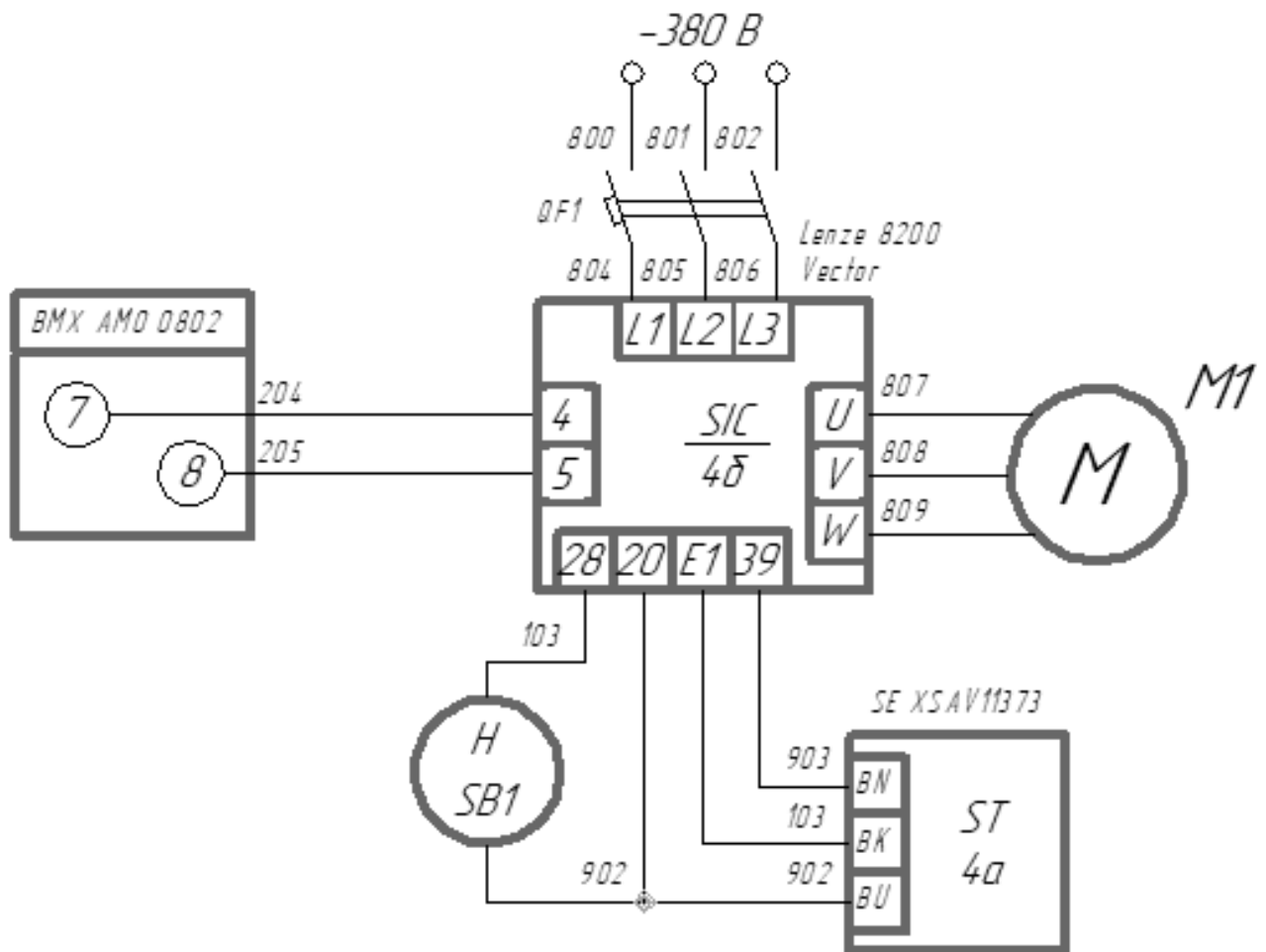


Рис. 3.3. Схема підключення Lenze 8200 Vector до BMX AMO 0802.

