

**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  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«5» червня 2025 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«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 бродіння пива

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

БАЧИНСЬКИЙ Тимофій Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Полунан Володимир Володимирович  
(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 Сергій ГРИБКОВ  
(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

БАЧИНСЬКОМУ Тимофію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива

керівник роботи к.т.н. доц. Полупан Володимир Володимирович

(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 Тимофій БАЧИНСЬКИЙ

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Володимир ПОЛУПАН

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

Кваліфікаційна робота розглядає розробку системи автоматизації процесу бродіння пива (СА ВПХБ) на пивзаводі.

СА БРДП на пивзаводі використовує промисловий логічний контролер (ПЛК) М340 від Schneider Electric.

В роботі розглядається спосіб монтаж технічного засобу автоматизації – ємнісного рівнеміра KOBOLD NMC-S.

Графічний інтерфейс оператора – мнемосхеми розроблена в програмі Citect SCADA.

Проведене комп'ютерне моделювання для САР (системи автоматичного регулювання) контуру регулювання температури бродіння дозволило знайти оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора використавши метод – процес з мінімальним часом регулювання. Перехідний процес по розрахованим ОПН ПІ-регулятора складає 150 секунд часу регулювання.

**Ключові слова:** бродіння, пиво, СА БРДП, автоматизація, Schneider Electric М340, KOBOLD NMC-S.

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

## Annotation

The qualification work considers the development of the beer fermentation process automation system (SA BFP) at the brewery.

The SA BFP at the brewery uses the industrial logic controller (PLC) M340 from Schneider Electric.

The work considers the method of installing the technical means of automation – the capacitive level gauge KOBOLD NMC-S.

The graphical operator interface – mnemonics is developed in the Citect SCADA program.

The computer modeling for the ACS (automatic control system) of the fermentation temperature control loop made it possible to find the optimal settings (OPS) of the PI controller using the method – the process with the minimum control time. The transient process according to the calculated OPS of the PI controller is 150 seconds of control time.

**Keywords:** fermentation, beer, SA BFP, automation, Schneider Electric M340, KOBOLD NMC-S.

					<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.....	14
<b>Розділ 2. Система автоматизації</b> .....	15
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	15
2.2. Схема автоматизації.....	38
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	40
<b>Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення</b> .....	43
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	43
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	44
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	45
<b>Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів</b> .....	49
<b>Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)</b> .....	53
<b>Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога</b> .....	59
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	59
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	61
<b>Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання</b> .....	62
7.1. Постановка задачі дослідження.....	62
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	63
7.3. Моделювання САР.....	64
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	66
<b>Висновки</b> .....	67
<b>Список використаної літератури</b> .....	68

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

## Вступ

Процес бродіння пива на пивзаводі грає важливу роль на якість пива, що п виробляється на пивзаводі.

Для дотримання оптимальних технологічних вимог процесу бродіння пива необхідно використовувати сучасні технічні засоби автоматизації. А це в свою чергу призводить до отримання готового кінцевого продукту високої якості

Мета кваліфікаційної роботи полягає в розробці системи автоматизації процесу бродіння пива на пивзаводі.

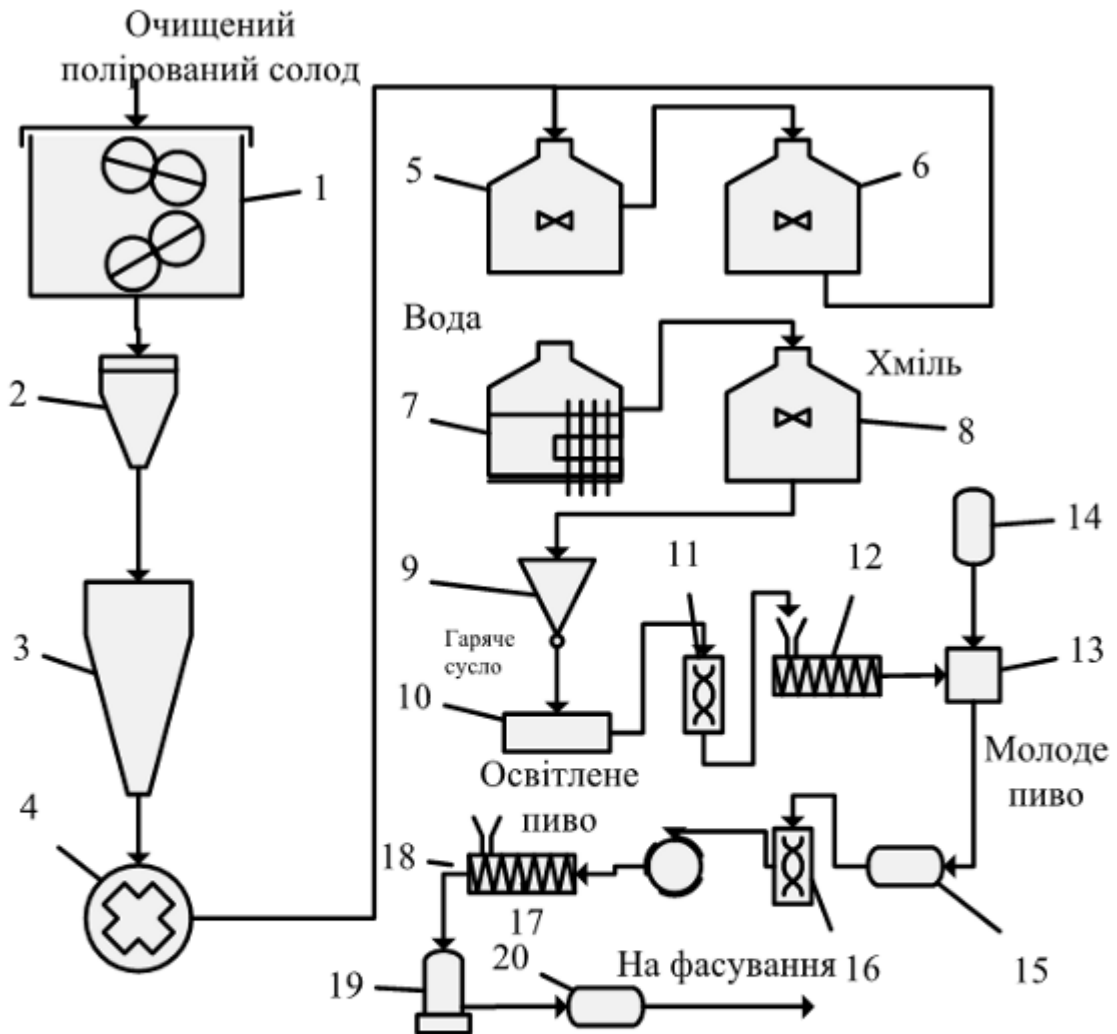
Використання сучасних технічних засобів автоматизації в системи автоматизації процесу бродіння пива на пивзаводі дозволить раціонально використовувати енергоресурси для проведення процесу бродіння. Раціональне використання енергоресурсів призведе до їх заощадження не порушуючи оптимальності проходження технологічного процесу. А заощадження енергоресурсів в свою чергу призведе до збільшення прибутковості пивзаводу.

					<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.

Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва пива зображено на рис. 1.1 [1].



Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва пива: 1 – дробарка вальцюва; 2 – ваги; 3 – бункер; 4 – магнітовловлювач; 5, 6 – апарат заторний; 7 – апарат фільтраційний; 8 – апарат варильний; 9 – хмелевідокремлювач; 10 – збірник; 11 – сепаратор; 12 – теплообмінник пластинчастий; 13 – чан бродильний; 14 – чан із дріжджами; 15, 20 – танки; 16 – сепаратор-освітлювач; 17 – фільтр; 18 – теплообмінник; 19 – карбонізатор

Рис. 1.1. Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва пива

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бачинський Т.О.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Полупан В.В.					8	7
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Технологічний процес виробництва пива зображено на технологічній схемі (рис. 1.2) [1].

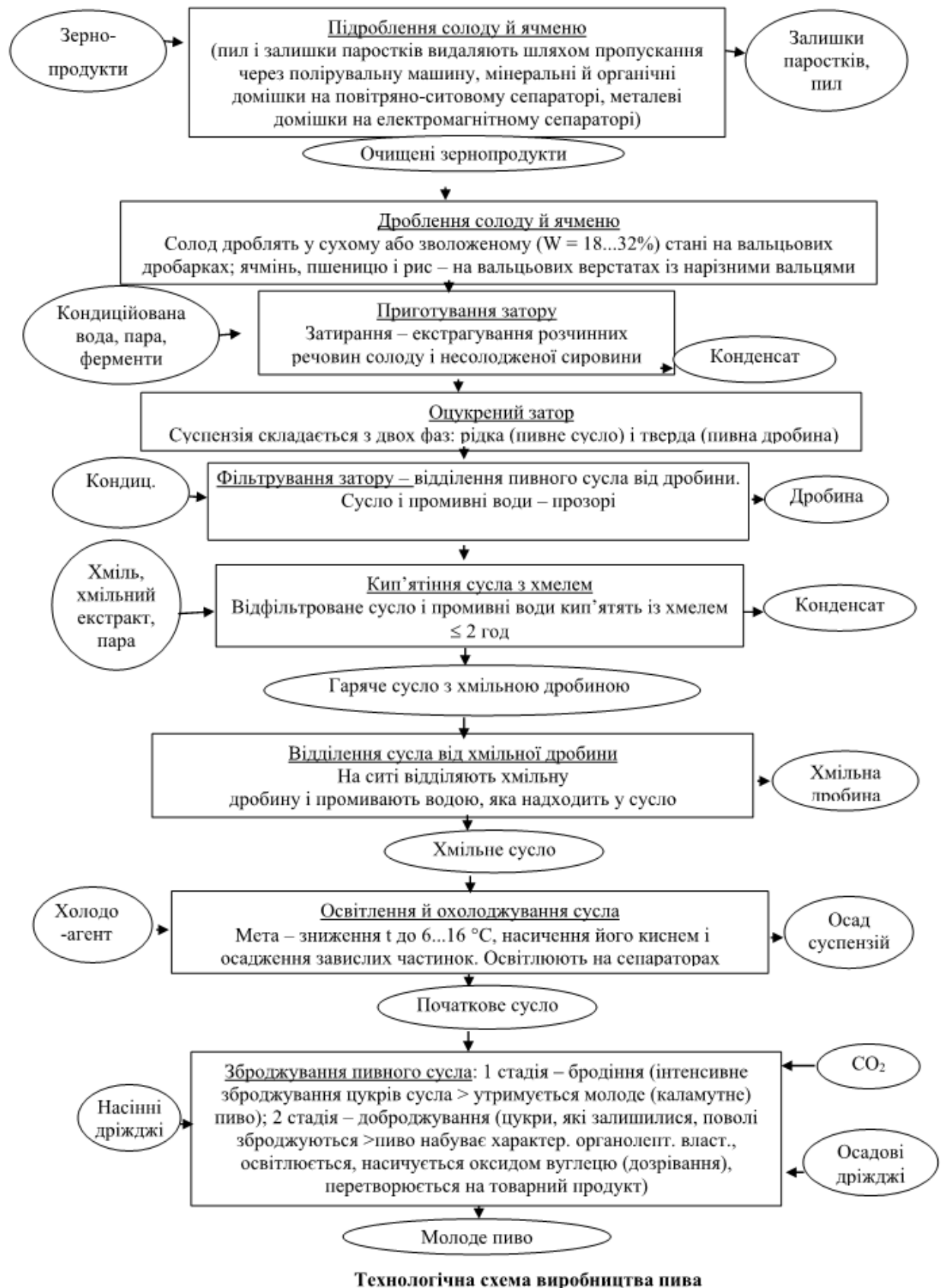


Рис. 1.2. Технологічна схема виробництва пива.

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

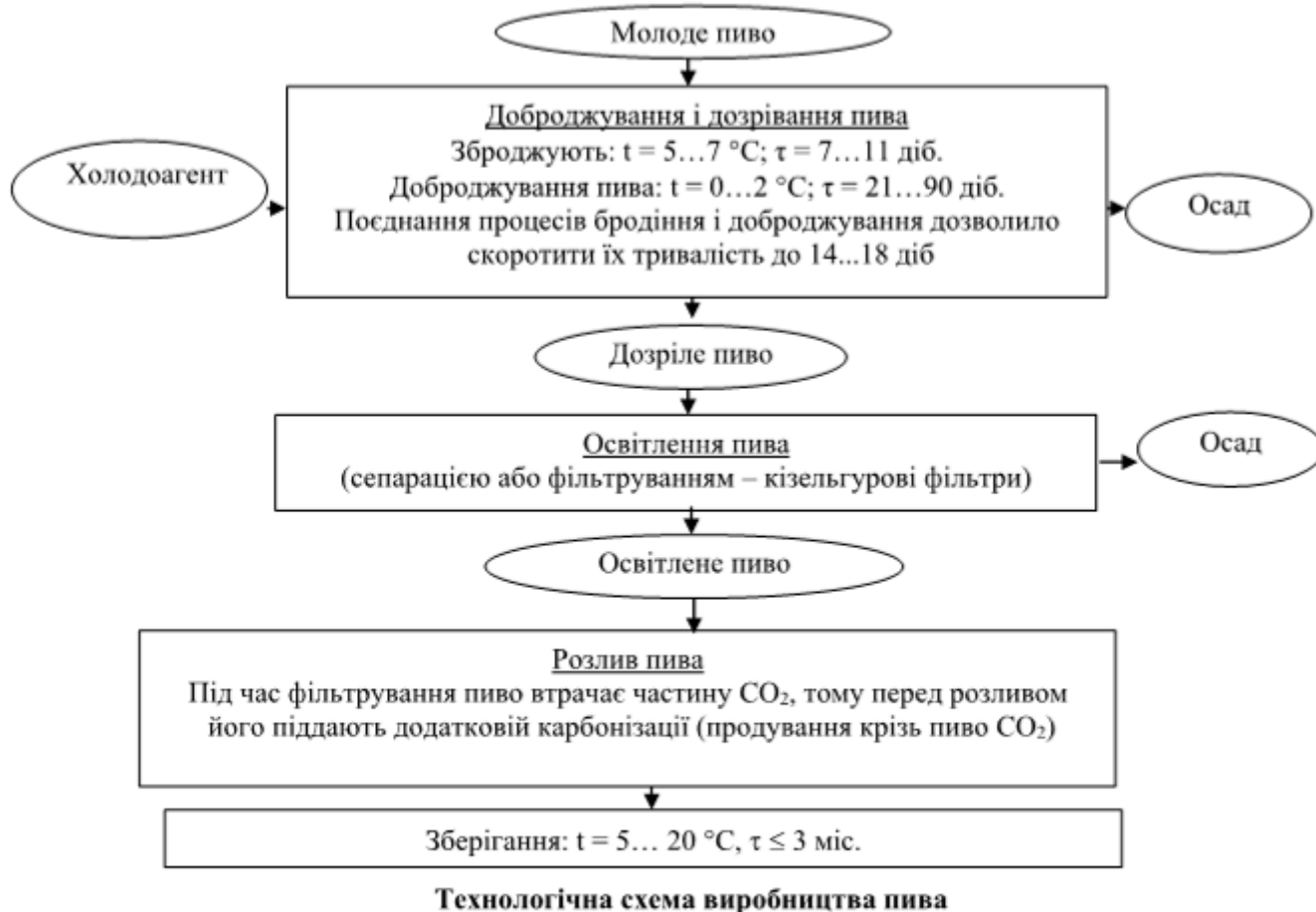


Рис. 1.2. Технологічна схема виробництва пива (продовження).

Головну роль під час виробництва пива відіграє процес бродіння. Процес бродіння поділяється на два види: на процес верхнього бродіння пива та на процес нижнього бродіння пива.

Процес верхнього бродіння пива відбувається в відкритих чанах. Схему бродіння в відкритому чані зображено на рис. 1.3 [2].

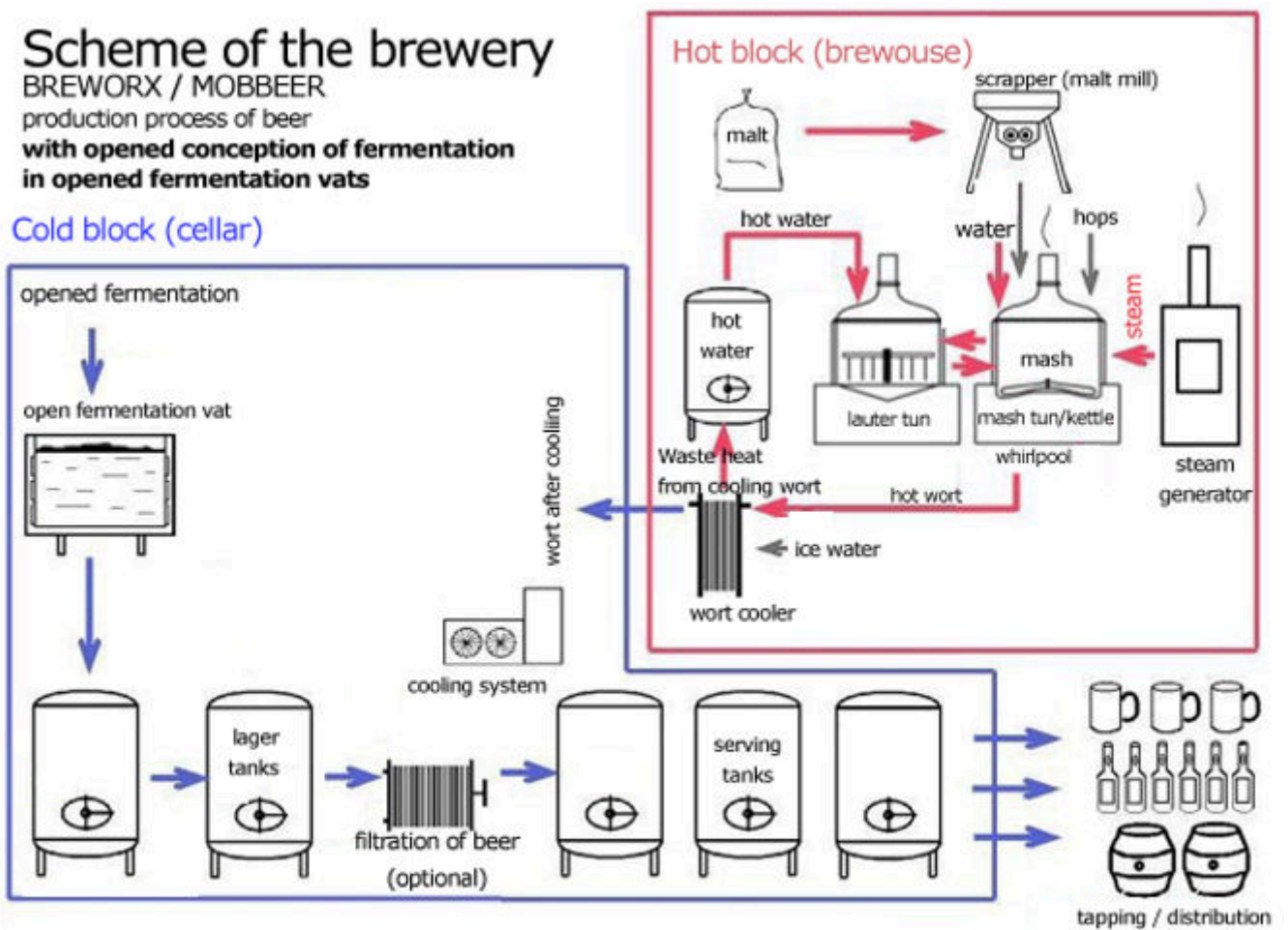


Рис.1.3. Схема бродіння в відкритому чані.

