

**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
(ім'я та прізвище)

«05» червня 2023 р.

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

«05» червня 2023 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 варіння суслу на пивзаводі

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

Володько Станіслав Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Проскурка Євген 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 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 – 2023 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 «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Я.В.Смітюх

«03» квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Володько Станіславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу варіння суслу на пивзаводі

керівник роботи ст. викл. Проскурка Євген Сергійович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» квітня 2023 р. № 204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «05» червня 2023 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 03 квітня 2023 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 Володько С.Ю.

_____ (підпис)

Керівник роботи Проскурка Є.С.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі описано розробку системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі.

Використано ПЛК Schneider Electric M340 в системі автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі.

Наведено схему монтажу радарного рівнеміра E+H Micropilot FMR50.

Дисплейна мнемосхема для АРМ (автоматизованого робочого місця) оператора розроблена в програмному середовищі Citect SCADA 2015.

Проведене комп'ютерне моделювання дозволило визначити оптимальні параметри налаштування ПІ-регулятора для регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі, що забезпечить найменший час перехідного процесу.

Ключові слова: пиво, сусло, хміль, варіння, система, автоматизація.

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

Annotation

The qualification work describes the development of the automation system for the wort brewing process at a brewery.

The Schneider Electric M340 PLC was used in the automation system of the wort brewing process at the brewery.

The installation diagram of the E+H Micropilot FMR50 radar level gauge is given.

The display mnemonic for the operator's workstation was developed in the Citect SCADA 2015 software environment.

The conducted computer modeling made it possible to determine the optimal PI controller setting parameters for adjusting the wort boiling pressure in the wort boiler, which will ensure the shortest transition time.

Keywords: beer, wort, hops, brewing, system, automation.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
Розділ 2. Система автоматизації	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	34
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	36
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	39
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	39
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	41
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	42
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	46
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	49
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	56
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	56
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	57
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	58
7.1. Постановка задачі дослідження.....	58
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	59
7.3. Моделювання САР.....	60
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	62
Висновки	63
Список використаної літератури	64

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

Вступ

Процес варіння сусла відіграє найважливішу роль під час виробництва пива на пивзаводі.

Дотримання технологічних вимог під час процесу варіння сусла дозволяє отримати в подальшому пиво високої якості.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі.

Системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі розробляється для проведення оптимально процесу варіння сусла. Оптимальне проходження процесу варіння сусла дозволить зменшити витрати енергоресурсів на проходження процесу варіння сусла та збільшить прибутковість процесу пивоваріння.

					<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.

Після фільтрації відфільтроване сусло надходить у котел (рис. 1.1) для варіння сусла з хмелем. Процес відбувається під тиском 0,02-0,03 МПа та протягом 1,5-2 годин.



Рис. 1.1. Сусловарильний котел.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Володько С.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					8	5
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Мета кип'ятіння – стерилізація сусла, стабілізація і ароматизація його складу гіркими речовинами хмелю (рис. 1.2). Протягом цього часу випаровується певна кількість води, що є надлишковою, також відбувається процес екстрагування гірких речовин хмелю, що додається у кипляче сусло в подрібненому вигляді або у вигляді екстракту. Кількість хмелю, що додається, залежить від сорту пива.



Рис. 1.2. Процес додавання хмелю.

При кип'ятінні сусла хмельова олія має таку властивість, як леткість, вона збільшується при тривалому кип'ятінні. Тому з метою часткового збереження у суслі кращих хмелевих олій, додають хміль з кращим ароматом за 15-20 хвилин до закінчення процесу кип'ятіння.

Дубильні речовини, що знаходяться в хмелі розчинні у воді і відразу переходять у розчин. До цих речовин належать антоціани, таніни і катехіни. Вони беруть участь в утворенні завислих частинок гарячого сусла. При подальшому виробництві пива дубильні речовини полімеризуються все сильніше і можуть погіршувати стійкість пива. Дубильні речовини беруть участь в утворенні повноти смаку і гіркоти пива.

Дубильні речовини хмелю і солоду повністю розчиняються в суслі і відбувається процес зв'язування з його білками. Дубильні речовини солоду в цей час проявляють себе більш активно, а ніж хмельові. Дубильні речовини знаходяться частково в окисленій формі, а в цей час білкові речовини мають різну величину молекул, відбувається процес утворення різних сполук, що відрізняються своєю поведінкою.

Під час процесу кип'ятінні сусла (рис. 1.3) відбувається упарювання рідини до встановленої концентрації.



Рис. 1.3. Процес кип'ятінні сусла.

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

Процес інтенсивного кип'ятіння означає сильне випаровування води. Кількість води, яка випарувалася знаходиться в прямій залежності від бажаного ступеню відділення. Мірою, що характеризує інтенсивність випарювання є вся кількість води, що випарувалася під час варіння (ступінь випарювання).