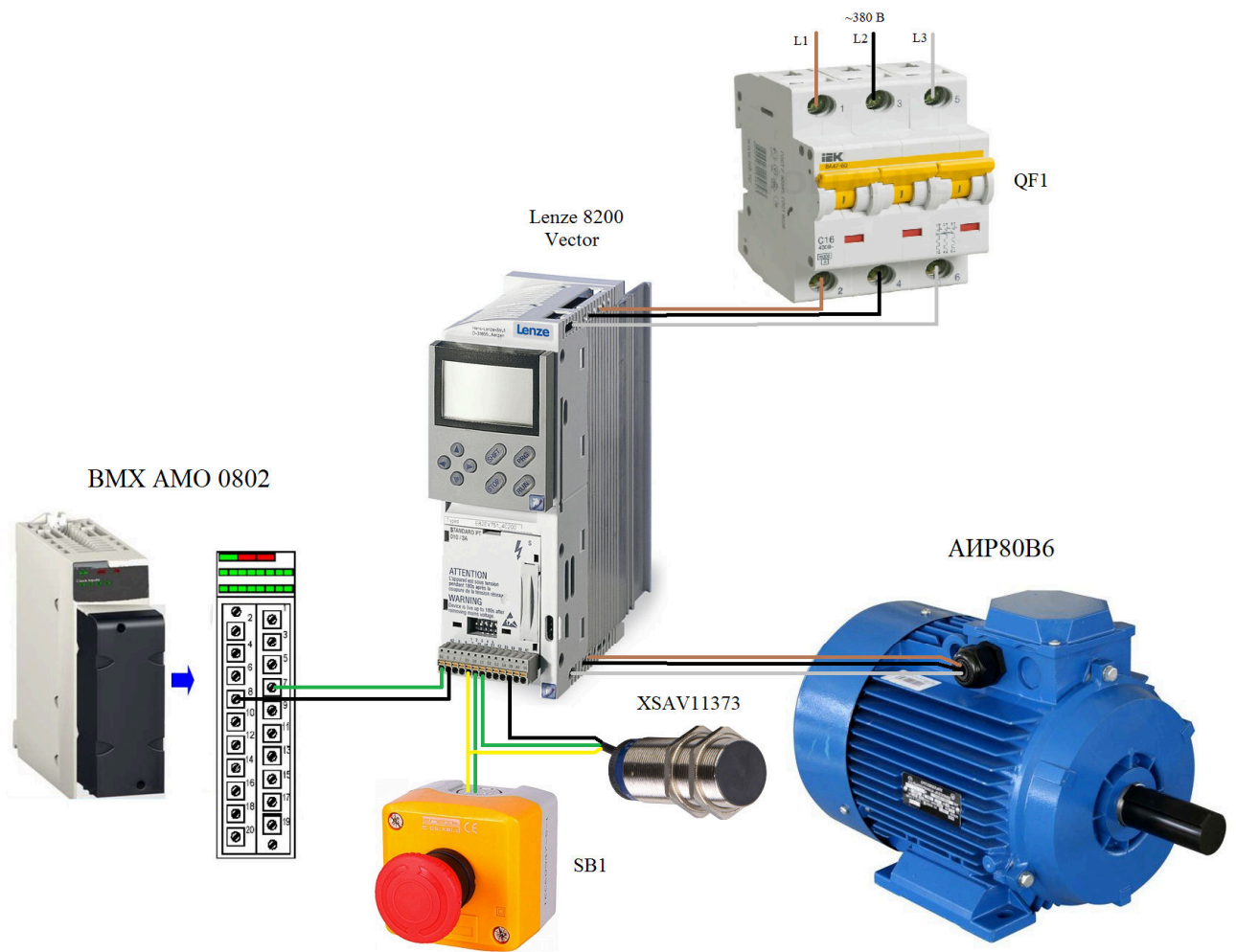


Рис. 3.4. Графічна схема підключення Lenze 8200 Vector до BMX AMO 0802.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для визначення вологості в шафі вистоювання під час проходження процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом використано датчик вологості KOBOLD AFK-G (рис. 4.1). [5]



Рис. 4.1. KOBOLD AFK-G.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Підлужний С.С.					51	3
Керівник		Романов М.С.				<i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Чутливий до вологи вимірювальний елемент датчика – полімерний шар, знаходиться між електродами. Полімерний шар гігроскопічний тому може поглинати воду, молекули води в цьому шарі змінюють його діелектричну постійну. Вимірювальна система працює як конденсатор, що залежить від вологості. Зміна ємності перетворюється в зміну аналогового виходу – 4-20 мА. Другий аналоговий вихід 4-20 мА для значень виміряної температури. Точність датчика  $\pm 2\%$ .