Процес нижнього бродіння пива відбувається в закритих чанах. Схему бродіння в закритих чанах зображено на рис. 1.4 [2].

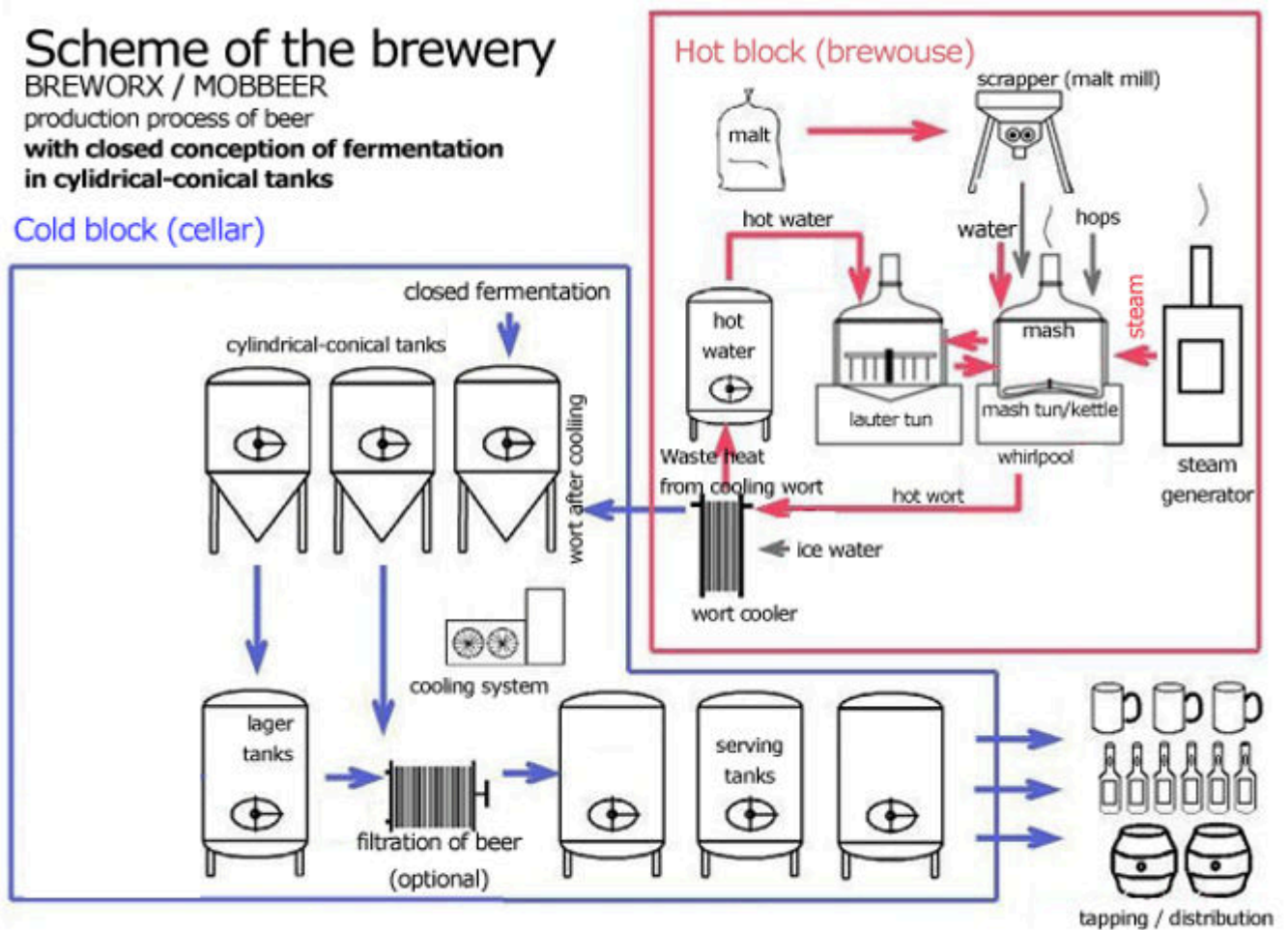


Рис. 1.4. Схема бродіння в закритих чанах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вигляд закритих бродильних чанів в яких відбувається процес нижнього бродіння пива зображено на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Вигляд закритих бродильних чанів.

Процес нижнього бродіння в закритому чані проводять при температурах від 8 °С до 19 °С додаючи в сусло дріжджі з розрахунку 300 г на 1 гл сусла.

Процес бродіння проводять під тиском в закритому чані в діапазоні від 0,04 МПа до 0,07 МПа.

Процес бродіння в припиняють коли в пиві досягається масова частка сухих речовин в діапазоні від 2,2 % до 2,5 % вмісту сухих речовин [3].

## 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	Трубопровід	Облік сусле	1000 л	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса М1	
		Облік рідких дріжджів	30 л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі рідких дріжджів (поз. 5в)	
2	Бродильний чан	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса М2 та вплив на клапан спуску рідких дріжджів (поз. 3в)	
		Температура	10 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі холодоагенту (поз. 1в)	
		Тиск	0,05 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан випуску повітря (поз. 2в)	
		Вміст сухих речовин	2,5 %	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	

## Розділ 2. Система автоматизації

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

Для системи автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі температура бродіння визначається датчиком KOBOLD MWD-B [4] (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Датчики KOBOLD серії MWD.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бачинський Т.О.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Полупан В.В.					15	28
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

## Технічні дані датчиків KOBOLD серії MWD:

### Technical Details

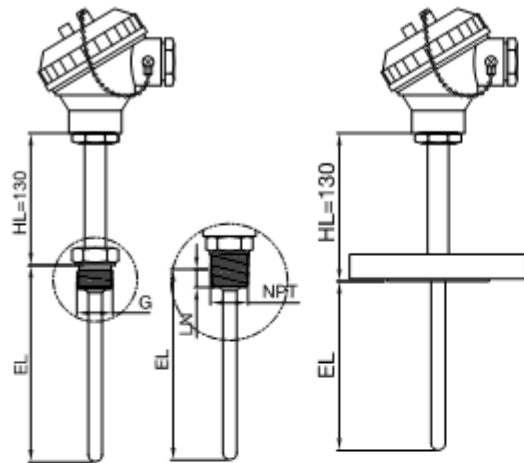
Measuring principle:	temperature depending resistor
Measuring range:	-70...+250 °C -70... +400 °C -70... +600 °C -198... +100 °C
Sensor:	Pt100 single or double sensor (1 x Pt100 or 2 x Pt100) IEC 751
Accuracy:	Class F0.15 (A), F0.1 (1/2 DIN), F0.03 (1/10 DIN) or cryogenic
Ambient temperature:	-40...+150 °C with ceramic terminal block (without transmitter) -40...+85 °C (with transmitter) -20...+70 °C (with LCD display) -20...+80 °C (with LED display)
Connection head:	BR screwed cover, with chain, DIN B cover with two screws, BUZ, hinged cover BUZ-H, high model hinged cover and others
Electrical connection:	M20x1.5 standard (others on request)
Materials:	
Sensor:	stainless steel 1.4404
Connection head:	aluminium, painted, stainless steel, and PP (others on request)
Terminal block:	ceramic (without transmitter)
Process connection:	
Thread:	G 1/4, G 1/2, G 3/4, G 1 male, 1/4" NPT, 1/2" NPT, 3/4" NPT, 1" NPT male
DIN-flange:	DN 15, 20, 25, 32, 40, 50 PN 10, 16, 40
ANSI flange:	1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2" class 150, class 300
Max. pressure:	30 bar
Sensor wiring:	2, 3 or 4-wire
Output:	resistance value
Protection:	connection head IP 54... 68 depending on cable gland

Model	Measuring insert exchangeable	Protection tube /P <sub>max</sub>
MWD-C, E, D	yes	yes/30 bar
MWD-F, G, W <sup>1)</sup>	yes	no/P <sub>atm</sub>
MWD-A, B, L	no	yes/30 bar

<sup>1)</sup> Model F/G/W only with thermowell TWL-0

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

## Технічні дані та параметри замовлення датчика KOBOLD MWD-B:



### Model MWD-B compact threaded or flanged with neck pipe

#### Specifications:

Sensor element: Pt100 3-wire class F0.3 (B), F0.15 (A), F0.1 (1/2 DIN), F0.03 (1/10 DIN), cryogenic, and others

Neck pipe HL: 130 mm

Electrical connection: M20x1.5

Max. pressure: 30 bar (at 20°C)

Protection tube: according to DIN 43772, filled with magnesium oxide (MgO) stainless steel 1.4404 (316L)

Material:

#### For NPT thread

LN = screw-in-length by hand

6 mm at 1/4" NPT

8.1 mm at 1/2" NPT

8.1 mm at 3/8" NPT

9 mm at 1" NPT

Model	Protection tube diameter (D)	Process connection	Sensor type / category	RTD wiring	Terminal head	Head transmitter	Options
MWD-B	4 = tube Ø4 5 = tube Ø5 6 = tube Ø6 8 = tube Ø8 9 = tube Ø9 A = tube Ø10 C = tube Ø12 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  F15 = DN15 PN16 F20 = DN20 PN16 F25 = DN25 PN16 F32 = DN32 PN16 F40 = DN40 PN16 F50 = DN50 PN16 H15 = DN15 PN40 H20 = DN20 PN40 H25 = DN25 PN40 H32 = DN32 PN40 H40 = DN40 PN40 H50 = DN50 PN40  A15 = 1/2" CL150 RF A20 = 3/4" CL150 RF A25 = 1" CL150 RF A40 = 1 1/2" CL150 RF A50 = 2" CL150 RF  B15 = 1/2" CL300 RF B20 = 3/4" CL300 RF B25 = 1" CL300 RF B40 = 1 1/2" CL300 RF B50 = 2" CL300 RF  XXX = special options	A = 1 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +250 °C) B = 2 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +250 °C) C = 1 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +250 °C) D = 2 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +250 °C) E = 1 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +400 °C) F = 2 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +400 °C) G = 1 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +400 °C) H = 2 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +400 °C) I = 1 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +600 °C) J = 2 x Pt 100 class F0.3 (B) (-70 ... +600 °C) K = 1 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +600 °C) L = 2 x Pt 100 class F0.15 (A) (-70 ... +600 °C) M = 1 x Pt 100 class F0.1 (1/2 DIN) (-70 ... +250 °C) N = 1 x Pt 100 class F0.03 (1/10 DIN) (-70 ... +250 °C) O = 1 x Pt 100 class F0.1 (1/2 DIN) (-70 ... +400 °C) P = 1 x Pt 100 class F0.03 (1/10 DIN) (-70 ... +400 °C) Q = 1 x Pt 100 class cryogenic (-198 ... +100 °C) X = special options	2 = 2-wire 3 = 3-wire 4 <sup>2)</sup> = 4-wire	G = screw-cap with chain, aluminium I = screw-cap with chain, stainless steel 1.4401 F = screw-cap, PP M <sup>3)</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>3)</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, 150 mm flying leads	0 = without Y = acc. to specifications

<sup>1)</sup> Only with head transmitter option 0 / only sensor type 1xPt100

<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'

**Note:** Please specify length 'EL' in clear text, while ordering

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

Кваліфікаційна робота

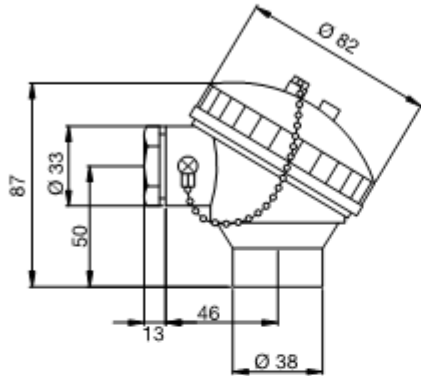
Арк.

17

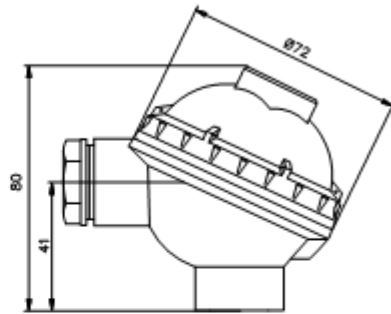
## Вибір головки перетворювача датчика KOBOLD MWD-B:

### Terminal Heads

**Option G** Housing material: aluminium  
**I** Housing material: stainless steel 1.4401  
 Protection: IP65

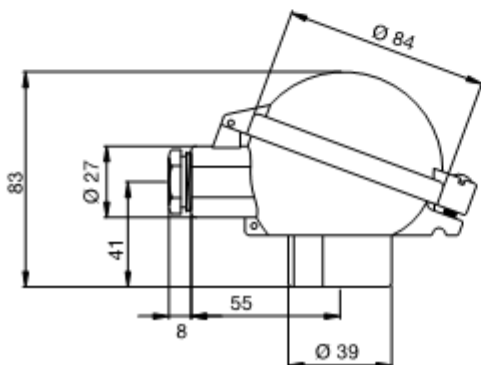


**Option F** Housing material: PP  
 Protection: IP65

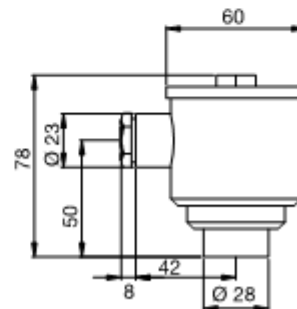


**Option Z** Housing material: Aluminium  
 Protection: IP65

**Note:** IP protection depends on cable gland.  
 Higher IP on request.



**Option K** Housing material: stainless steel 1.4401  
 Protection: IP65



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

18

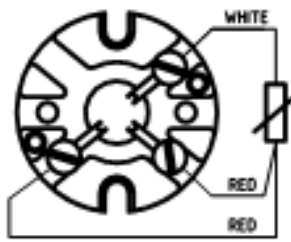


Схема підключення термометра опору до вторинного перетворювача:

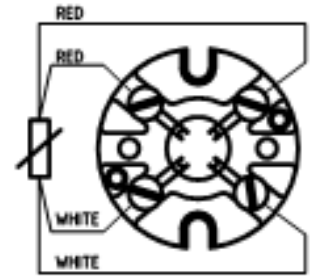
**Electrical Connection**



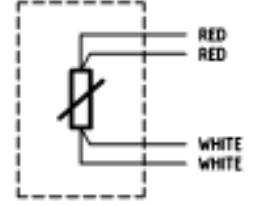
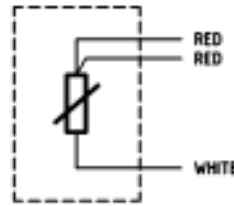
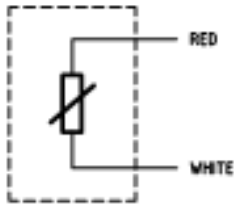
1 x Pt100, 2-wire



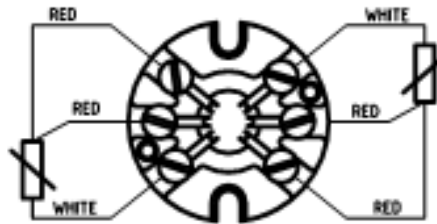
1 x Pt100, 3-wire



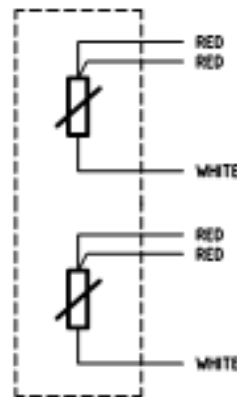
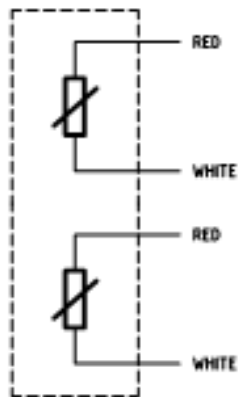
1 x Pt100, 4-wire



2 x Pt100, 2-wire



2 x Pt100, 3-wire



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В СА БРДП на пивзаводі тиск в бродильному чані визначається датчиком KOBOLD SEN-9900 [5] (рис. 2.2).



Рис. 2.2. KOBOLD SEN-9900.

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

## Технічні дані датчика KOBOLD SEN-9900:

### Technical Details

Ranges:	0...1/0...600 bar, relative, (0...15/0...10000 psi, relative) -1...0/-1...+24 bar, relative; (-30"...0/-30"...350 psi, relative) 0...1/0...25 bar, absolute
Non-linearity (BFSL):	±0.25 % of the range, according to IEC 61298-2
Repeatability:	≤0.1 % of the range, according to IEC 61298-2
Accuracy:	≤±0.5 % of the range <sup>1)</sup>
Thermal drift:	0...+80 °C, 1 % of span; max. 2.5 % of span <sup>2)</sup>
Long term drift:	≤0.1 % of span
Process fluid temperature:	-25...+100 °C
Ambient temperature:	-25...+85 °C
Storage temperature:	-30...+85 °C
Output signals:	4...20 mA, 0...5 V <sub>DC</sub> , 0...10 V <sub>DC</sub>
Supply and max. load:	see on page 3
Response time:	<4 ms (measuring); <150 ms (switching on)
Zero calibration:	± 10 % span typical
Span calibration:	± 10 % span typical
Compensated temperature range:	0...+80 °C
Process connection:	AISI 316L stainless steel
Sensor:	ceramic (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Case:	stainless steel AISI 316L, vented for pressure ranges ≤230 psi (≤ 16 bar)
Vibration resistance:	20 g (10...2000 Hz, according to IEC 60068-2-6)
Shock resistance:	40 g (6 ms, according to IEC 60068-2-27)
O-ring:	FKM
Electric connection:	EN 175301-803 <sup>3)</sup> form A, exit for cables Ø 0.23...0.35" (6...9 mm)
Protection degree:	IP 65 as per IEC 529 / EN 60529
Weight:	0.39 lbs (0.18 kg)

Ranges bar, relative	Overpressure bar, relative	Burst pressure bar, relative
-1...0	5	7
-1...0.6	5	7
-1...1.5	5	7
-1...3	10	12
-1...5	20	25
-1...9	20	25
-1...15	40	50
-1...24	100	120
0...1/0...2.5	5	7
0...4	10	12
0...6/0...10	20	25
0...16	40	50
0...25/0...40	100	120
0...60/0...100	200	250
0...160/0...250	500	600
0...400	600	800
0...600	800	900

Other ranges available on demand. Units of measurement available in MPa, kPa too.