Процес випаровування води потребує великих затрат енергоресурсів. Тому краще не кип'ятити сусло довше, а ніж це необхідно; по можливості необхідно частину використаної енергії застосовувати знову.

Разом з пилом з солоду в затор також потрапляє велика кількість різнорідних мікроорганізмів. Якщо ці мікроорганізми не знищити, то вони можуть швидко викликати псування пива. Під час процесу кип'ятіння сусла всі мікроорганізми, які містяться в суслі гинуть, тобто відбувається процес стерилізації сусла.

Під час процесу кип'ятінні сусла відбувається повне знищення ферментів, що досі збереглися у ньому в невеликих кількостях – відбувається процес інактивація ферментів. Тепер у суслі більше неможливі неконтрольовані зміни.

Після процесу кип'ятіння сусла воно стає темнішим, оскільки утворюються меланоїдини, а також окисляються дубильні речовини, ці процеси обумовлюють підвищення кольорності сусла. Під час процесу бродіння кольоровість пива знижується знову.

Кислотність сусла підвищується, оскільки під час процесу кип'ятіння утворюються меланоїдини, що дають кислу реакцію, а також деяку частину кислотності вносить хміль. Більшість важливих для виробництва пива процесів краще та швидше протікають при пониженому значенні рН.

Основним недоліком під час зниження значення рН є недостатнє використання гірких речовин хмелю. Рекомендовано перед закінченням процесу кип'ятіння довести сусло до значення рН 5,0-5,1. [1]

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

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	Трубопровід	Облік суслу	700 л	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса М2	
		Облік екстракту хмелю	100 л	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі екстракту хмелю 5в	
2	Суслварильний котел	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на насоси М1	
		Температура	75 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі гарячої води 1в	
		Тиск	0,3 МПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан випуску пари 2в	
		рН	5 од. рН	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Змішувач	Вкл./Викл.	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М3	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Тиск в суловарильному котлі

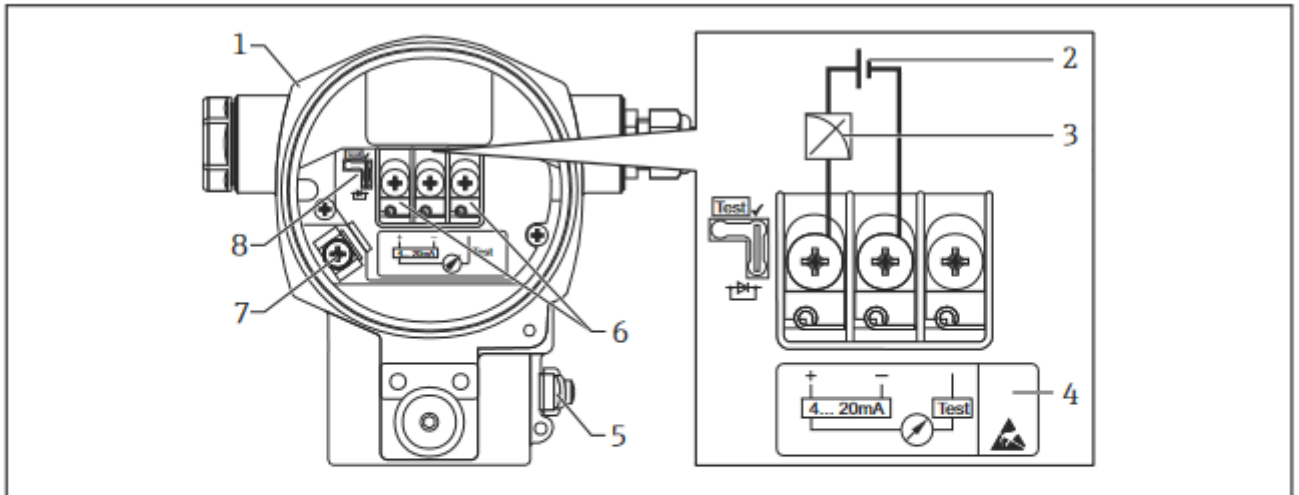
В суловарильному котлі тиск вимірюється датчиком Е+Н Cerabar S PMC71 (рис. 2.1). [2]



Рис. 2.1. Е+Н Cerabar S PMC71.