## Humidity / Temperature Measuring Instrument AFK-G

### Capacitive method of measurement

#### Measuring range:

Temperature: 0 ... +200°C

Humidity: 0 ... 100% rH

$p_{max}$ : 25 bar

$t_{max}$ : +200°C

**Output:** 2x 4 - 20 mA

#### Accuracy:

Temperature:  $\pm 0,1^\circ\text{C}$

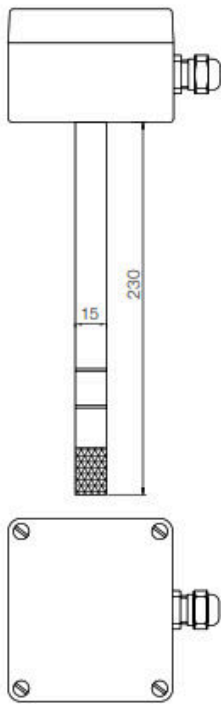
Humidity:  $\pm 2\%$  rH



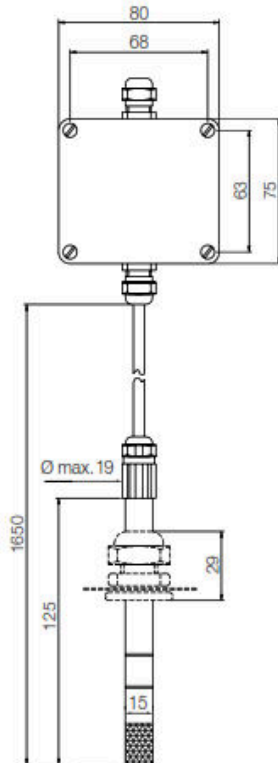
Рис. 4.2. Технічні характеристики KOBOLD AFK-G.

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

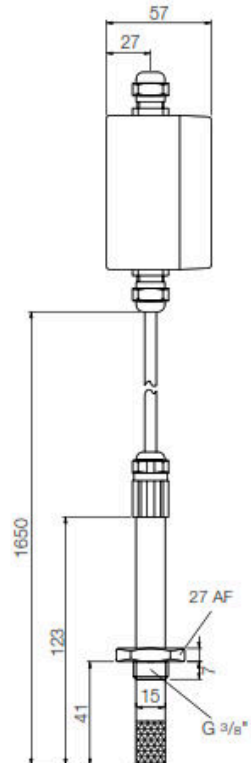
Standard version  
(duct mounting)



High temperature  
version



High pressure  
version



Mounting dimensions

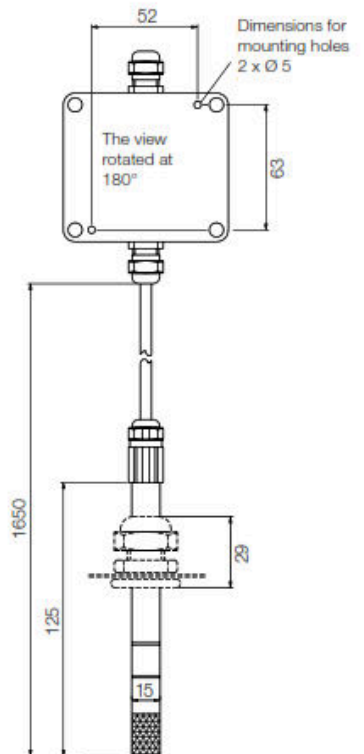


Рис. 4.3. Розміри KOBOLD AFK-G.

Order Details (Example: AFK-G 1 F)