Absolute pressure ranges have same overpressure limits as gauge pressure ranges.

Ranges psi, relative	Overpressure psi, relative	Burst pressure psi, relative
-30...0 in Hg/psi	72	100
-30...30 in Hg/psi	72	100
-30...60 in Hg/psi	145	175
-30...100 in Hg/psi	290	360
-30...150 in Hg/psi	290	360
0...15/0...30	72	100
0...60	145	175
0...100/0...160	290	360
0...300	580	725
0...600	1450	1740
0...1000/0...1500	2900	3625
0...2000/0...3000	7250	8700
0...5000/0...6000	8700	11600
0...10000	11600	13050

Other ranges available on demand. Units of measurement available in MPa, kPa too.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

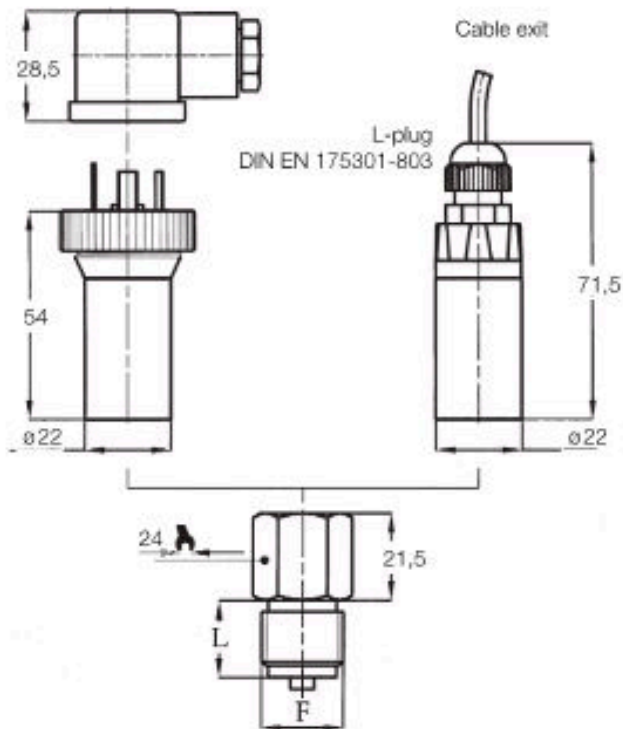
Кваліфікаційна робота

Арк.

22

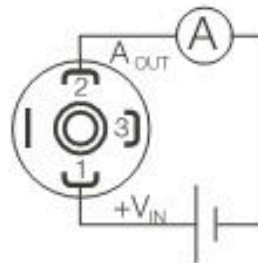
# Габаритні розміри та способи електричного підключення датчика KOBOLD SEN-9900:

## Dimensions [mm]

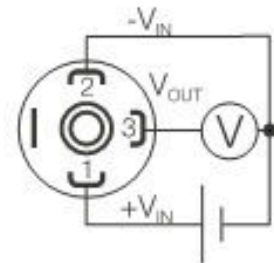
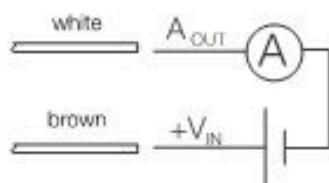


F	L [mm]
A - G 1/2 A (standard)	20
B - G 1/4 A	13
F - 1/2-14" NPT	20
G - 1/4-18" NPT	13

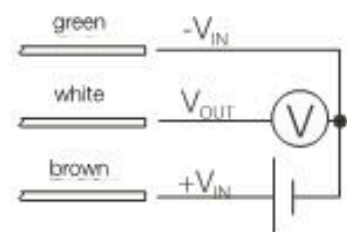
## Wiring Diagram



4...20 mA



0...5 V<sub>DC</sub>  
0...10 V<sub>DC</sub>



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

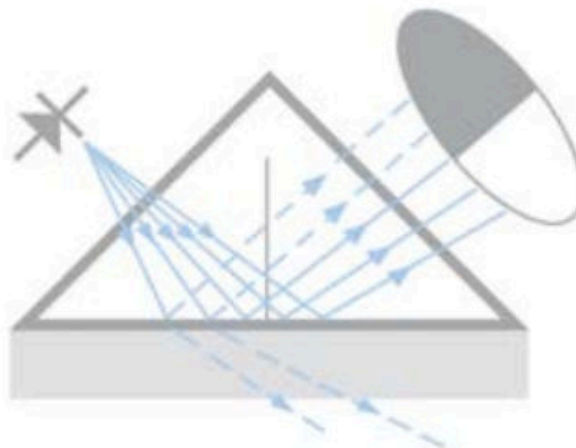
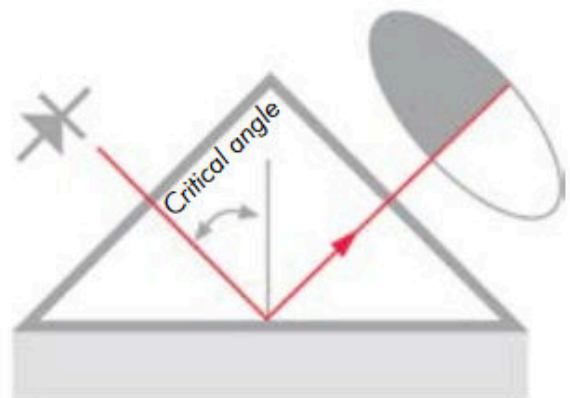
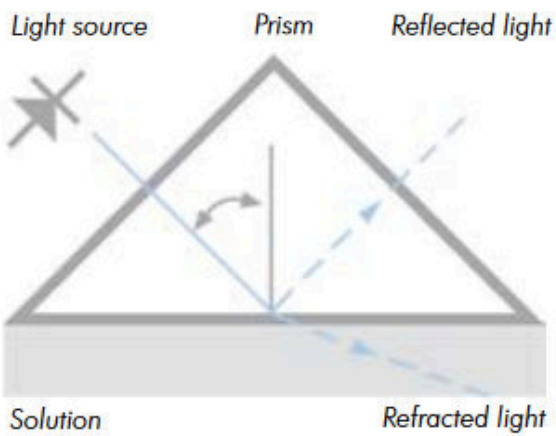
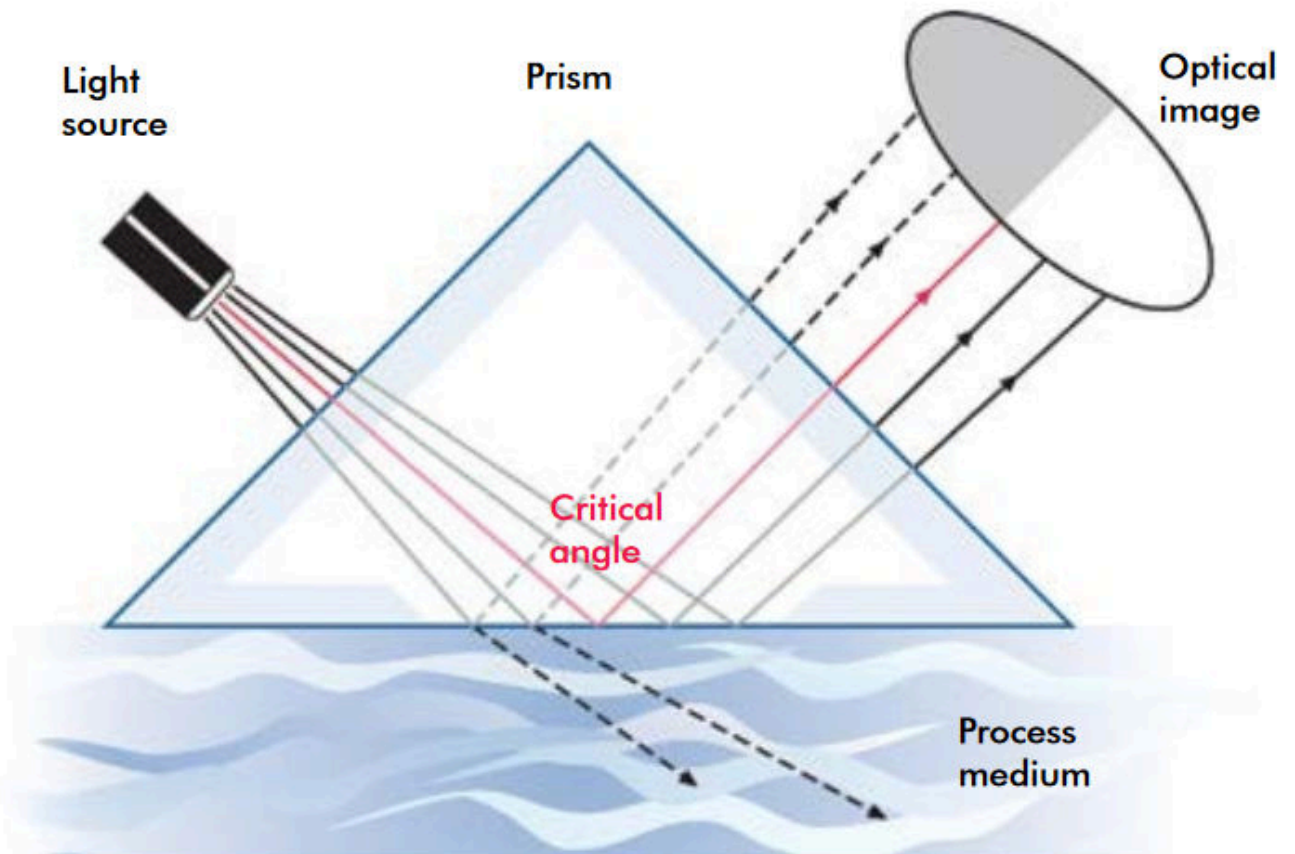


В СА БРДП на пивзаводі вміст сухих речовин в бродильному чані визначається рефрактометром Vaisala K-PATENTS PR-23-GP [6] (рис. 2.3).



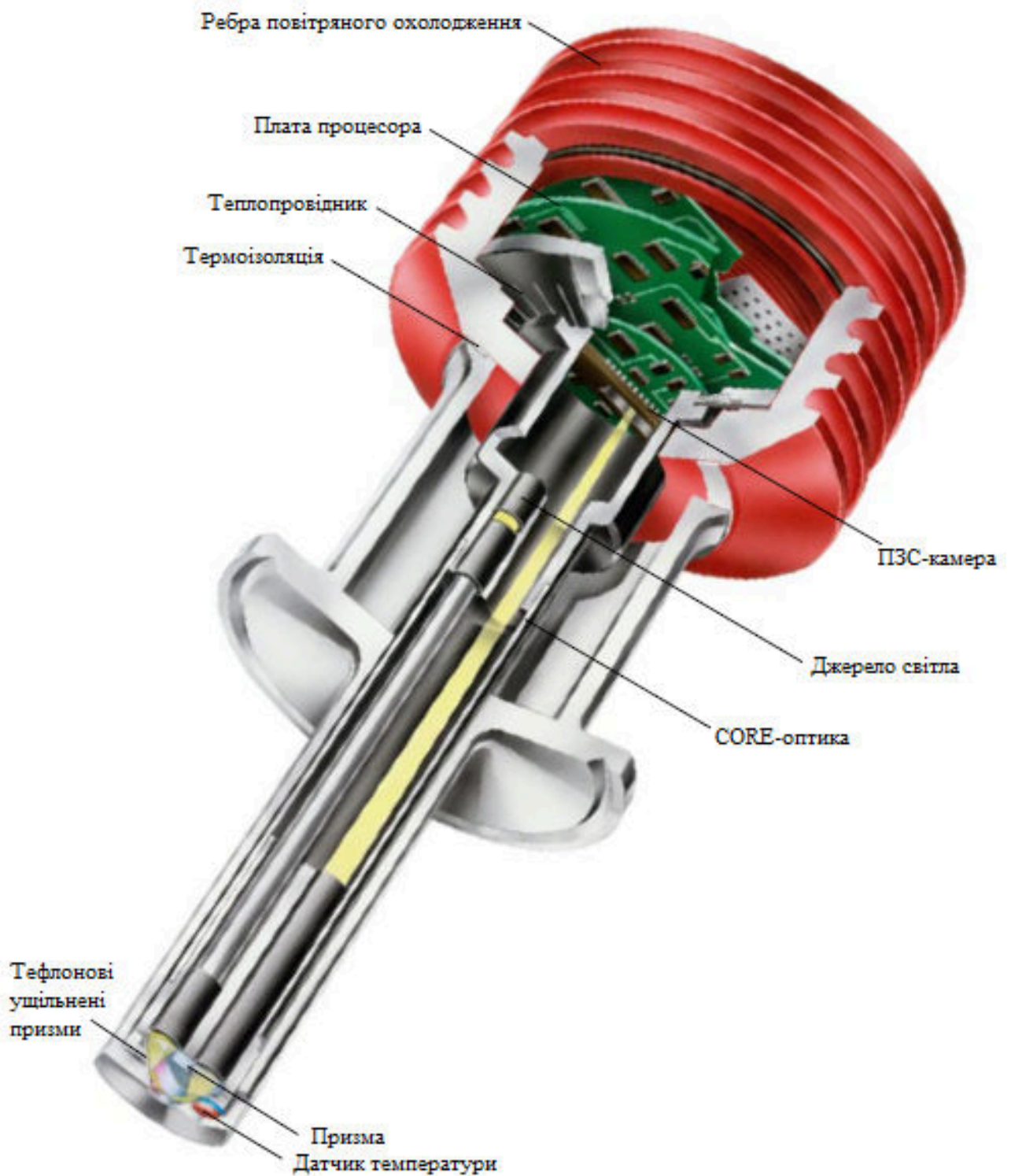
Рис. 2.3. Vaisala K-PATENTS PR-23-GP.

Принцип дії рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23-GP:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Будова первинного перетворювача рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23-GP:

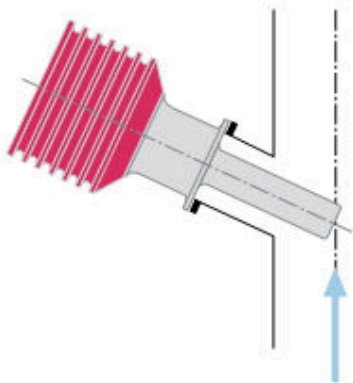


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

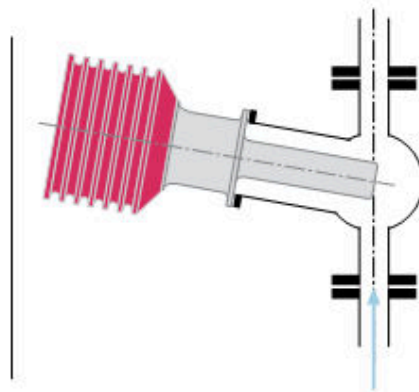
# Принцип встановлення первинного перетворювача рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23-GP:

## INSTALLATION

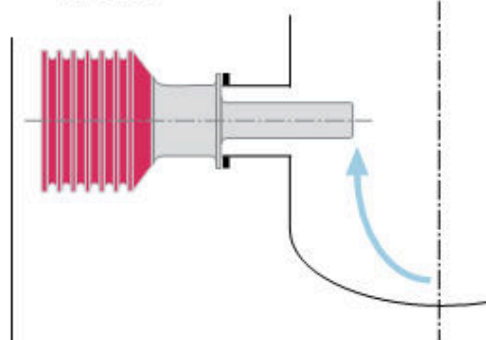
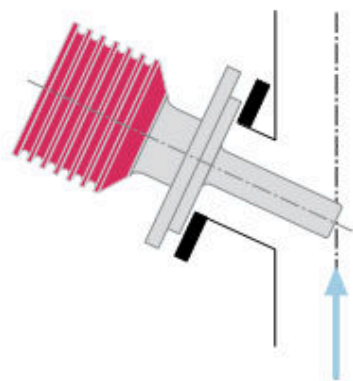
MEDIUM AND LARGE PIPES



PIPES 2" OR SMALLER



VESSELS



## DUAL CONNECTIVITY

The Process Refractometer PR-23-GP sensor is factory calibrated to measure refractive index  $n_D$  and temperature  $T$  in standard units. Each sensor has identical calibration  $n_D = 1.32 \dots 1.53$  (corresponding to 0-100 Brix). One or two sensors can be connected to one Indicating transmitter.

Because the PR-23 sensors have identical calibration, and each sensor gives Refractive Index  $n_D$  and temperature as output, all sensors can be freely interchanged without any inconvenience of optical calibration or parameter changes.

The non-linear conversion from refractive index to concentration units and also temperature compensation are based on standard tables. They are programmed inside the transmitter independently of the sensor.

Our manufacturing process is ISO 9001 certified. We also support the verification within the user's own quality system.

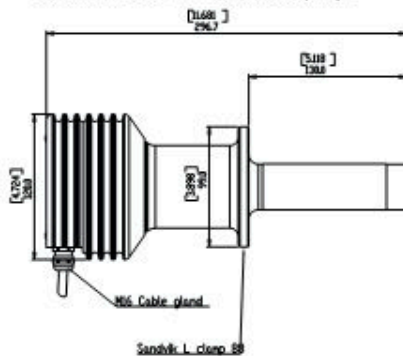
Each sensor is provided with a calibration certificate comparing a set of standard liquids to the actual sensor output. Therefore, the calibration and accuracy can be easily verified on-site with the certified refractive index liquids and our documented verification procedure.

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

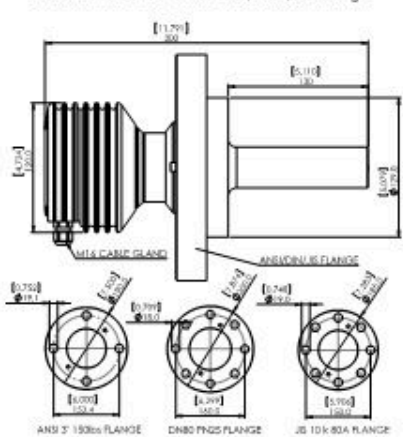
# Технічні дані рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23-GP:

## SPECIFICATIONS

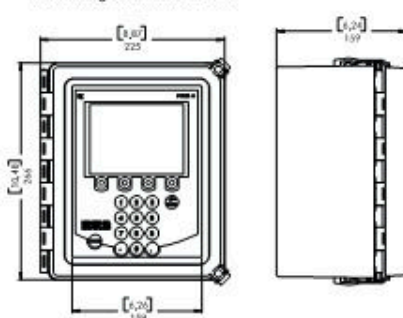
Sensor PR-23-GP with Sandvik coupling L



Sensor PR-23-GP with ANSI/DIN/JIS flange



Indicating transmitter DTR



Refractive Index range, standard:	Full range, $n_D = 1.3200...1.5300$ (corresponds to 0...100 % b.w.)
Accuracy:	Refractive index $n_D \pm 0.0002$ (corresponds typically to $\pm 0.1\%$ by weight) Repeatability $n_D \pm 0.0001$ (corresponds typically to $\pm 0.05\%$ by weight)
Speed of response:	1 s undamped, damping time selectable up to 5 min
Calibration:	With Cargille standard R.I. liquids over full range of $n_D$ , 1.3200...1.5300
CORE-Optics:	No mechanical adjustments
Digital measurement:	3648 pixel CCD element
Light source:	Light emitting diode (LED), 589 nm wavelength, sodium D-line
Temperature sensor:	Built-in Pt-1000, linearization according to IEC 751
Temperature compensation:	Automatic, digital compensation
Instrument verification:	With NIST traceable Cargille standard R.I. liquids. A transmitter guided procedure over Ethernet including a printable verification report
Ambient temperature:	Sensor: max. 45°C (113°F), min. -40°C (-40°F) Indicating transmitter: max. 50°C (122°F), min. 0°C (32°F)

### SENSOR PR-23-GP:

Process connection:	Sandvik coupling L 88 mm/DIN-flange 2656, DN80 PN25/ANSI-flange 150 lbs, 3 inch/JIS-flange 10k 80A/Line sizes less than 2" via Pipe flowcell
Process pressure:	up to 25 bar (350 psi)
Process temperature:	-40°C...150°C (-40°F...302°F)
Process wetted parts, standard:	AISI 316L stainless steel, prism sapphire, prism gaskets modified PTFE (Teflon)
Sensor protection class:	IP67, Nema 4X
Sensor weight:	Sandvik coupling L 3.8 kg (8.4 lbs), Flange DIN/ANSI/JIS 6.6 kg (14.1 lbs)

### INDICATING TRANSMITTER DTR:

Display:	320x240 pixel graphical LCD with LED backlight
Keypad:	18 membrane keys
Current output:	Two independent current outputs, 4-20 mA, max. load 1000 Ohm, galvanic isolation 1500 VDC or AC (peak), hold function during prism wash
Fieldbus and industrial Ethernet connectivity:	Through Fieldbus converter to Modbus/TCP, Modbus RTU and Ethernet/ IP networks
Power:	AC input 100-240 VAC/50-60 Hz, optional 24 VDC, 30 VA
Alarms/Wash relays:	Two built-in signal relays, max. 250 V/3 A
Sensor connectivity:	One or two sensors can be connected to the DTR. Sensors independent of each other: own parameter sets and usable in different applications. Two current outputs configurable independently to indicate process concentration or temperature of either sensor.

Transmitter protection class:	Polycarbonate enclosure IP66/ Type 4X (Indoor use); AISI Stainless steel enclosure IP66 (Indoor use)
Indicating transmitter weight:	4.5 kg (10 lbs)
<b>INTERCONNECTING CABLE:</b>	IEC 61158-2 compliant two-wire cable
Interconnecting cable length:	Standard 10 m (33 ft), max. 200 m (660 ft)
<b>OPTIONS:</b>	Stainless steel sensor housing, special wetted parts materials, extended refractive index range limits, prism wash, intrinsic safety and hazardous area approvals, cable fittings to the indicating transmitter: European cable glands M20x1.5 or US conduit hubs
<b>PATENTS:</b>	See <a href="http://www.kpatents.com">www.kpatents.com</a>

### ORDERING INFORMATION:

- Sensor type and process connection
- Desired scale
- Properties of process solution
- Process temperature range
- Process pipe size
- Process flow rate
- Supply voltage and frequency
- Options and accessories

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

В СА БРДП на пивзаводі управління пневматичними клапанами здійснюють електропневматичні перетворювачі ASCO NUMATICS Sentronic LP [7] (рис. 2.4).

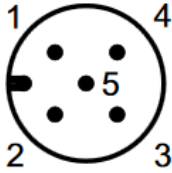


Рис. 2.4. ASCO NUMATICS Sentronic LP.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема та позначення електричних контактів електропневматичного перетворювача ASCO NUMATICS Sentronic LP:

CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING



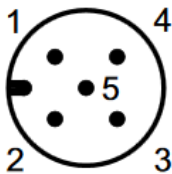
View from soldering side

pin	description	5-wire cable (2m)	6-wire cable (5m, 10m)
1	24V voltage supply	brown	brown
2	Analog setpoint input	white	white
3	Supply ground	blue	green
	Analog ground *		yellow
4	Analog output (feedback) <sup>1</sup>	black	pink
5	Digital output (pressure switch)	grey	grey
Body	EMC shield	shield	shield

\* A 6-wire cable with separate analog ground is used for cable lengths over 2 m to set off the voltage drop for the setpoint.

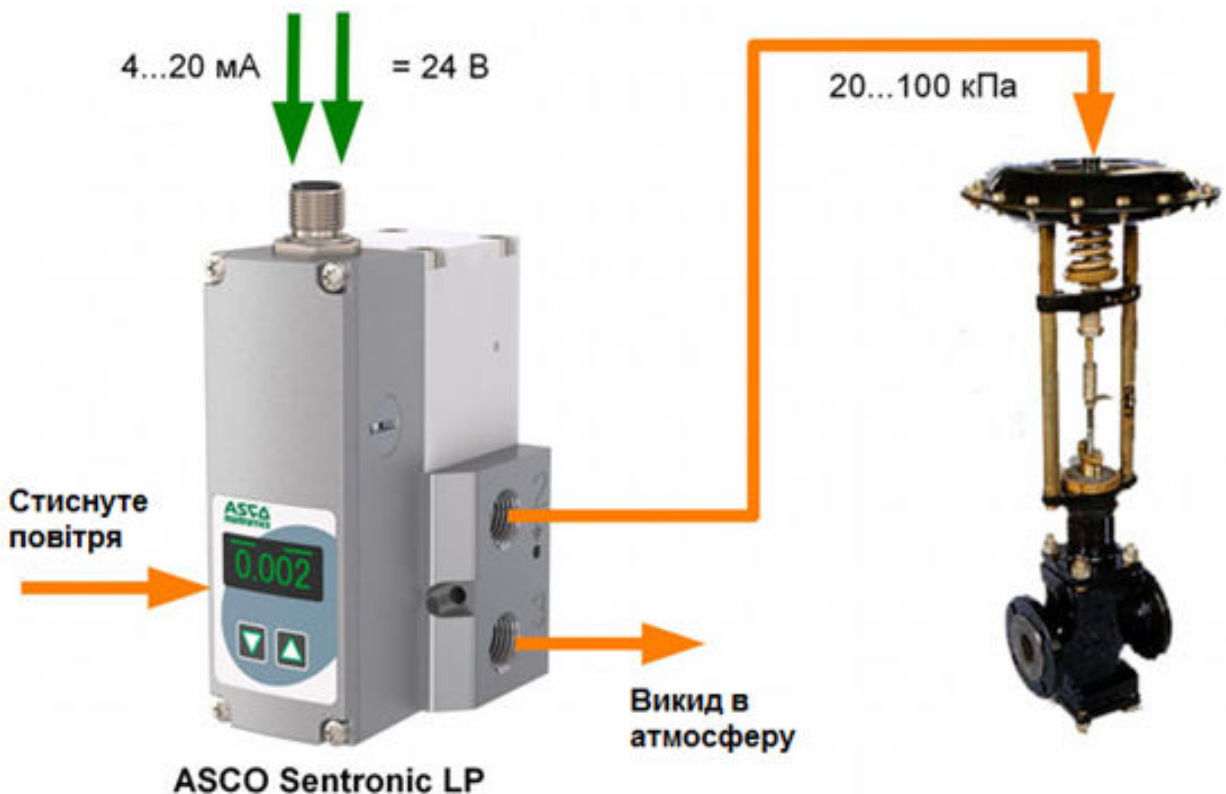
<sup>1</sup> Analog input when using cascade control

CONNECTOR PINNING / 2BIT - SETPOINT



pin	description
1	24V voltage supply
2	Input signal 1 (LSB)
3	Supply ground
4	Input signal 2 (MSB)
5	unused

Приклад застосування електропневматичного перетворювача ASCO NUMATICS Sentronic LP:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



В СА БРДП на пивзаводі управління потоками в трубопроводах здійснюють пневматичні клапани ADCATrol PV16G [8] (рис. 2.5).



Рис. 2.5. ADCATrol PV16G.

## Технічні дані пневматичного клапану ADCATrol PV16G:

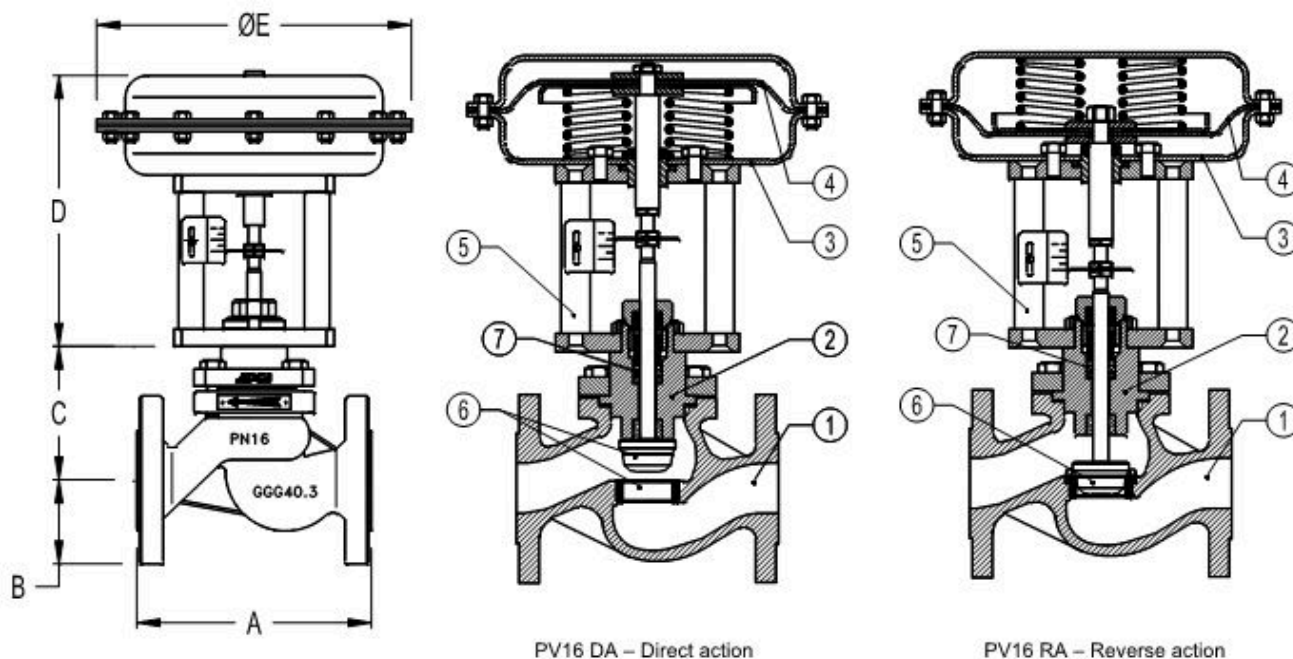
<b>OPTIONS:</b>	Balanced plug (sizes DN125-DN200) Position transmitter 4-20 mA Pneumatic pilot positioner Electropneumatic pilot positioner Air filter regulator Top-work manual handwheel Stainless steel construction.	<b>VALVE LIMITING CONDITIONS:</b>	Body design conditions: PN16 16 bar at 120°C 14.7 bar at 200°C Min.working temperature: -10°C
<b>USE:</b>	Saturated and superheated steam. Hot and superheated water. Air, gases and other noncorrosive fluids.	<b>MAX. AIR SUPPLY PRESSURE:</b>	3.5 bar
<b>AVAILABLE MODELS:</b>	PV16G-single seat unbalanced. PV16G2-single seat, pressure balanced.	<b>AMBIENT TEMPERATURE:</b>	-20°C ...+70°C
<b>VALVE SIZES:</b>	DN15 to DN200	<b>BONNET :</b>	From -5°C to +200°C (standard) Finned for temperature >200°C (from DN32 to DN100)
<b>CONNECTIONS:</b>	Flanged EN 1092-2 PN16	<b>STEM SEALING:</b>	PTFE/GR V-Rings - up to 220°C (Standard bonnet) Graphite - up to 400°C (Standard on valves DN125-200)
<b>ACTUATORS:</b>	PA-205 ; PA-280 ; PA-340 ; PA-435	<b>PLUG CHARACT:</b>	EQP-Equal percentage On-Off (PT)
<b>ACTUTOR CONN:</b>	1/4" NPT-F	<b>PORT:</b>	Full port
<b>CONTROL SIGNAL:</b>	0.2 - 1 bar ; 0.4 - 1.2 bar ; 0.4 - 2 bar.		

**HOW TO SELECT:** Never size the valve according to the pipe diameter in which it has to be fitted but according to the required actual flow of steam or water. Refer to valve calculation data sheet or consult the factory.

### CE MARKING (PED - Europe an Directive 97/23/EC)

PN 16	Cate gory
DN15 to DN50	SEP - art. 3, paragraph3
DN65 to DN200	1 (CE Marked)

Габаритні розміри та характеристики пневматичного клапану ADCATrol PV16G:



PV16 DA – Direct action

PV16 RA – Reverse action

DIMENSIONS - VALVE BODY					
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm)		WEIGHT Kgs
			BONNET		
			STANDARD	EXTENDED	
15	130	48	80	150	3
20	150	53	80	150	3,7
25	160	58	85	165	4,4
32	180	70	90	170	6,8
40	200	75	105	185	9,5
50	230	83	105	195	11,7
65	290	93	165	265	18,5
80	310	100	175	270	20,3
100	350	110	190	300	30
125	400	125	240	310	-
150	480	142	290	340	-
200	600	170	315	360	-

PV16 DA - Direct action from DN15 to DN200  
 PV16 RA - Reverse action from DN15 to DN100

MATERIALS		
POS.	DESIGNATION	MATERIAL
1	Valve Body	GJS-400-18-LT / 0.7043
2	Bonnet	CF8 / 1.4308
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0038
	Actuator (Stainless steel)	AISI304 / 1.4301
4	Diaphragm	NBR 70
5	Yoke (Steel)	C45E / 1.1191
	Yoke (Stainless steel)	AISI304 / 1.4301
6	Valve Seal	PTFE/GR
7	Standard packing	PTFE/GR

DIMENSIONS - ACTUATOR				
Type	ø E (mm)	D (mm)		WEIGHT Kgs
		DN15-100 DA/RA	DN125-200 DA	
PA-205	210	235	—	5,7
PA-280	275	240	—	8,8
PA-340	335	265	—	14,3
PA-435	430	295	—	24,5

FLOW RATE COEFFICIENTS												
	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
<b>Kvs</b>	3,8	5,1	9,4	15,4	22,2	40,1	63,4	89,7	136,7	230,6	316,1	555,3

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

ACTUATOR STROKE IN mm												
	SIZES											
	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
<b>Stroke</b>	20	20	20	20	20	20	30	30	30	40	40/50	50

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

MAX. PERMISSIBLE PRESS.DROP IN bar - Normally closed valve (fluid to open) -Reverse action actuator (air signal to open)													
ACTUATOR	CONTROL SIGNAL	SIZES											
		DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
PA-205	0,2 ÷ 1 bar	6	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 1,2 bar	10	10	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	12	12	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PA-280	0,2 ÷ 1 bar	28	26	16	8	6	3,5	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 1,2 bar	40	38	20	12	10	5	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	50	45	25	16	12	6,5	—	—	—	—	—	—
PA-340A	0,2 ÷ 1 bar	60	60	50	20	12	10	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 1,2 bar	80	80	60	30	16	13	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	100	100	80	40	20	18	—	—	—	—	—	—
PA-340B	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	—	—	—	4	2,5	1	—	—	—
	0,4 ÷ 1,2 bar	—	—	—	—	—	—	5	3,5	1,5	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	—	—	—	6	4	2	—	—	—
PA435A	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	—	40	25	—	—	—	*	*	*
	0,4 ÷ 1,2 bar	—	—	—	—	48	30	—	—	—	*	*	*
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	—	55	45	—	—	—	*	*	*
PA435B	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	—	—	—	6	5	3	*	*	*
	0,4 ÷ 1,2 bar	—	—	—	—	—	—	8	7	5	*	*	*
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	—	—	—	10	8	6	*	*	*
	0,4 ÷ 2,5 bar	—	—	—	—	—	—	16	15	12	*	*	*

\* For valve size DN125 and above please consult.

The pressure drop values are referred to closed valves. They have been verified by a control signal coming from an electro-pneumatic converter with an enduring minimum signal of 0,2 bar.

The actuator press. drops given with closed valve for the actuator signal 0,4 - 2 bar are also valid for ON-OFF service with air supply at 2,5 bar.

Special spring drops available on request.

The pressure drop values must be used within the body rating limits.

For electric actuator selection please consult catalogue IS EL.20.00 E or our technical department.

MAX.PERMISSIBLE PRESS.DROP IN bar - Normally open valve (fluid to open) - Direct action actuator (air signal to close)													
ACTUATOR	CONTROL SIGNAL	SIZES											
		DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200
PA-205	0,2 ÷ 1 bar	16	16	12	5	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	25	24	16	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—
PA-280	0,2 ÷ 1 bar	—	—	19	10	8	4	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	25	20	16	7	—	—	—	—	—	—
PA-340A	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	17	16	10	—	—	—	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	28	26	25	—	—	—	—	—	—
PA-340B	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	—	—	—	5	3,5	1,5	—	—	—
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	—	—	—	8	7	3	—	—	—
PA435B	0,2 ÷ 1 bar	—	—	—	—	—	—	8	5	3	*	*	*
	0,4 ÷ 2 bar	—	—	—	—	—	—	16	10	7,5	*	*	*

\* For valve size DN125 and above please consult.

The actuator pressure drops given with closed valve, are obtained with the following air pressures supply :

Actuator signal 0,2 to 1 bar : air supply 1,2 bar

Actuator signal 0,4 to 2 bar : air supply 2,5 bar

The actuator press. drops given with closed valve for the actuator signal 0,4- 2 bar are also valid for ON-OFF service with air supply at 2,5 bar.

Special spring drops available on request.

The pressure drop values must be used within the body rating limits.

For electric actuator selection please consult catalogue IS EL.20.00 E or our technical department.

## Параметри замовлення пневматичного клапану ADCATrol PV16G:

ORDERING CODES V16										
<b>VALVE CODES</b>										
<b>Actuator Type (1)</b>		V	.16	G						.X.
Pneumatic Actuator		P								
Electric Actuator		E								
<b>Group Designation</b>										
Globe valve, two way, straight body		V								
<b>Valve Model</b>										
Class PN16, GJS-400-18-LT body, stainless steel trim			.16	G						
Class PN16, CF8M body, stainless steel trim			.16	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>										
EQP (equal percentage) - Soft (PTFE/GR)									1	
<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
<b>ACTUATOR CODES ( pneumatic )</b>										
		P.								
<b>Group Designation</b>										
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

→ To be introduced on ".X.", if supplied in combination with the valve.  
 Example:  
 V16G valve model EQP soft plug, PTFE/GR stem sealing DN50 complete with reverse action actuator signal 0,4-1,2bar, size340A steel.