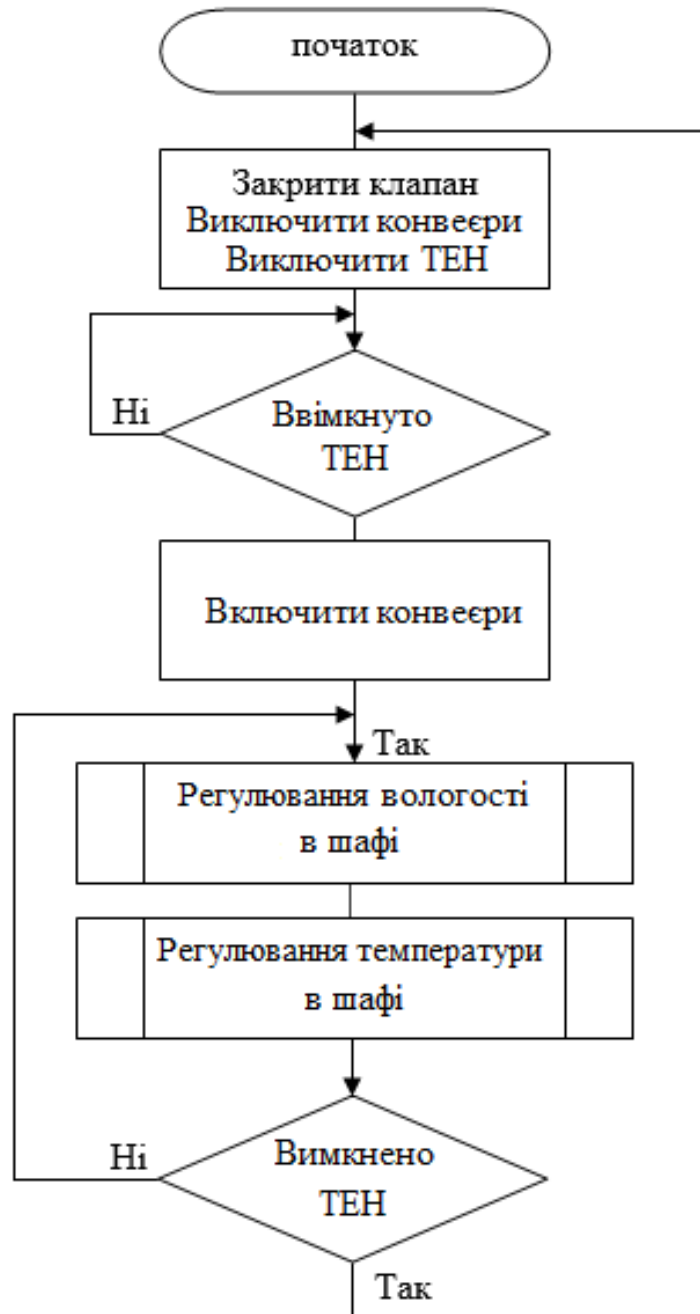
Model	Description	Instrument version	Measuring parameter
AFK-G	Humidity measuring instrument	<p>1 = standard version duct mounting, <math>t_{\max}</math>: 125°C</p> <p>2 = high temperature version <math>t_{\max}</math>: 200°C</p> <p>3 = high pressure version <math>p_{\max}</math>: 25 bar, <math>t_{\max}</math>: 125°C</p> <p>4 = standard version wall mounting, <math>t_{\max}</math>: 80°C</p>	<p>F = humidity</p> <p>T = humidity and temperature</p>

Рис. 4.4. Специфікація замовлення KOBOLD AFK-G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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

Процес вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом описується наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Підлужний С.С.			Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Романов М.С.				54	3	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ ЗАК-3-1ск</b>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

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

Таблиця 5.1. Змінні програми та їх адреса для ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
TTI	%IW0.1.0	Температура в шафі вистоювання
MT	%IW0.1.1	Вологість в шафі вистоювання
FTI	%IW0.1.2	Витрата пари
ТЕН	%QW0.2.0	ТЕН
KLP	%QW0.2.1	Клапан подачі пари
DM1	%QW0.2.2	Насос М1
DM2	%QW0.2.3	Насос М2
DM3	%QW0.2.4	Насос М3

Програма процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом написана на мові програмування Structured Text:

!%L1: (\*Старт\*)

REPEAT

ТЕН:=0;

KLP:=0;

DM1:=0;

DM2:=0;

DM3:=0;

UNTIL %M1

END\_REPEAT

IF %M1 THEN (\*Ввімкнуто ТЕН\*)

(\*Задання швидкості конвеєрів – 60 об/хв\*)

DM1:=600;

DM2:=600;

DM3:=600;

DO (\*Регулювання вологості і температури в шафі вистоювання\*)

PID(' ' ; MT, KLP, %M10, %MW1:43);

PID(' ' ; TTI, ТЕН, %M11, %MW50:43);

UNTIL %M1

END\_REPEAT;

JMP %L1;

END\_IF;

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

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

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

Мнемосхема процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис задіяних змінних при розробці мнемосхеми для SCADA-програми вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних та параметрів.

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
TTI	%IW0.1.0	0	10000	-70	250	INT
MT	%IW0.1.1	0	10000	0	100	INT
FTI	%IW0.1.2	0	10000	0	9660	INT
TEH	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
KLP	%QW0.2.1	0	10000	0	288	INT
DM1	%QW0.2.2	0	10000	0	100	INT
DM2	%QW0.2.3	0	10000	0	100	INT
DM3	%QW0.2.4	0	10000	0	100	INT

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Підлужний С.С.			Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Романов М.С.					57	2
						НУХТ ЗАК-3-1ск		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом забезпечує оператора можливість контролювати за тим, як змінюються технологічні параметри з АРМ оператора – автоматизованого робочого місця, а також дозволяє за необхідністю вносити управляючу дію вручну, відносно клапану та двигунів.

Вигляд мнемосхеми процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом представлено на рис. 6.2.