Code: PV.16G.11L50.5R18

**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).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Кваліфікаційна робота*

Арк.

37

## 2.2. Схема автоматизації

Схема автоматизації системи автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі відображає роботу датчиків, клапанів та двигунів, що контролюють такі технологічні параметри:

- вміст сухих речовин в суслі: первинний перетворювач рефрактометра (поз. 6а) визначає вміст сухих речовин в суслі, а вторинний перетворювач рефрактометра (поз. 6б) передає ці покази до промислового логічного контролера (ПЛК);

та регулюють такі технологічні параметри:

- температуру сусла: датчик (поз. 1а) визначає температуру охолодження сусла, та через ПЛК відбувається її регулювання подачею холодоагенту пневматичним клапаном (поз. 1в), яким управляє електропневматичний перетворювач (поз. 1б);
- тиск в бродильному чані: датчик (поз. 2а) визначає тиск в бродильному чані, та через ПЛК відбувається його регулювання випуском повітря пневматичним клапаном (поз. 2в), яким управляє електропневматичний перетворювач (поз. 2б);
- рівень в бродильному чані: датчик (поз. 3а) визначає рівень в бродильному чані, та через ПЛК відбувається його регулювання спуском рідких дріжджів пневматичним клапаном (поз. 3в), яким управляє електропневматичний перетворювач (поз. 3б) та управління насосом (поз. М2) викачки сусла з бродильного чану через магнітний пускач (поз. КМ2);

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витрата сусла в бродильний чан: лічильник (поз. 4а) визначає кількість сусла поданого в бродильний чан, та через ПЛК відбувається управління насосом (поз. М1) подачі сусла в бродильний чан через магнітний пускач (поз. КМ1);
- витрата рідких дріжджів в бродильний чан: лічильник (поз. 5а) визначає кількість рідких дріжджів поданих в бродильний чан, та через ПЛК відбувається управління пневматичним клапаном (поз. 5в), яким управляє електропневматичний перетворювач (поз. 5б).

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

## 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-B 6 G15 A 2 G A 0	1	KOBOLD, Німеччина
2	1б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A42 200A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
3	1в	по місцю	Пневматичний клапан, Pвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.16G.11L 50.1D15	1	Valsteam ADCA, Португалія
4	2а	по місцю	Датчик тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0-4 бар	SEN-9900 0 B 055 A 0 0	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. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A4220 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
6	2в	по місцю	Пневматичний клапан, Рвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.16G.11L 50.1D15	1	Valsteam ADCA, Португалія
7	3а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...2 м	NMC-S 2 2G6 0 3	1	KOBOLD, Німеччина
8	3б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 V в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A4520 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
9	3в	по місцю	Пневматичний клапан, Рвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.16G.11L 50.1D15	1	Valsteam ADCA, Португалія
10	4а 5а	по місцю	Лічильник з уніфікованим вихідним дискретним сигналом: 0-24 V, Уживл.=24 V.	DPE-1120 G8 F300	2	KOBOLD, Німеччина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
9	5б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 V в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A4520 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
10	5в	по місцю	Пневматичний клапан, Рвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.16G.11L 50.1D15	1	Valsteam ADCA, Португалія
11	6а	по місцю	Рефрактометр, діапазон вимірювань 0-100 %	K-PATENTS PR-23-GP	1	Sintrol LLC, м. Київ
12	6б	по місцю	Індикаторний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 220 В АС	K-PATENTS DTR	1	Sintrol LLC, м. Київ
13	КМ1- КМ2	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В АС, струм комутації 40 А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	2	СВ «Альтера» м. Київ
14	М1- М2	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP 150-110/6	2	Насос- Монтаж м. Київ

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

#### 3.1. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі використовується промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340.

Конфігурація вибраних модулів ПЛК M340 в СА БРДП, а також їх опис вказані на рис. 3.1 та в таблиці 3.1.

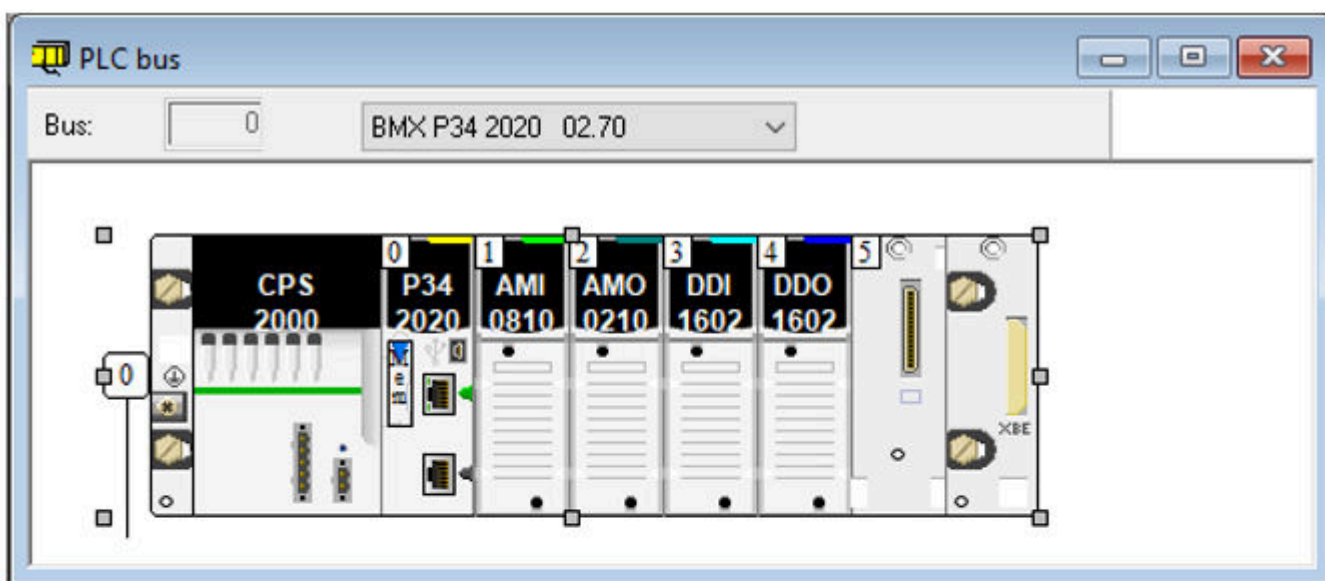


Рис. 3.1. Конфігурація модулів ПЛК M340 для СА БРДП.

Таблиця 3.1. Модулі для ПЛК M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMXP342020	1	Процесор
BMXCPS2000	1	Блок живлення
BMXAMI0810	1	8 аналогових входів
BMXAMO0210	1	2 аналогових виходів
BMXDDI1602	1	16 дискретних входів
BMXDDO1602	1	16 дискретних виходів

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бачинський Т.О.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Полупан В.В.					43	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

В схемі підключення датчиків і виконавчих механізмів (ВМ) до ПЛК М340 в СА БРДП задіяні компоненти і проведена нумерація провідників, що вказана в таблиці 3.2.

*Таблиця. 3.2. Позначення в схемі.*

Позначення	Опис
QF1-QF3	автоматичні 2-х фазні вимикачі з захистом від короткого замикання
БЖ	блок живлення на 24 В постійного струму
800-809	провідники з змінним струмом
900-925	провідники з постійним струмом
100-106	провідники з сигналом вимірювання
200-207	провідники з сигналом управління
0800-0804	провідники з пневматичним сигналом живлення
0200-0203	провідники з пневматичним сигналом управління

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур управління рівнем в бродильному чані

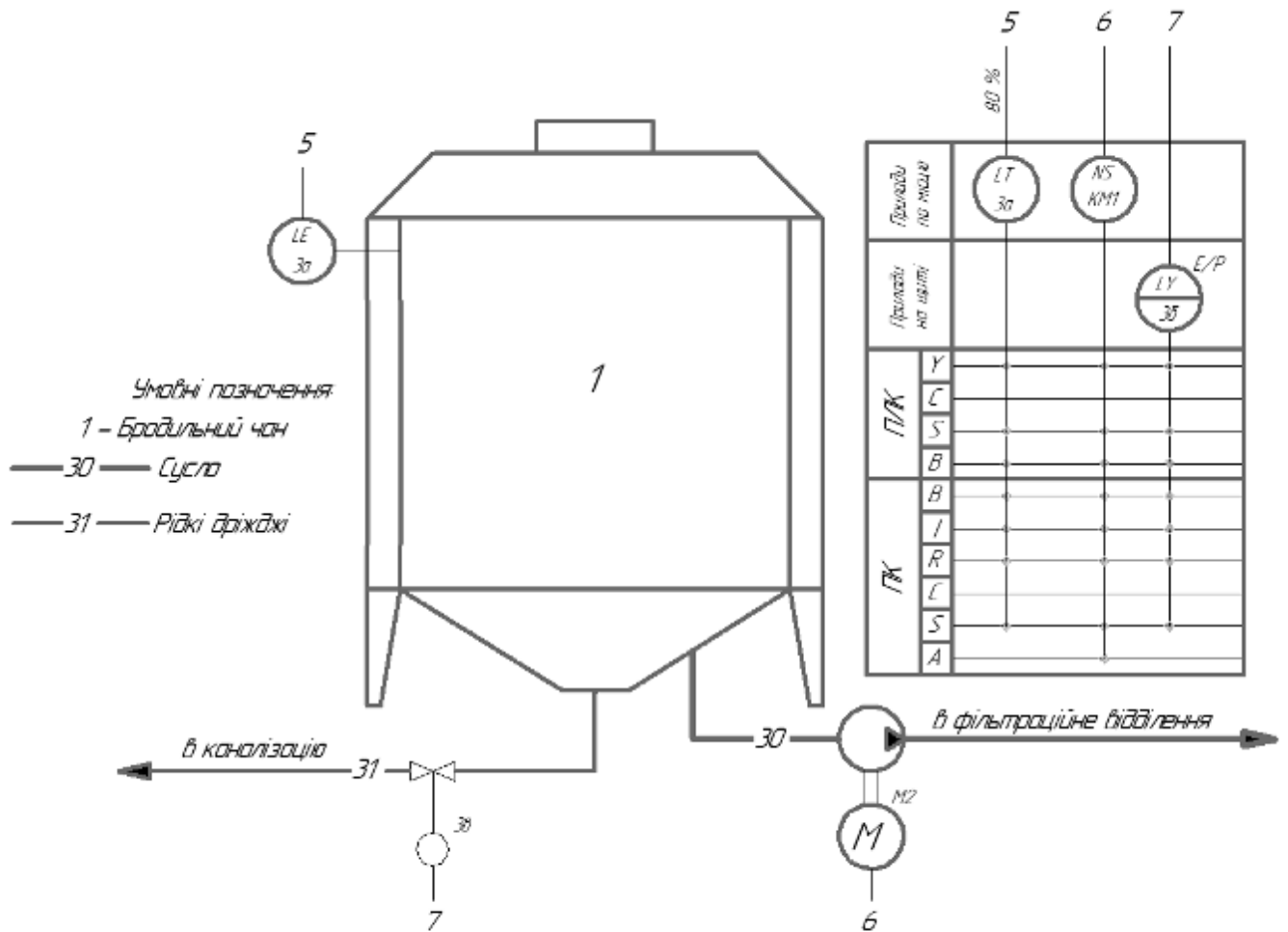


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру управління рівнем в бродильному чані.

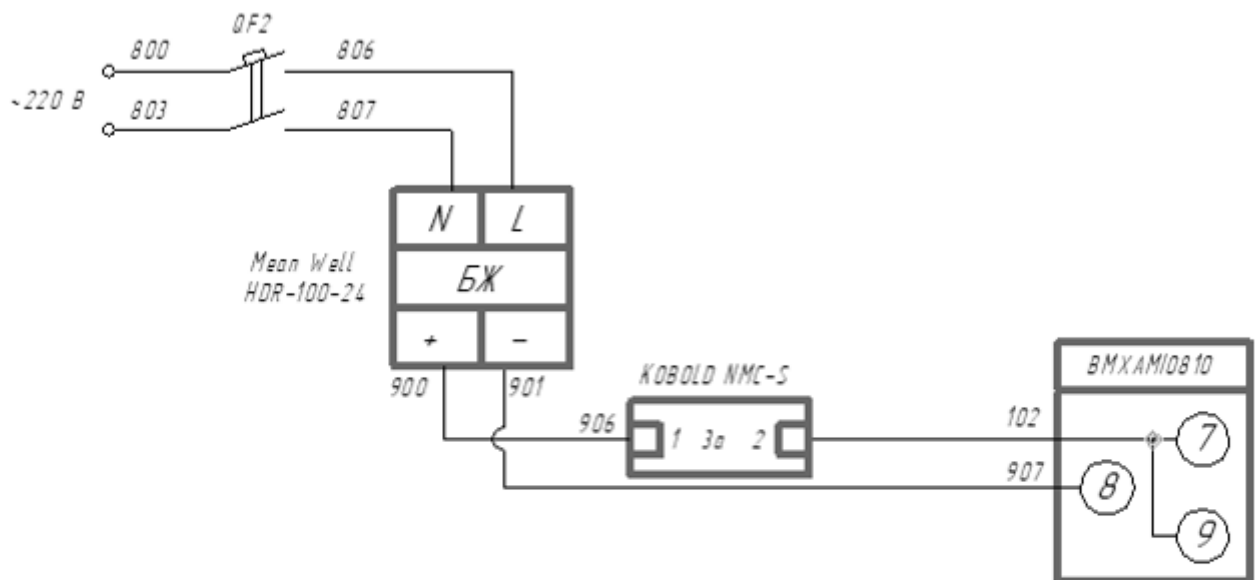


Рис. 3.3. Схема підключення KOBOLD NMC-S до BMXAMI0810.

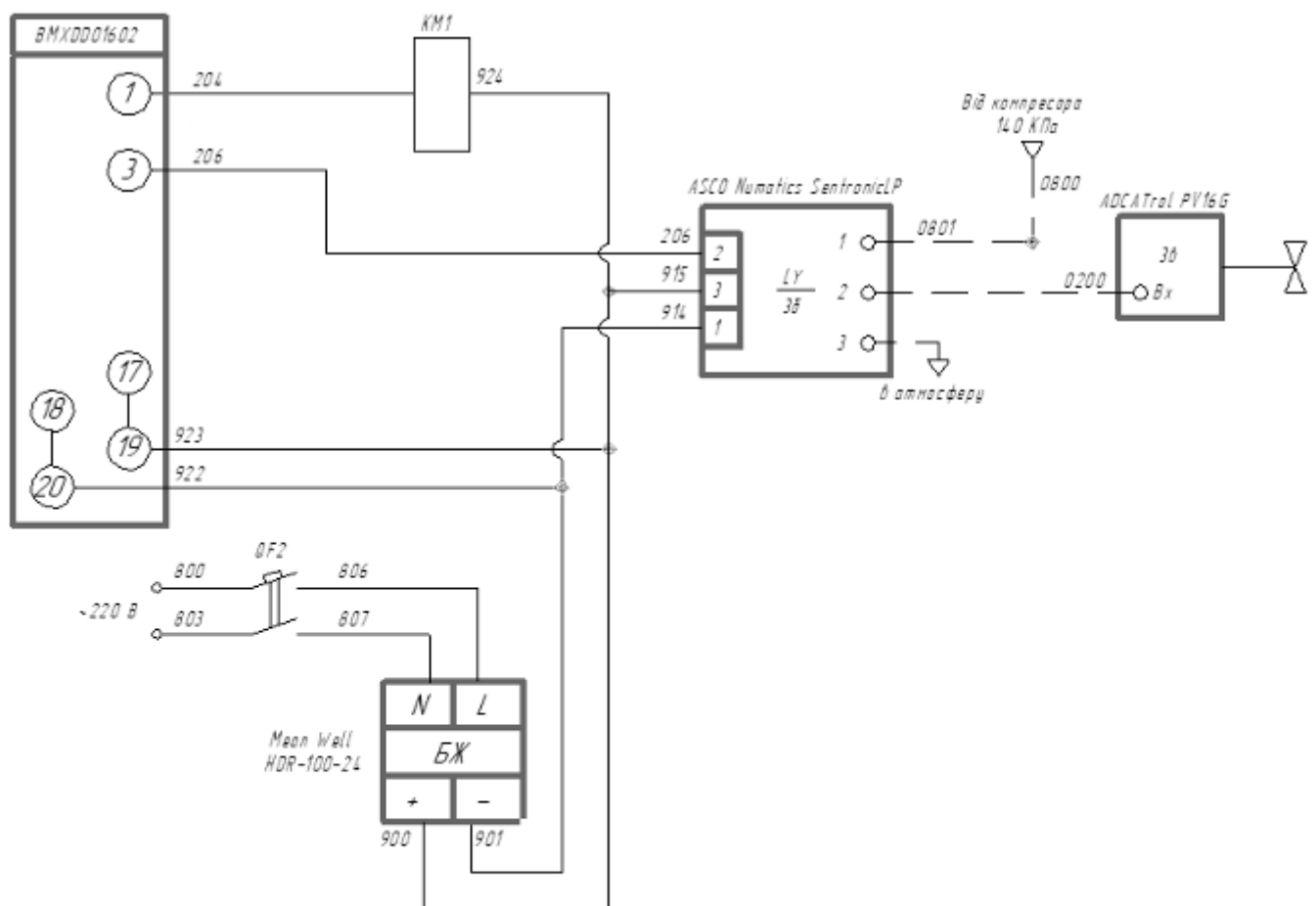


Рис. 3.4. Схема підключення магнітного пускача та електропневматичного перетворювача до BMXDDO1602.