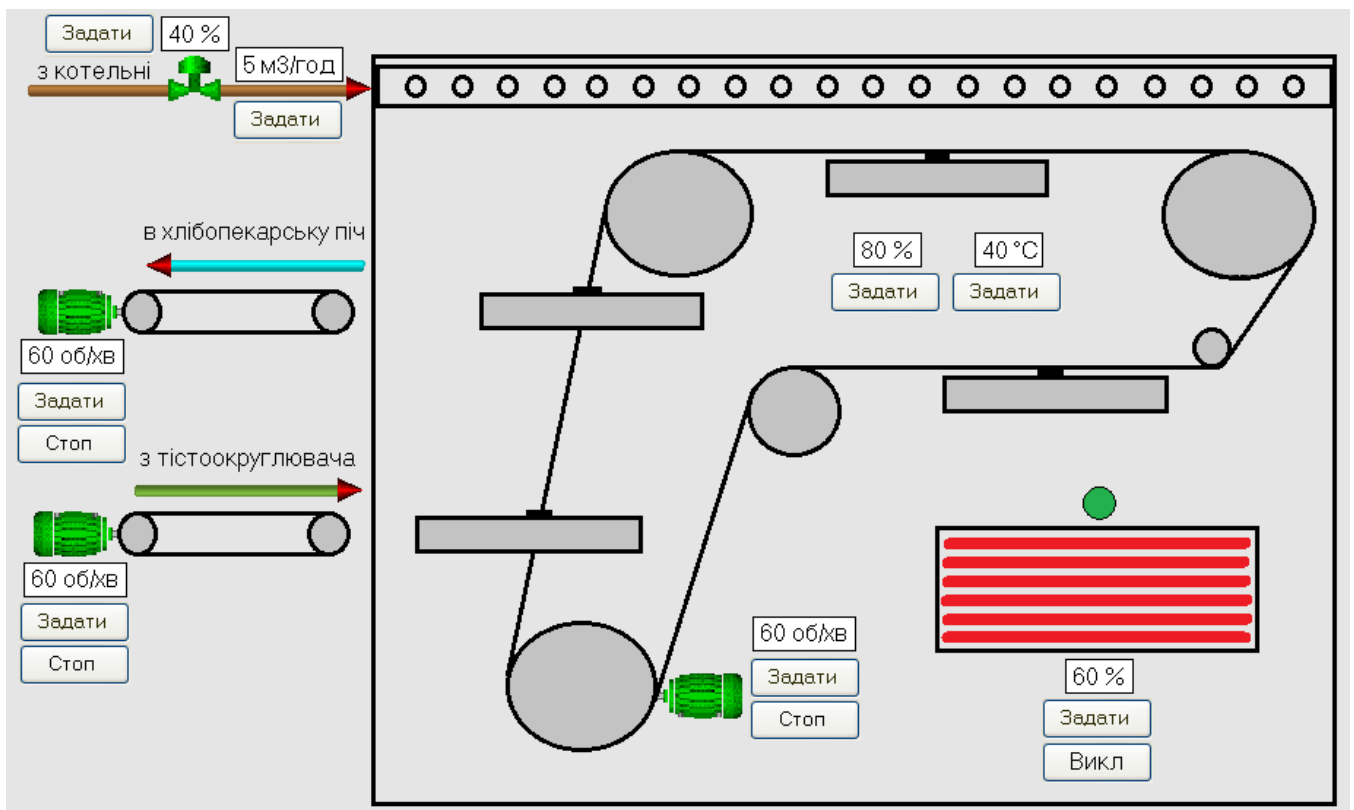


Рис. 6.2. Мнемосхема процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом.

## Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

### 7.1. Постановка задачі дослідження

Під час проходження процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом необхідно визначити оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури в шафі вистоювання (рис. 7.1).