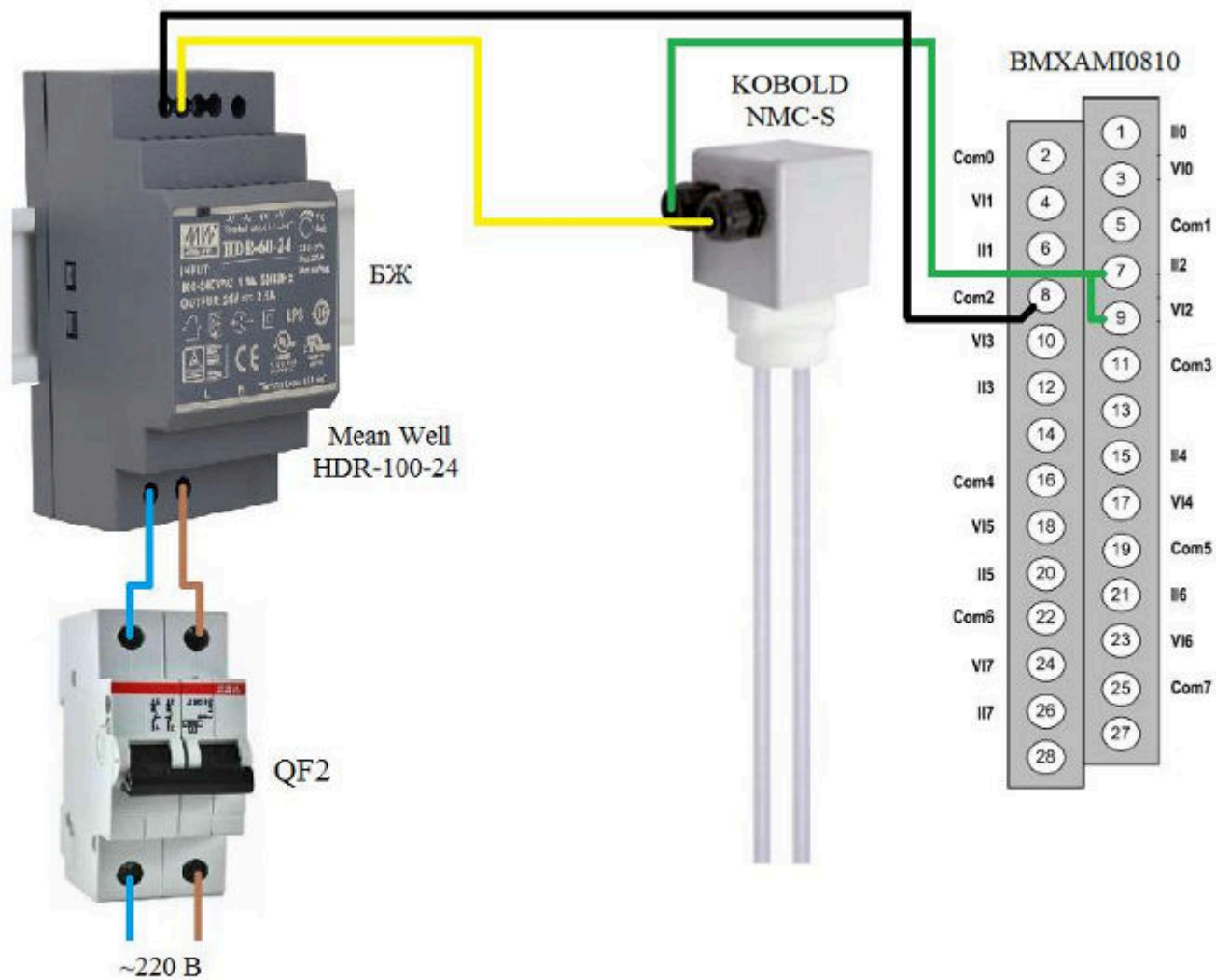


Рис. 3.5. Графічна схема підключення KOBOLD NMC-S до BMXAMI0810.

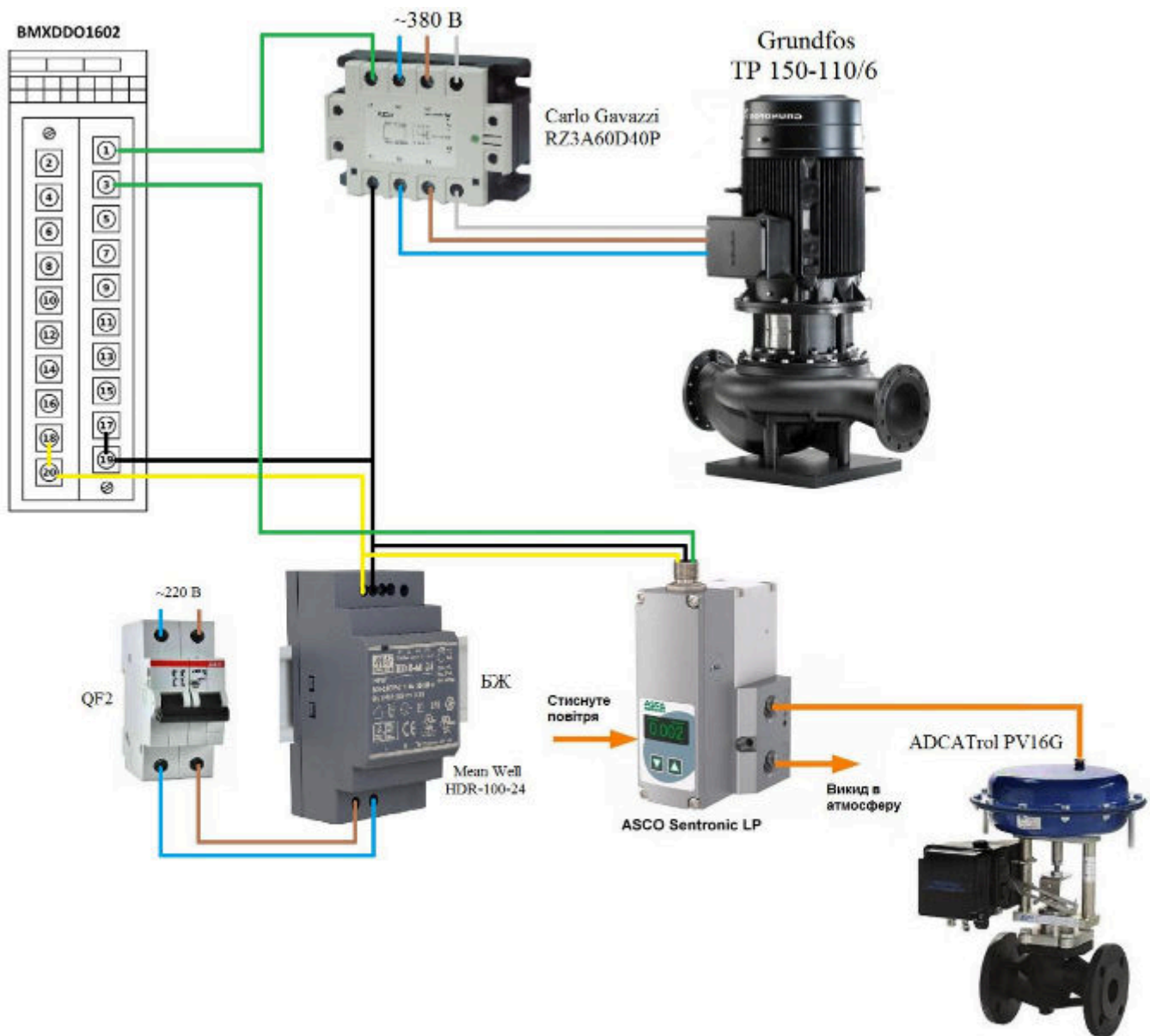


Рис. 3.6. Графічна схема підключення магнітного пускача та електропневматичного перетворювача до BMXDDO1602.

## Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

В системі автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі рівень в бродильному чані визначається ємнісним рівнеміром KOBOLD NMC-S [9] (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Датчики KOBOLD серії NMC.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бачинський Т.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Керівник</i>		<i>Полупан В.В.</i>					49	4
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

## Опис та технічні дані KOBOLD NMC-S:



### Description

The KOBOLD capacitive level indicators type NMC serve to measure liquid levels in tanks. They consist of a measuring probe and a connecting head with a plug-in evaluation module. Depending on the operating conditions, different probes are available:

- single probe for standard applications
- double probe with PVDF connection for non metallic tanks and at the same time aggressive medias
- single probe with external reference tube for non metallic tanks or media with very low dielectric constant and
- single probe with a split connecting head for liquid temperatures of up to 125°C.

The devices do not have any mechanically moving parts and therefore hardly any mechanical wear. The plug-in evaluation module can be changed easily so that the devices are really easy to maintain.

### Working principle

The measuring system is based on the capacitive measuring method. The measuring probe and the tank wall or the second electrode respectively form the plates of a capacitor, the medium in the tank is the dielectric fluid. The capacity depends on the medium. The more the medium touches the measuring probe, the higher the capacity. This change is detected by the plug-in evaluation module and transformed in a percentage display or a 4-20 mA signal.

### Fields of application

- Water or waterlike liquids
- Liquid food
- Chemical and aggressive liquids
- Oil
- Pharmaceutical liquids

### Technical Data

Measuring principle:	capacitive (for liquids up to 1000 pF)
Probe length:	265...4000 mm (shorter versions on request)
Measuring error:	<1,5 % of probe length
Temperature of medium:	-20...+90 °C, -20...+200 °C for Model NMC-H
Ambient temperature:	-10...+60 °C
Max. pressure:	-1...+30 bar
Media DC-value:	ε <sub>r</sub> = min. 1.5
Materials:	Housing: Polycarbonate  Connection: stainless steel 1.4305 (model NMC-N, NMC-H, NMC-T) PVDF (model NMC-S)  Probe: stainless steel with PTFE coating for model NMC-N and NMC-H PVDF-coating for model NMC-S stainless steel probe 1.4305 with internal sensor (stainless steel for PTFE coating) for model NMC-T
Process connection:	G 1 male for model NMC-N, NMC-H, NMC-T  G 2 male for model NMC-S  Adapter for model NMC-N, NMC-H, NMC-T: thread G 1 ¼, G 1 ½  welding-in sleeve (not for NMC-S) Ø external 40 mm
Display:	4-line LCD, alphanumeric, Display of % and mA (with one position after the decimal point)
Supply voltage:	10...35 V <sub>DC</sub> 12...30 V <sub>DC</sub> for ATEX
Electrical connection:	1 x M20 x 150
Output:	4-20 mA, 2-wire
Protection:	IP 65
ATEX:	Ex II 2/1 GD Ex ia IIC T4 Gb/Ga Ex ia IIC T85 °C Db/Da 20 °C < T <sub>a</sub> < +60 °C

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

## Параметри замовлення та габаритні розміри датчиків KOBOLD серії NMC:

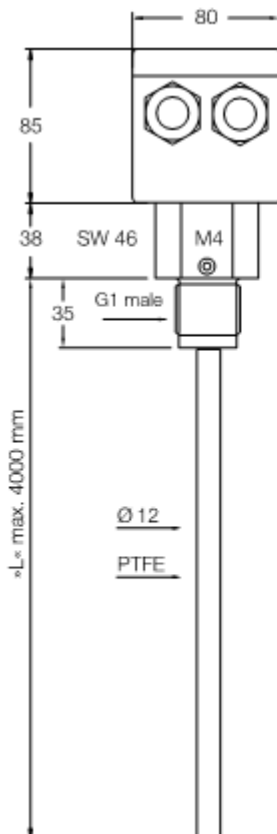
Order Details (Example: NMC-N 1 2G6 0 3)

Version	Probe length*	Mechanical connection	ATEX	Supply
<b>NMC-N</b> (Standard)	1 = up to 1 metre	2G6 = G1, stainless steel	0 = without E = ATEX	3 = 10...35 V <sub>DC</sub> (12...30 V <sub>DC</sub> for ATEX)
<b>NMC-H</b> (High temperature)	2 = up to 2 metre			
<b>NMC-T</b> (with reference pipe)	3 = up to 3 metre			
<b>NMC-S</b> (two probe sensor with PVDF connection)	4 = up to 4 metre	9G9 = G2, PVDF		

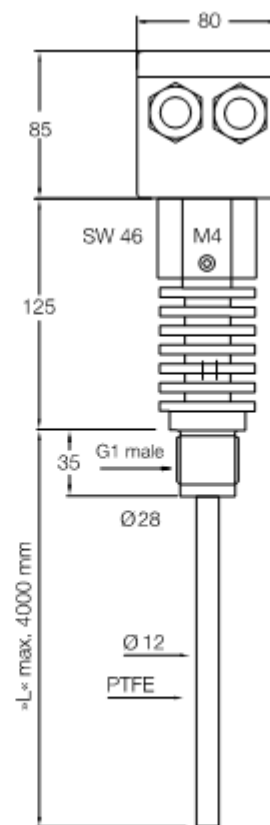
\* Please specify specific application length »L« in writing

### Dimensions [mm]

#### NMC-N



#### NMC-H



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

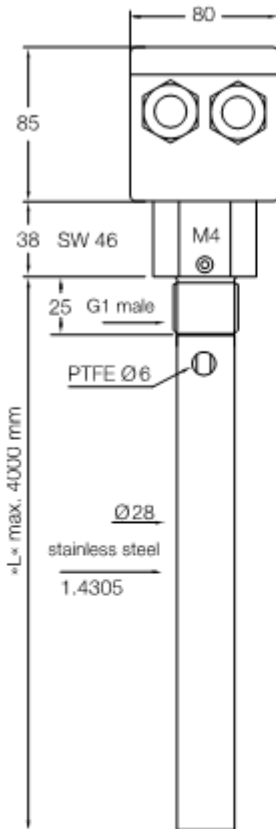
Кваліфікаційна робота

Арк.

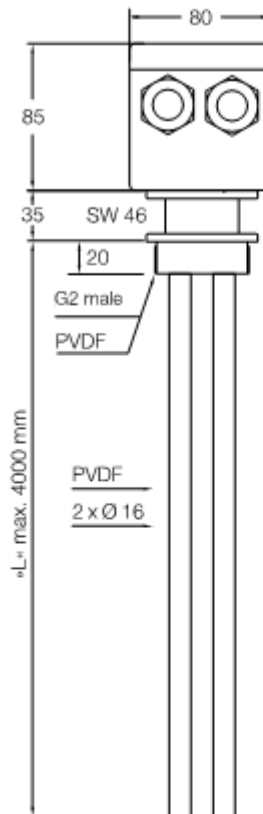
51

**Dimensions [mm]**

**NMC-T**



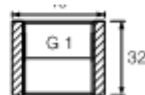
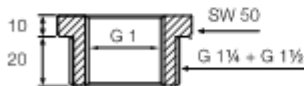
**NMC-S**



**Spare parts and accessories (Dimensions in mm)**

Thread adapter for  
G 1 ¼ and G 1 ½

Welding sleeve



**Spare parts/Accessories Model NMZ for capacitive level monitors NMC-N, NMC-T, NMC-H**

Model	Design	Adapter type	Specials
NMZ	A = installation adapter (only for NMC-N, NMC-T, NMC-H)	G7 = stainless steel thread adapter for G 1 ¼ G8 = stainless steel thread adapter for G 1 ½ S6 = stainless steel welding sleeve, external Ø 40 mm	0 = without Y = version according to description

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

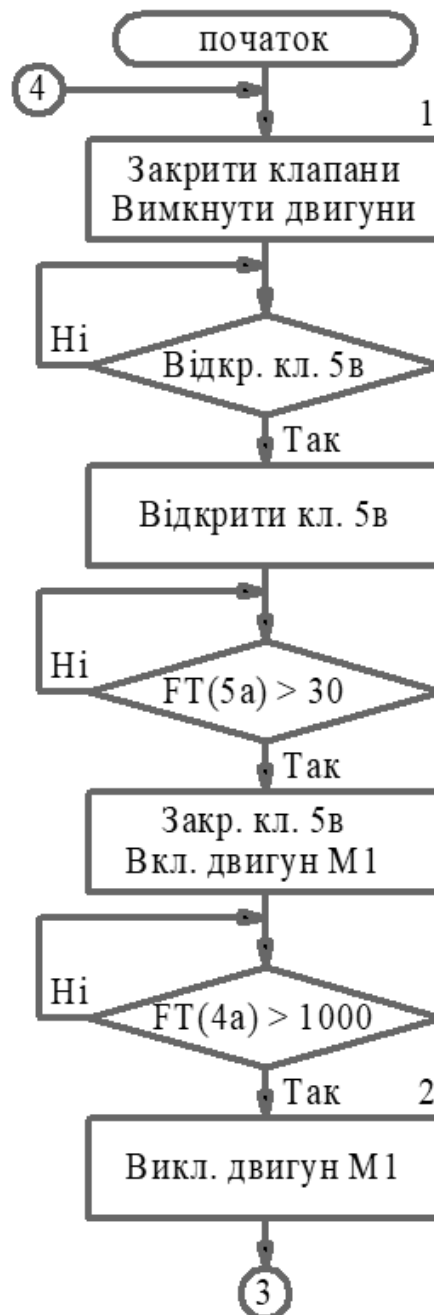
*Кваліфікаційна робота*

Арк.

52

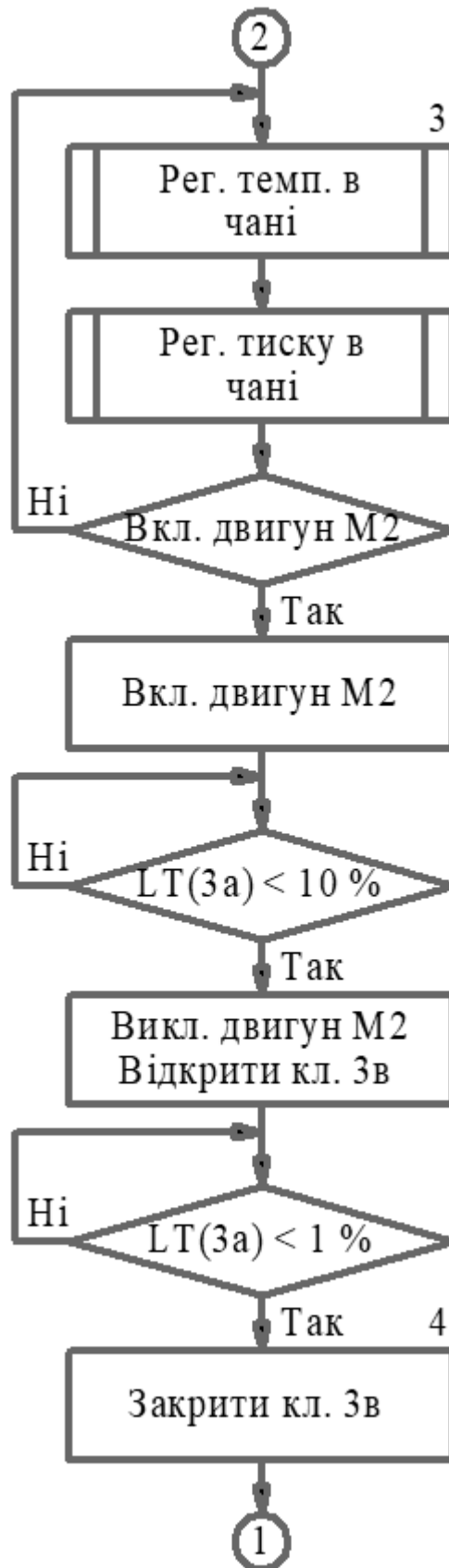
## Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Технологічний процес бродіння пива в системі автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі відбувається за таким алгоритмом:



					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бачинський Т.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Полупан В.В.			53		6
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Розробка системи  
автоматизації процесу  
бродіння пива