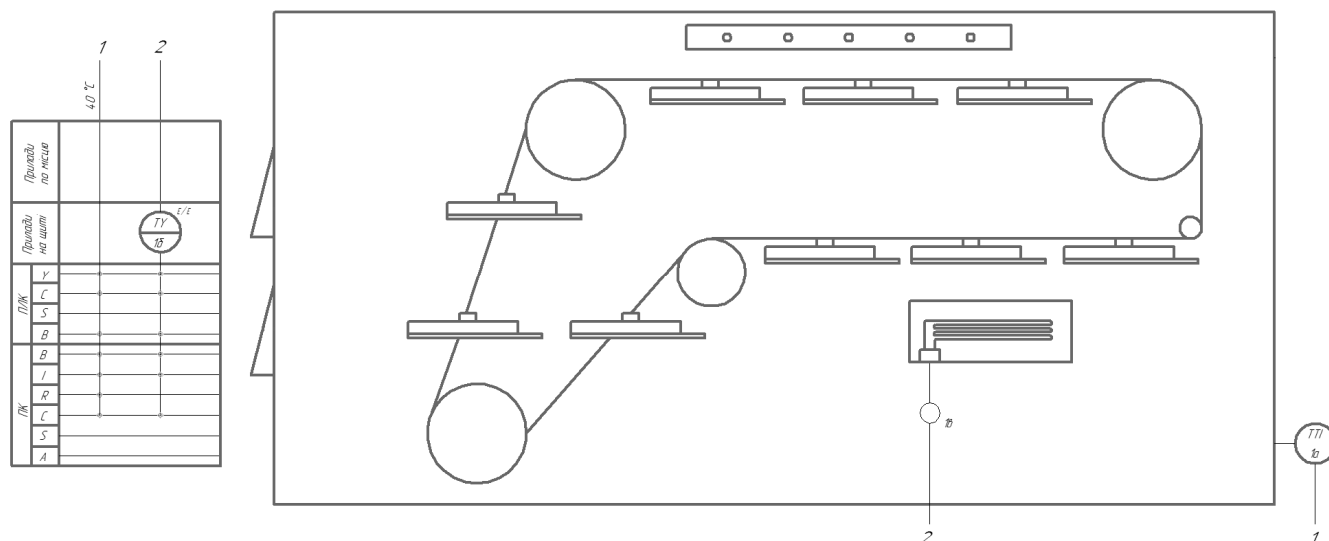


Рис. 7.1. Схема регулювання температури в шафі.

**Постановка задачі комп'ютерного моделювання:** визначити ОПН ПІ-регулятора для регулювання температури в шафі вистоювання.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Підлужний С.С.			Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Романов М.С.				59	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<b>НУХТ ЗАК-3-1ск</b>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					
<b>Розробка системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом</b>							

## 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

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

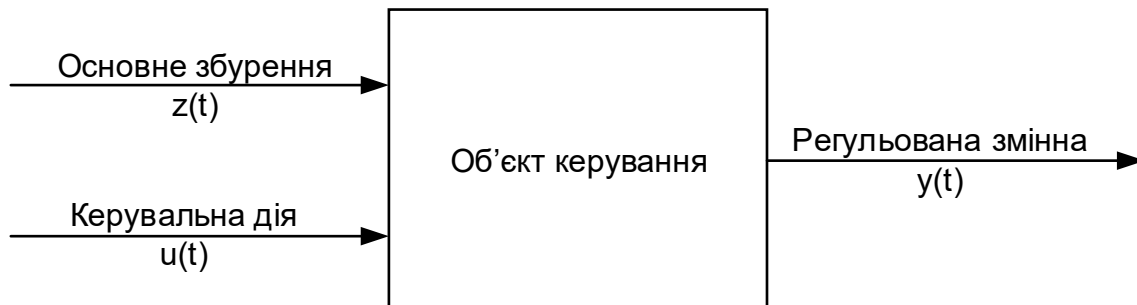


Рис. 7.2. Параметрична схема шафи вистоювання по каналу температури.

$z(t)$  – початкова температура в шафі вистоювання, °С,  $T_p$  (рис. 7.3);

$u(t)$  – управляюча дія – напруга нагрівача, В,  $U_n$  (рис. 7.3);

$y(t)$  – температура в шафі вистоювання, °С.

Досліджувана модель по каналу температури шафи вистоювання складається з ланок: аперіодичної та запізнення (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

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

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

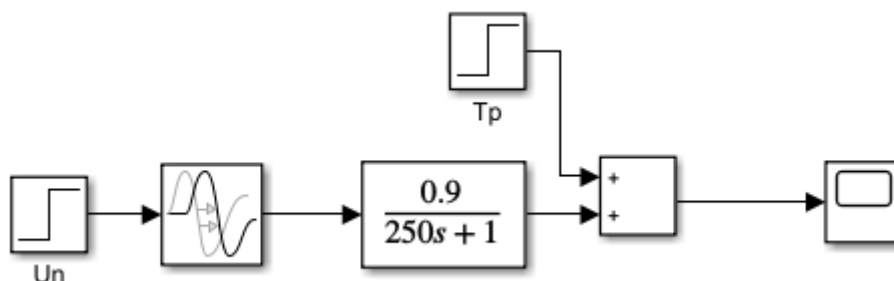


Рис. 7.3. Модель по каналу температури шафи вистоювання.

### 7.3. Моделювання САР

Визначимо оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора з таблиці вибравши метод – процес з 20% перерегулюванням та мінімальним часом першого півперіоду [10]:

Закон регулювання	Критерій		
	Процес з мінімальним часом регулювання	Процес з 20% перерегулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливань	Процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою
I	$k_{p1} = \frac{1}{4.5k_{об}T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7k_{об}T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7k_{об}T}$
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	$k_p = \frac{0.6T}{k_{об}\tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{T}{k_{об}\tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 0.7T$
ПІД	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_\delta = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$

Визначимо ОПН ПІ-регулятора:

$$k_{об} = 0,9; T = 250; \tau_{зп} = 25;$$

$$k_p = 250 / (0,9 * 25) = 11,1;$$

$$T_i = T_{об} = 250; k_i = k_p / T_i = 11,1 / 250 = 0,045.$$

Визначені ОПН ПІ-регулятора підставляємо в модель (рис. 7.4).