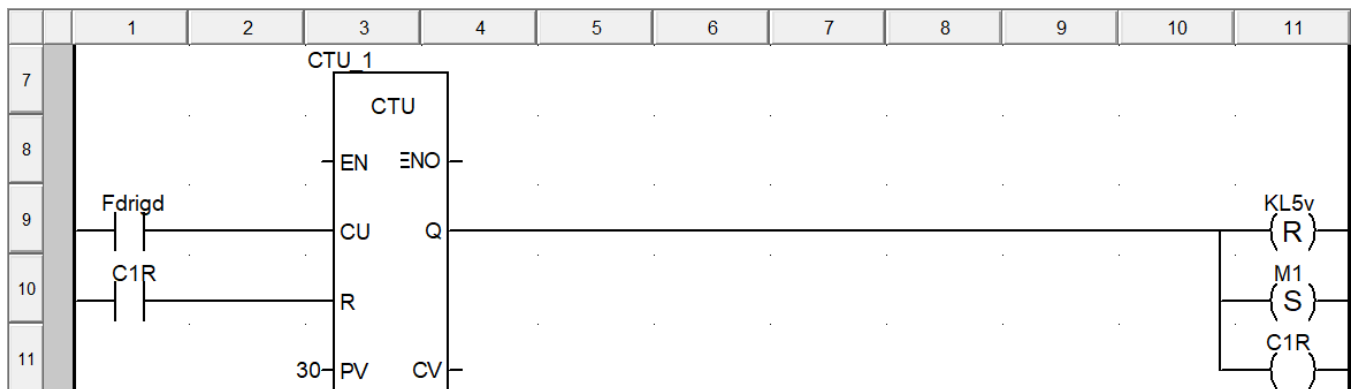
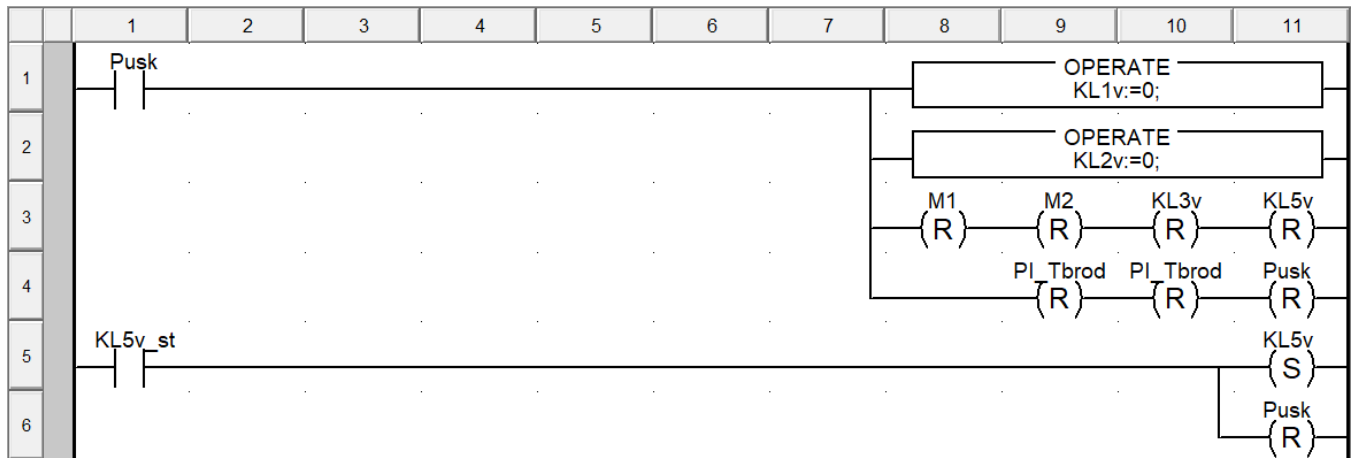


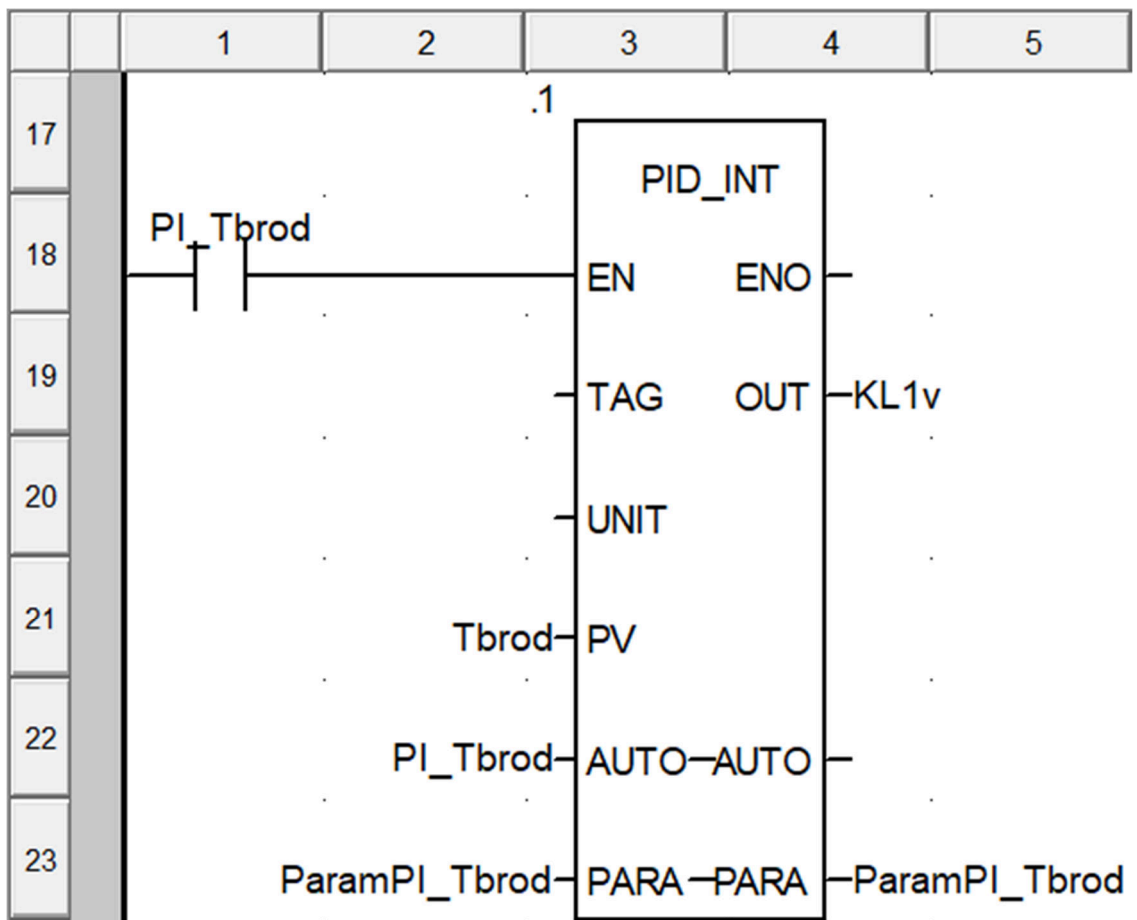
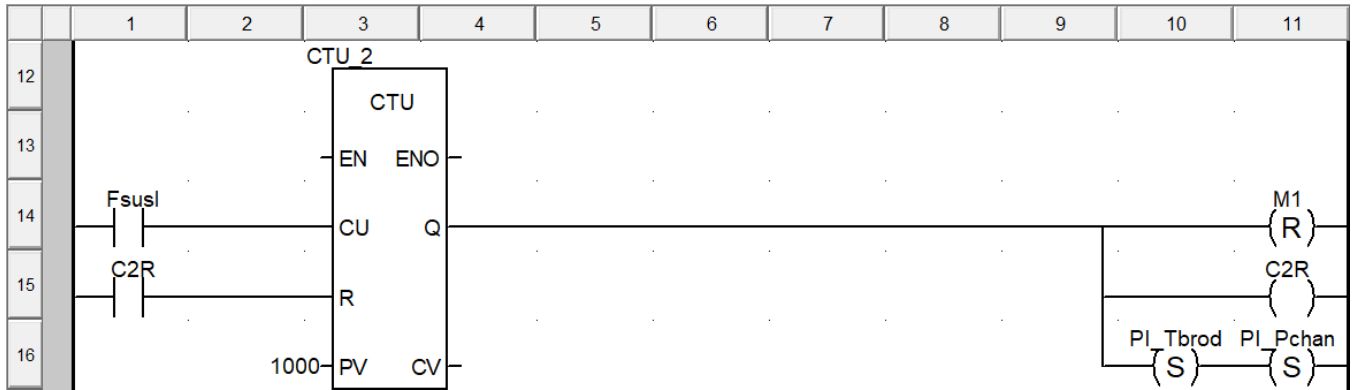
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При написанні програми для промислового логічного контролера (ПЛК) були використані наступні змінні:

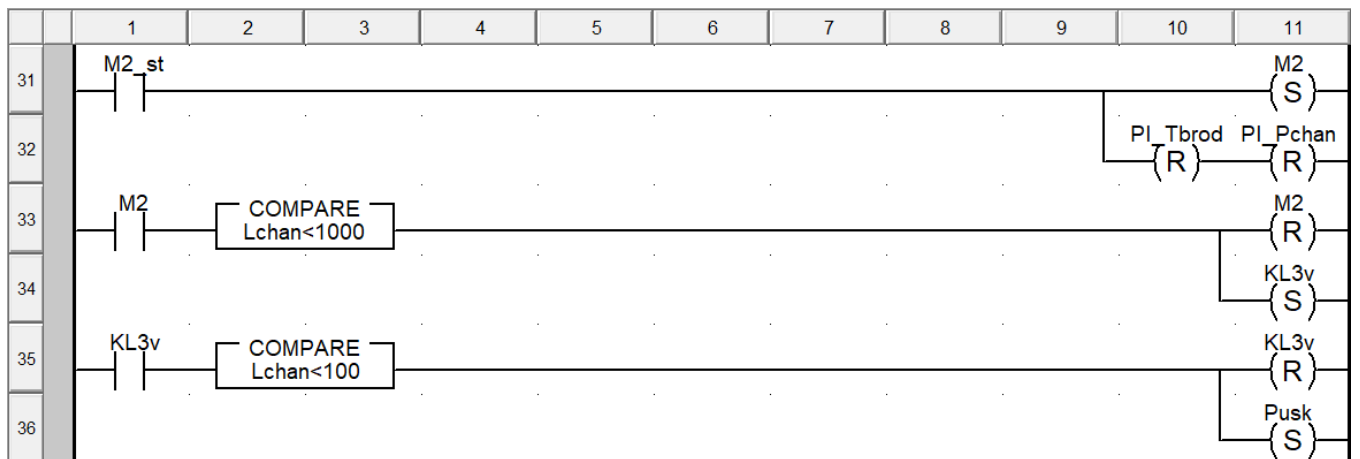
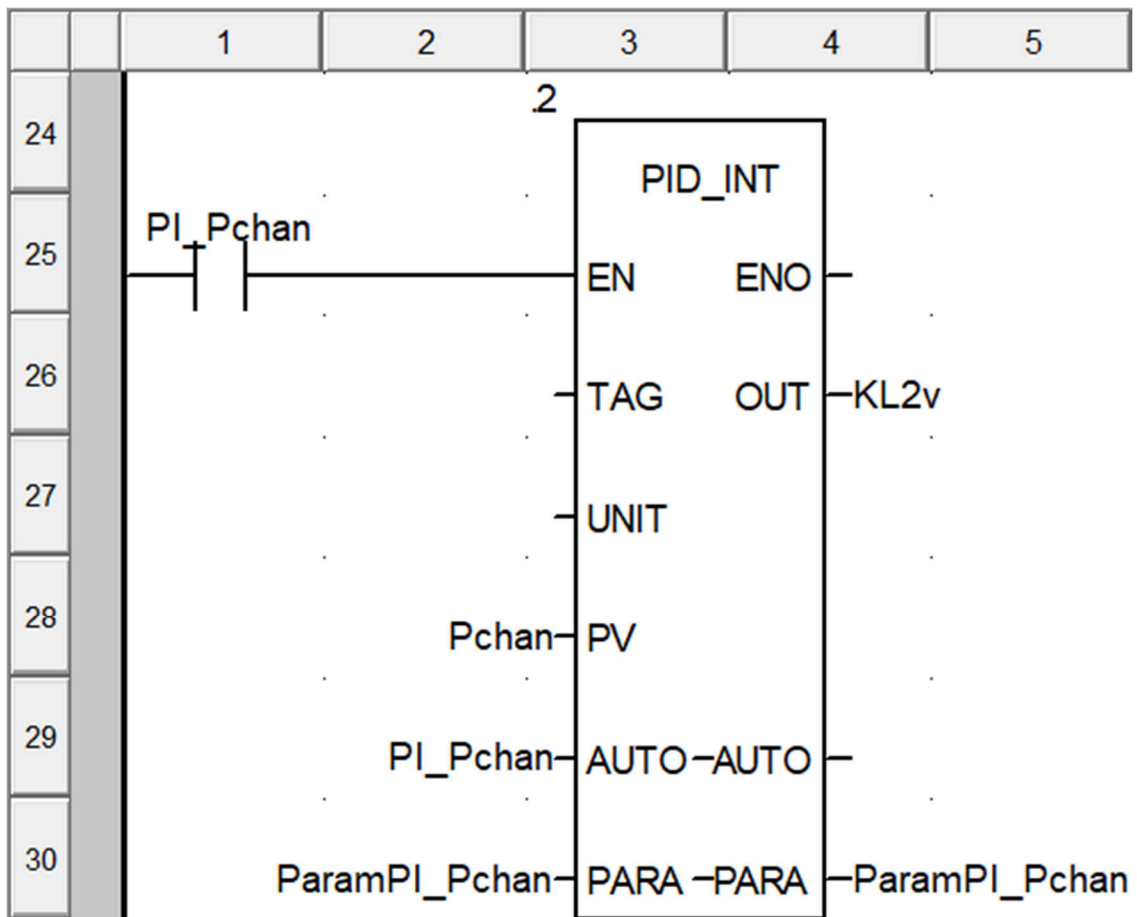
Name	Type	Value	Address	Comment
Fsusl	EBOOL		%I0.3.0	Лічильник сусла
Fdrigd	EBOOL		%I0.3.1	Лічильник рвдких дріжджів
Tbrod	INT		%IW0.1.0	Температура бродіння
Pchan	INT		%IW0.1.1	Тиск в бродильному чані
Lchan	INT		%IW0.1.2	Рівень в бродильному чані
Pusk	EBOOL	1	%M0	Початок
M1_st	EBOOL		%M1	Команда старт насоса M1
M2_st	EBOOL		%M2	Команда старт насоса M2
PI_Tbrod	EBOOL		%M4	Пуск/стоп ПІ-регулятора температури бродіння
PI_Pchan	EBOOL		%M5	Пуск/стоп ПІ-регулятора тиску в бродильному чані
KL3v_st	EBOOL		%M6	Команда відкриття клапана спуску рідких дріжджів
KL5v_st	EBOOL		%M8	Команда відкриття клапана подачі рідких дріжджів
KL3v_sp	EBOOL		%M7	Команда закриття клапана спуску рідких дріжджів
KL5v_sp	EBOOL		%M9	Команда закриття клапана подачі рідких дріжджів
M1_sp	EBOOL		%M10	Команда стоп насоса M1
M2_sp	EBOOL		%M11	Команда стоп насоса M2
C1R	EBOOL		%M12	Скидання значення лічильника рідких дріжджів
C2R	EBOOL		%M13	Скидання значення лічильника сусла
ParamPI_Tbrod	ARRAY[0..43] OF INT		%MW0	Параметри ПІ-регулятора тиску в бродильному чані
ParamPI_Pchan	ARRAY[0..43] OF INT		%MW44	Параметри ПІ-регулятора температури II зони
M1	EBOOL		%Q0.4.0	Двигун насоса M1
M2	EBOOL		%Q0.4.1	Двигун насоса M2
KL3v	EBOOL		%Q0.4.2	Клапан спуску рідких дріжджів
KL5v	EBOOL		%Q0.4.3	Клапан подачі рідких дріжджів
KL1v	INT		%QW0.2.0	Клапан подачі холодоагенту
KL2v	INT		%QW0.2.1	Клапан випуску повітря

Написана програма для роботи ПЛК використовує мову Ladder Diagram (LD):





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



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

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

Для системи автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі заводі розроблено графічний інтерфейс оператора – мнемосхему в програмі Citect SCADA. Створений графічний інтерфейс оператора забезпечує контролю та управління технологічним процесом бродіння пива. При розробці мнемосхеми використані наступні змінні, що наведені 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
Tbrod	%IW0.1.0	0	10000	-70	250	INT
Pchan	%IW0.1.1	0	10000	0	4	INT
Lchan	%IW0.1.2	0	10000	0	2	INT
Qbrod	%IW0.1.3	0	10000	0	100	INT
Fsusl	%I0.3.0	0	1	0	1	EBOOL
Fdrigd	%I0.3.1	0	1	0	1	EBOOL
KL1v	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
KL2v	%QW0.2.1	0	10000	0	100	INT
M1	%Q0.4.0	0	1	0	1	EBOOL
M2	%Q0.4.1	0	1	0	1	EBOOL
KL3v	%Q0.4.2	0	1	0	1	EBOOL
KL5v	%Q0.4.3	0	1	0	1	EBOOL

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бачинський Т.О.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Полупан В.В.					59	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7
M1_st	%M1	0	1	0	1	EBOOL
M2_st	%M2	0	1	0	1	EBOOL
PI_Tbrod	%M4	0	1	0	1	EBOOL
PI_Pchan	%M5	0	1	0	1	EBOOL
KL3v_st	%M6	0	1	0	1	EBOOL
KL5v_sp	%M7	0	1	0	1	EBOOL
KL5v_st	%M8	0	1	0	1	EBOOL
KL5v_sp	%M9	0	1	0	1	EBOOL
M1_sp	%M10	0	1	0	1	EBOOL
M2_sp	%M11	0	1	0	1	EBOOL
C1R	%M12	0	1	0	1	EBOOL
C2R	%M13	0	1	0	1	EBOOL

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Розроблена для СА БРДП мнемосхема – графічний інтерфейс оператора в програмі Citect SCADA наведено на рис. 6.1.