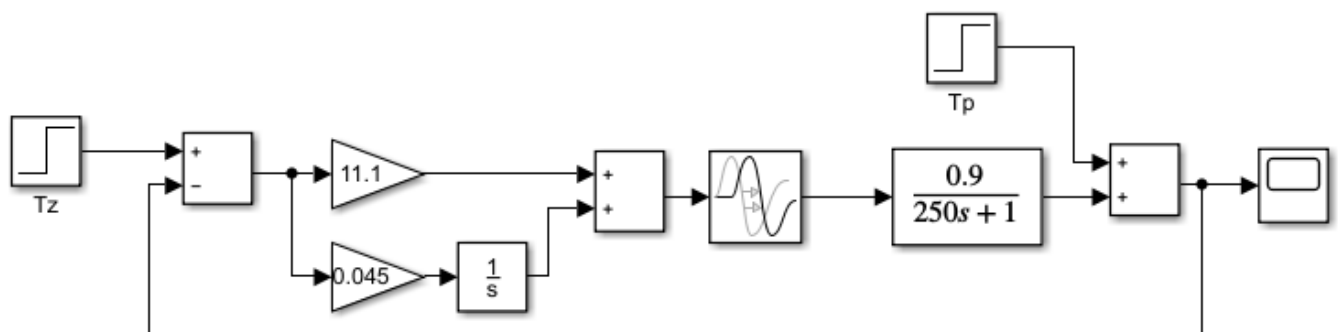


Рис. 7.4. Модель з ПІ-регулятором.

Отримано перехідний процес з визначеними ОПН ПІ-регулятора (рис. 7.5).