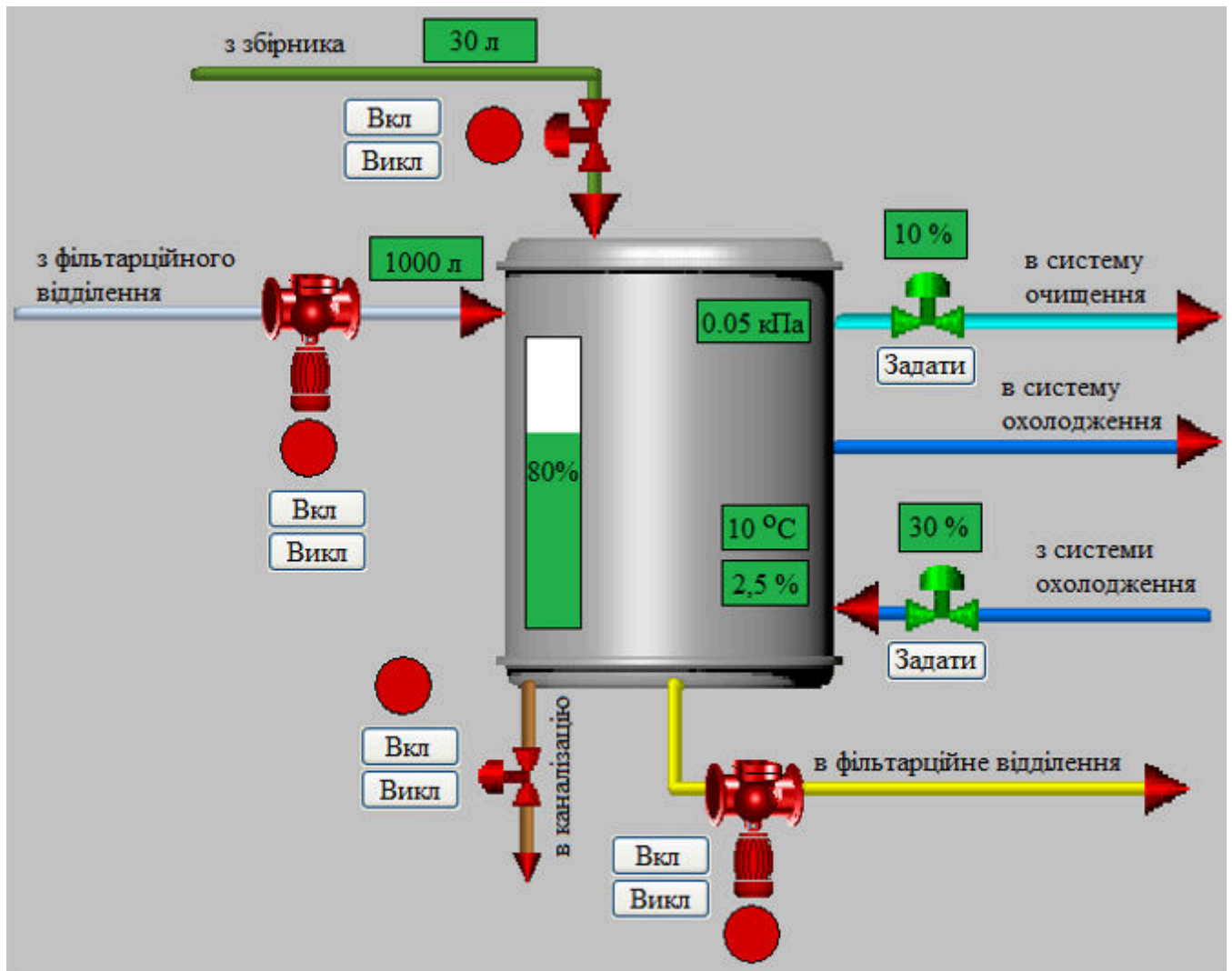


Рис. 6.1. Графічний інтерфейс оператора СА БРДП.

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

### 7.1. Постановка задачі дослідження

В системі автоматизації процесу бродіння пива (СА БРДП) на пивзаводі температуру в бродильному чані треба тримати на значенні 10 °С (рис. 7.1). Для регулювання температури в І-й зоні печі використовуємо ПІ-регулятор.

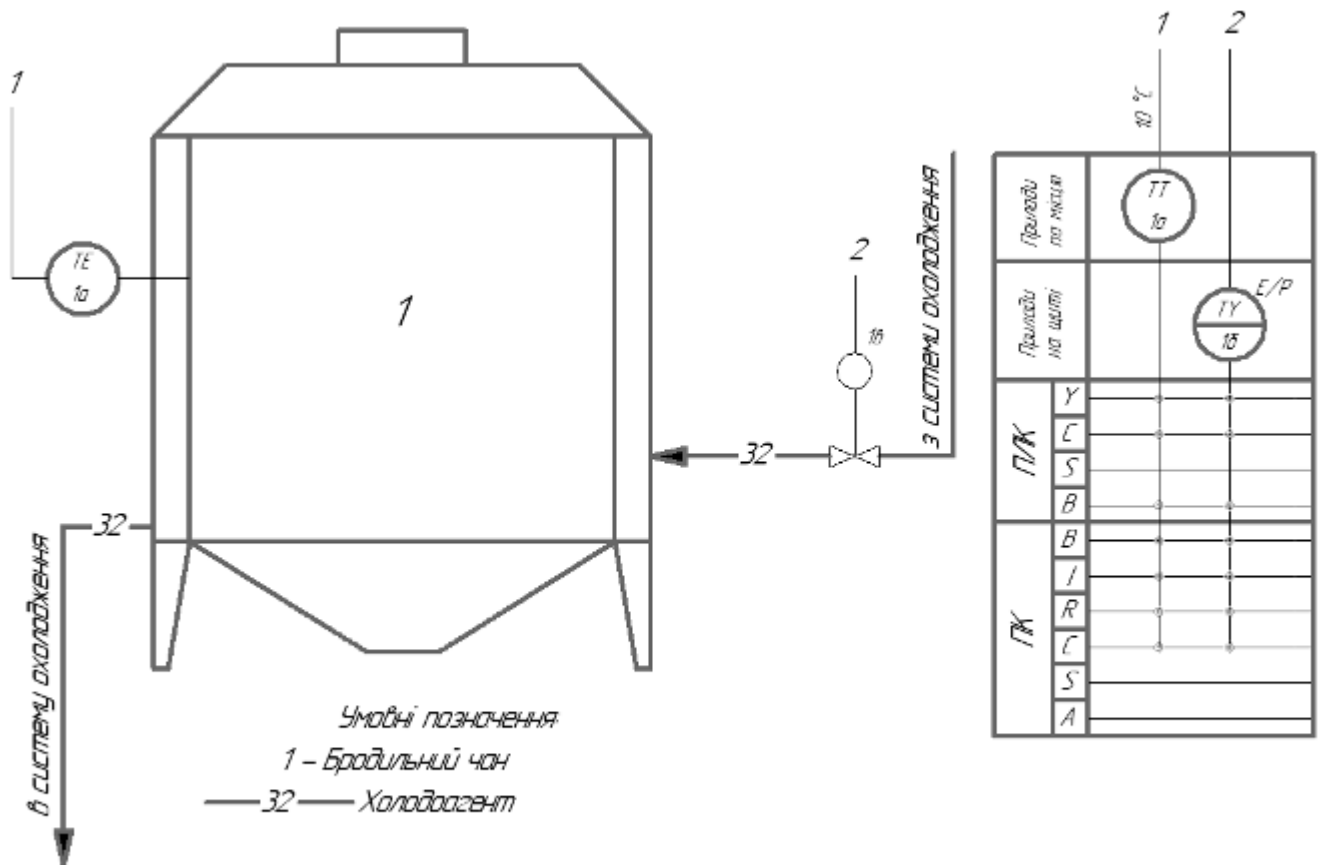


Рис. 7.1. Контур регулювання температури бродіння.

**Постановка задачі комп'ютерного моделювання:** визначити оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури бродіння в бродильному чані.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бачинський Т.О.			Розробка системи автоматизації процесу бродіння пива	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Полупан В.В.					62	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

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

Параметрична схема об'єкта регулювання (рис. 7.2) для контуру регулювання температури бродіння складається з таких вхідних та вихідних параметрів:

- $z(t)$  – основне збурення: початкова температура сусла, °С,  $T_{sus}$  (рис.7.3);
- $u(t)$  – керувальна дія: % ходу регулюючого органу (% Х.Р.О.) клапану подачі холодоагенту,  $U_{klp}$  (рис. 7.3);
- $y(t)$  – регульована змінна: температура бродіння, °С.

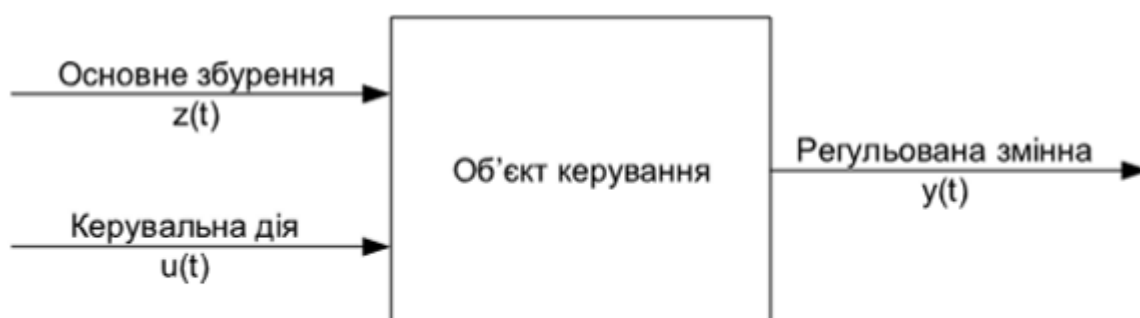


Рис. 7.2. Параметрична схема об'єкта регулювання для контуру регулювання температури бродіння.

Модель контуру регулювання температури бродіння (рис. 7.3) має такі передавальні ланки:

- аперіодична ланка:

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

- ланка запізнювання:

$$W(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

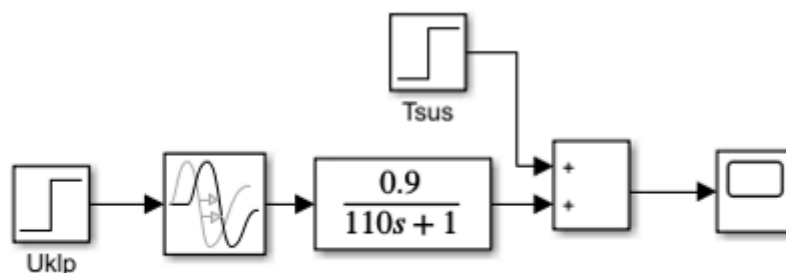


Рис. 7.3. Модель контуру регулювання температури бродіння.

### 7.3. Моделювання САР

ОПН для ПІ-регулятора контуру регулювання температури бродіння визначимо з таблиці використавши метод – процес з мінімальним часом регулювання [10]:

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	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_\delta = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$

Розрахуємо ОПН для ПІ-регулятора контуру регулювання температури бродіння:

$$k_{об} = 0,9; T = 110; \tau_{зп} = 15;$$

$$k_p = (0,6 * 110) / (0,9 * 15) = 4,9;$$

$$T_i = T_{об} = 110; k_i = k_p / T_i = 4,9 / 110 = 0,04.$$

Розраховані ОПН для ПІ-регулятора контуру регулювання температури бродіння підставляємо в модель контуру регулювання температури бродіння з ПІ-регулятором (рис. 7.4).

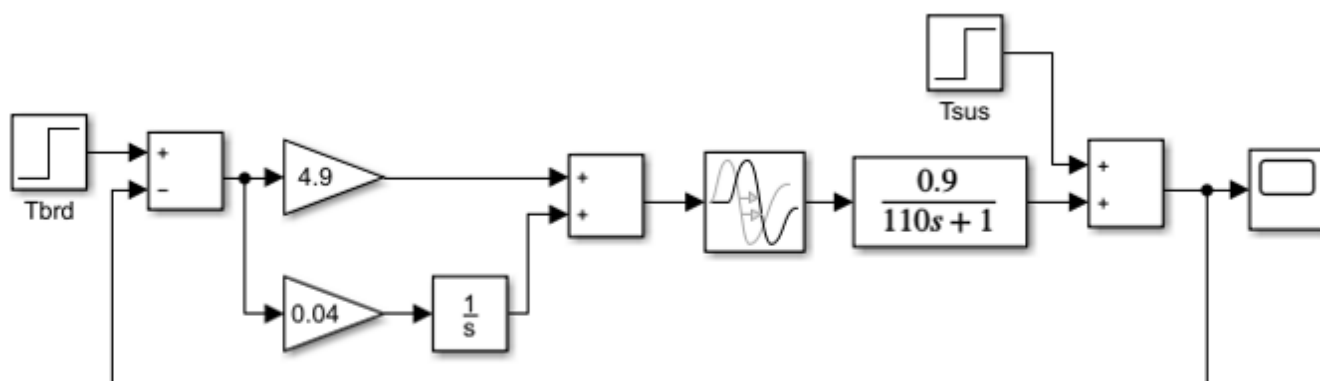


Рис. 7.4. Модель контуру регулювання температури бродіння з ПІ-регулятором.

Перехідний процес з розрахованими ОПН для ПІ-регулятора зображено на рис. 7.5.

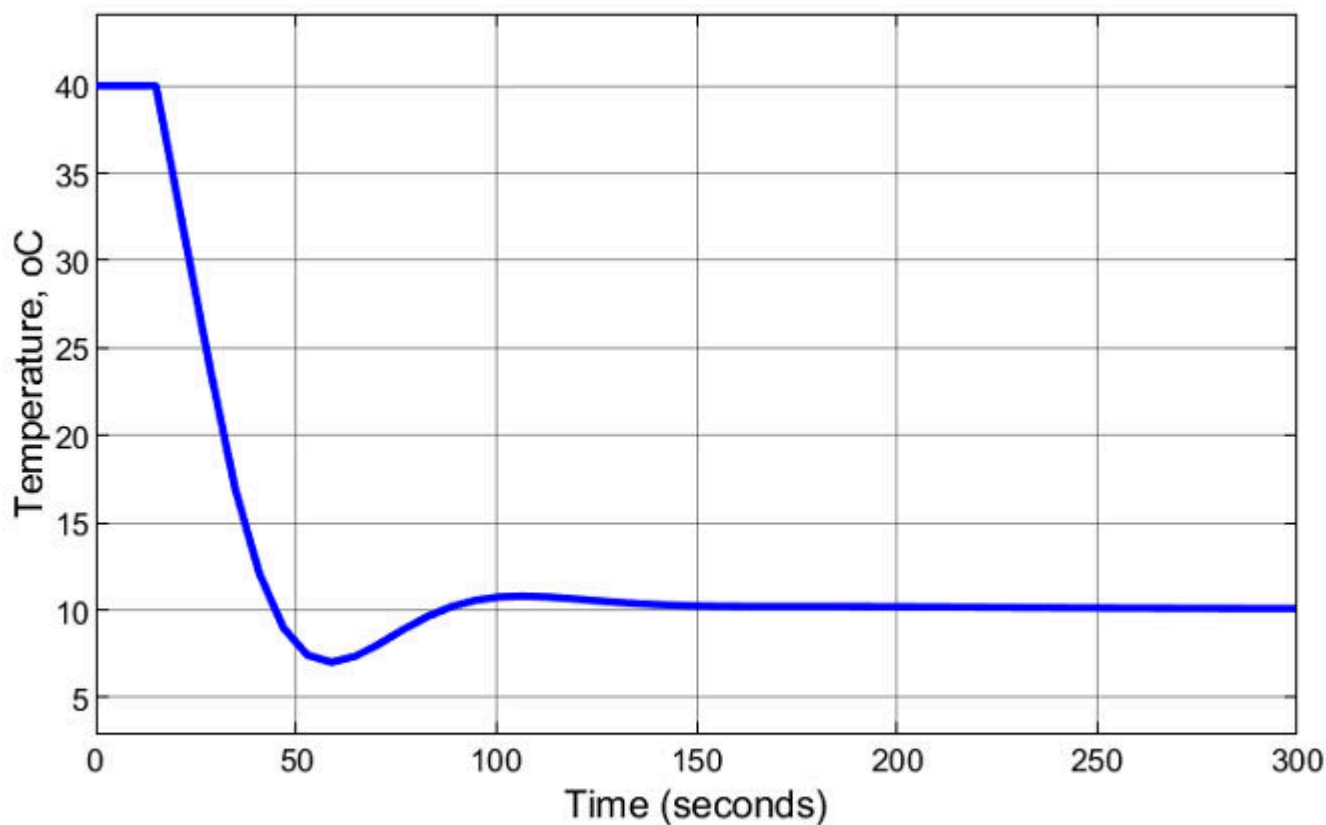


Рис. 7.5. Перехідний процес з розрахованими ОПН.

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

Проведене комп'ютерне моделювання для САР (системи автоматичного регулювання) контуру регулювання температури бродіння дозволило знайти ОПН ПІ-регулятора використавши метод – процес з мінімальним часом регулювання:

- розрахований коефіцієнт підсилення ( $k_p$ ) складає: 4,9;
- розрахований час інтегрування ( $T_i$ ) складає: 110;
- розрахований коефіцієнта інтегрування ( $k_i$ ) складає: 0,04.

Перехідний процес по розрахованим ОПН ПІ-регулятора складає 150 секунд часу регулювання.

Мінімальний час перехідного процесу для досягнення оптимального значення температури бродіння дозволяє заощаджувати енергоресурси на процес охолодження тим самим збільшуючи прибутковість виробництва пива.

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

## Висновки

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу випікання хлібу (СА ВПХБ) на хлібопекарському заводі.

СА ВПХБ на хлібопекарському заводі функціонує з використанням промислового логічного контролера (ПЛК) Schneider Electric M340.

Під час розробки дисплейної мнемосхеми процесу випікання хлібу на хлібопекарському заводі задіяно програмне забезпечення Citect SCADA.

Проведено комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання (САР) контуру регулювання температури в І-й зоні печі. Налаштування знайдені для ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольсона забезпечують час регулювання на значенні 100 секунд.

Сучасні датчики та прилади автоматизації, що використані в СА ВПХБ, дозволять провести процес випікання хлібу на хлібопекарському заводі оптимально, забезпечивши отримання випеченої продукції відмінної якості. А вірно підібрані налаштування регуляторів дозволять заощаджувати енергоресурси на проведенні процесу випікання хлібу, що дозволяє збільшити прибутковість хлібопекарського заводу.

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

## Список використаної літератури

1. Технологічні та апаратурно-технологічні схеми. URL: <https://shorturl.at/yHxV7>
2. Технологія процесу ферментації і дозрівання. URL: <https://www.czechminibreweries.com/uk/production/technology-fermentation-maturation-process/>
3. Технологія пива. URL: <https://ten24.com.ua/ua/blog/tunnelnye-pechi-v-khlebopekarskoj-promyshlennosti-chast-1/>
4. Industrial Resistance Thermometers according to DIN. MWD. URL: <https://www.kobold.com/uploads/files/mwd-gb-temperature.pdf>
5. Pressure Transmitter. SEN-98 / -99. URL: <https://www.kobold.com/uploads/files/sen-98-99-gb-pressure.pdf>
6. A PROCESS REFRACTOMETER FOR CONCENTRATION MEASUREMENT OF LIQUIDS. URL: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886EN.pdf>
7. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL: [https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series\\_617\\_-\\_ASCO\\_NUMATICS\\_Sentronic\\_LP\\_Proportional\\_Valves.pdf](https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf)
8. "ADCATROL" Pneumatic Control Valves PV16G (V16G globe valves series with linear actuators PA series). URL: [https://www.interflow-th.com/information\\_Product\(more\)/PV%2016%20G.pdf](https://www.interflow-th.com/information_Product(more)/PV%2016%20G.pdf)
9. Capacitive Level Meter for Liquids. URL: <https://www.kobold.com/uploads/files/nmc-gb-level.pdf>
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		68

11. 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>

12. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.

13. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

14. 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.

15. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.

16. 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.

17. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

18. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.

19. 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.

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

20. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
21. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
22. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.

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

29. 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.
30. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
36. 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.
37. 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)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

38. 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.
39. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
40. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
41. 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
42. 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.
43. 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" на пряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
44. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" на пряму 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.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

45. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
46. 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.
47. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.

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