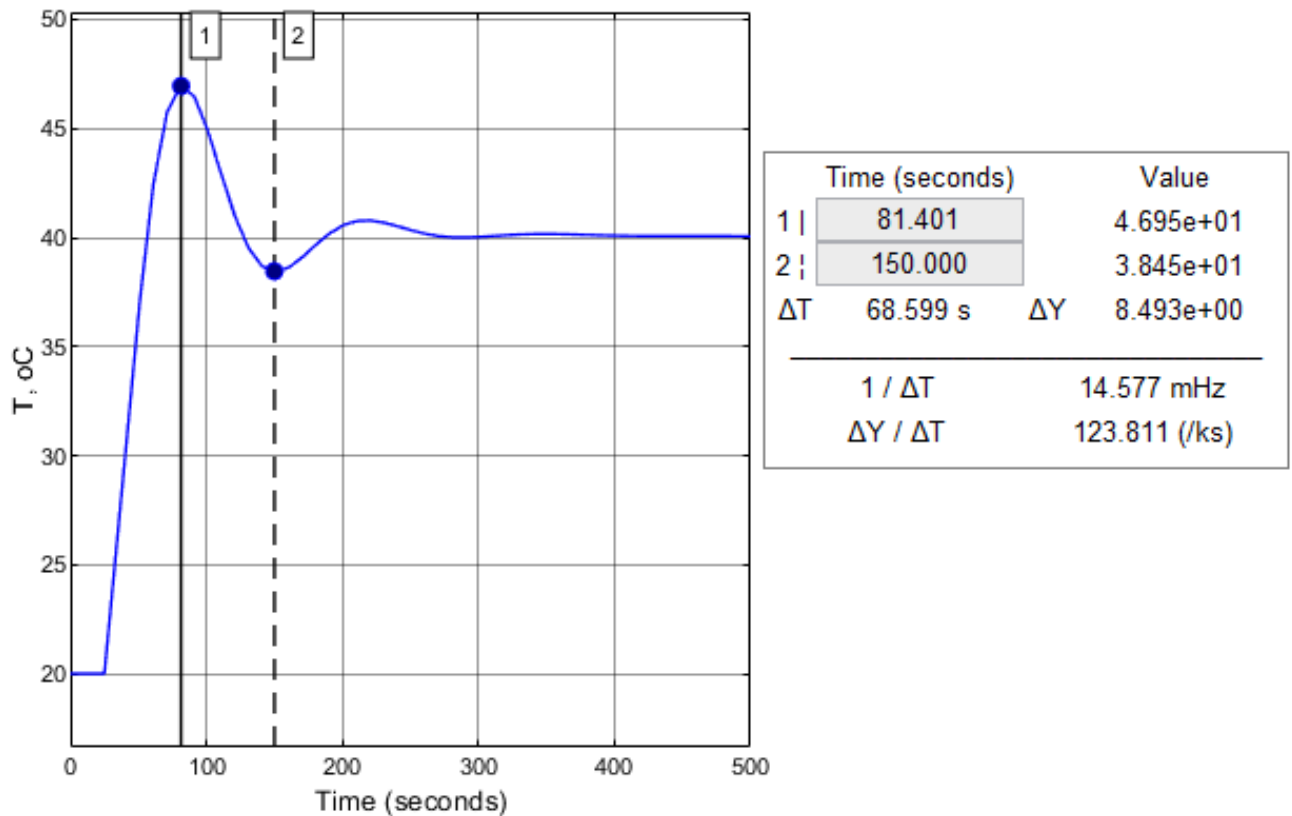


Рис. 7.5. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

Визначимо показник перерегулювання В:

$$A1 = 46,95 - 40 = 6,95;$$

$$A2 = 40 - 38,45 = 1,55;$$

$$B = A2/A1 * 100 \% = 1,55 / 6,95 * 100 \% = 22,3 \%$$

#### 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Комп'ютерне моделювання для системи автоматичного регулювання (САР) по каналу температури шафи вистоювання дозволило знайти оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора з 20% перерегулюванням та мінімальним часом першого півперіоду:

- коефіцієнта підсилення:  $k_p = 11,1$ ;
- час інтегрування:  $T_i = 250$ ;
- коефіцієнта інтегрування:  $k_i = 0,045$ .

Отриманий перехідний процес має значення перерегулювання – 22,3 %.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом.

Система автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом виконана на базі ПЛК Schneider Electric M340.

При використанні програмного забезпечення Citect SCADA 2015 розроблена дисплейна мнемосхема процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом для автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

В кваліфікаційній роботі проведено комп'ютерне моделювання процесу регулювання температури в шафі вистоювання для знаходження оптимальних параметрів налаштування (ОПН) ПІ-регулятора.

Розроблена система автоматизації процесу вистоювання тіста в шафі з електропідігрівом дозволяє проводити оптимально даний технологічний процес для отримання готової продукції високої якості.

Задіяні технічні засоби автоматизації дозволяють зменшити витрату енергоресурсів, що в подальшому зменшує собівартість готового продукту, це в свою чергу збільшує прибутковість виробництва.

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

## Список використаної літератури

1. Расстойка тестовых заготовок. URL: <https://nomnoms.info/rasstoyka-testovyh-zagotovok/>
2. Vortex Flow Meter. Instruction Manual. URL: <https://koboldusa.com/media/flow/DVH/manual-vortex-flow-meter-dvh.pdf?a=5976>
3. Industrial Resistance Thermometers. URL: <https://kobold.com/uploads/files/mwd-gb-temperature.pdf>
4. Твердотельные реле серий SSR и TSR. URL: <http://www.fotek.com.ua/rele.html>
5. Humidity/Temperature - Measuring Instrument. URL: <https://kobold.com/uploads/files/afk-g-gb-analysis.pdf>
6. EPC3020. URL: [https://arxivar.ascontecnologic.com/Default.aspx?doctype=CAT.COMM&Testo179\\_1=DS\\_EPC\\_E\\_--](https://arxivar.ascontecnologic.com/Default.aspx?doctype=CAT.COMM&Testo179_1=DS_EPC_E_--)
7. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF. URL: <https://www.cdfteccon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-recto-dn15-100-pn16-pv25g.pdf>
8. Lenze 8200 Vector. URL: <https://inverterdrive.com/file/lenze-8200-technical-manual>
9. 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](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalogue+Inductive+proximity+sensors+XS+range.pdf&p_Doc_Ref=DIA4ED2150801EN)
10. 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.

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

- 11.Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
- 12.Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
- 13.Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
- 14.Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
- 15.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.
- 16.Magnetostrictive Level Metersfor Liquids. URL:  
[https://www.kobold.com/uploads/files/n2gb\\_nmt.pdf](https://www.kobold.com/uploads/files/n2gb_nmt.pdf)
- 17.Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
- 18.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.
- 19.Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
- 20.Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
- 21.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.
- 22.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
- 23.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

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

24. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. 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.

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

- 32.Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
- 33.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.
- 34.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 Uchbovooi Literatury, 2014.- 240 p.
- 35.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.
- 36.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.
- 37.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 38.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.
- 39.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)
- 40.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.
- 41.Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

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

42. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
43. 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
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
48. 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.

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

49. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
50. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						70
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		