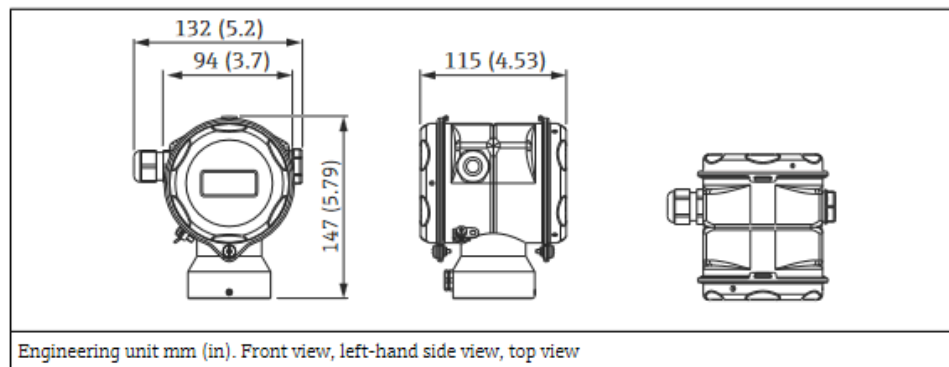
					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Володько С.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу варіння суслу на пивзаводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					13	26
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

4 to 20 mA HART



- 1 Housing
- 2 Supply voltage
- 3 4 to 20 mA
- 4 Devices with integrated overvoltage protection are labeled "OVP" (overvoltage protection) here.
- 5 External ground terminal
- 6 4 to 20 mA test signal between positive and test terminal
- 7 Internal ground terminal
- 8 Jumper for 4 to 20 mA test signal

Рис. 2.2. Підключення E+H Cerabar S PMC71.

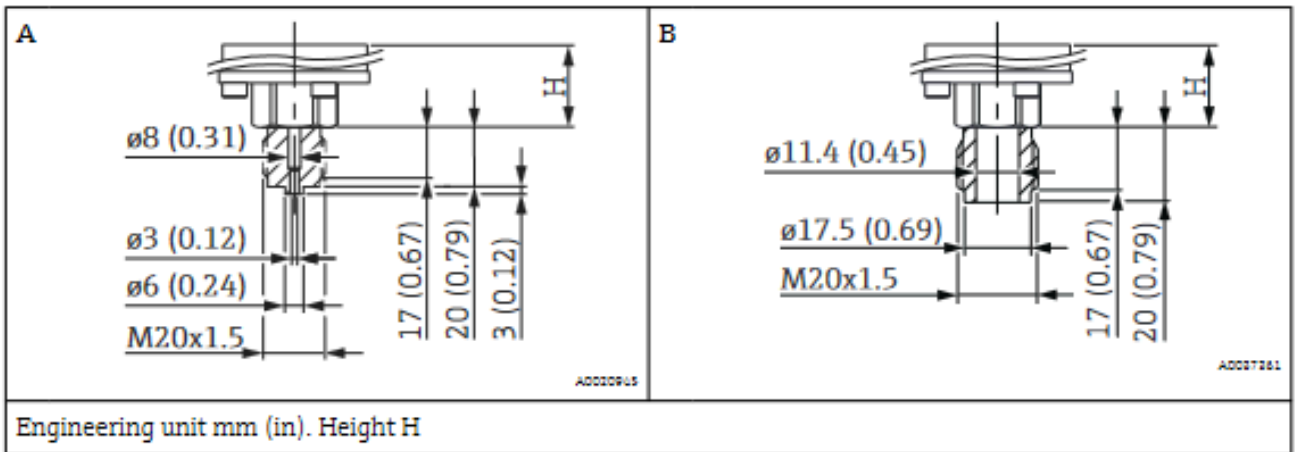


Material		Degree of protection ¹⁾	Cable entry	Weight in kg (lb)		Option ²⁾
Housing	Cover seal			with display	without display	
316L	EPDM	IP66/68 NEMA 6P	M20 gland	1.2 (2.65)	1.1 (2.43)	R
		IP66/68 NEMA 6P	G ½" thread			S
		IP66/68 NEMA 6P	NPT ½" thread			T
		IP66/68 NEMA 6P	M12 plug			U
		IP66/68 NEMA 6P	7/8" plug			V

1) Degree of protection IP 68: 1.83 mH₂O for 24 h

2) Product Configurator, order code for "Housing, cover seal, cable entry, degree of protection"

Рис. 2.3. Розміри перетворювача E+H Cerabar S PMC71.



Item	Designation	Material	Weight	Option ¹⁾
			kg (lb)	
A	DIN 13 M20 x 1.5, EN 837 3 mm (0.12 in)	AISI 316L	0.63 (1.39)	GP
		Alloy C276 (2.4819)		GQ
B	DIN 13 M20 x 1.5 11.4 mm (0.45 in)	AISI 316L		GR

1) Product Configurator, order code for "Process connection"

Рис. 2.4. Розміри кріплення E+H Cerabar S PMC71.

Електропневматичні перетворювачі

Для управління пневматичними клапанами задіяні електропневматичні перетворювачі ASCO NUMATICS SentronicLP (рис. 2.5). [3]



Рис. 2.5. ASCO NUMATICS SentronicLP.

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

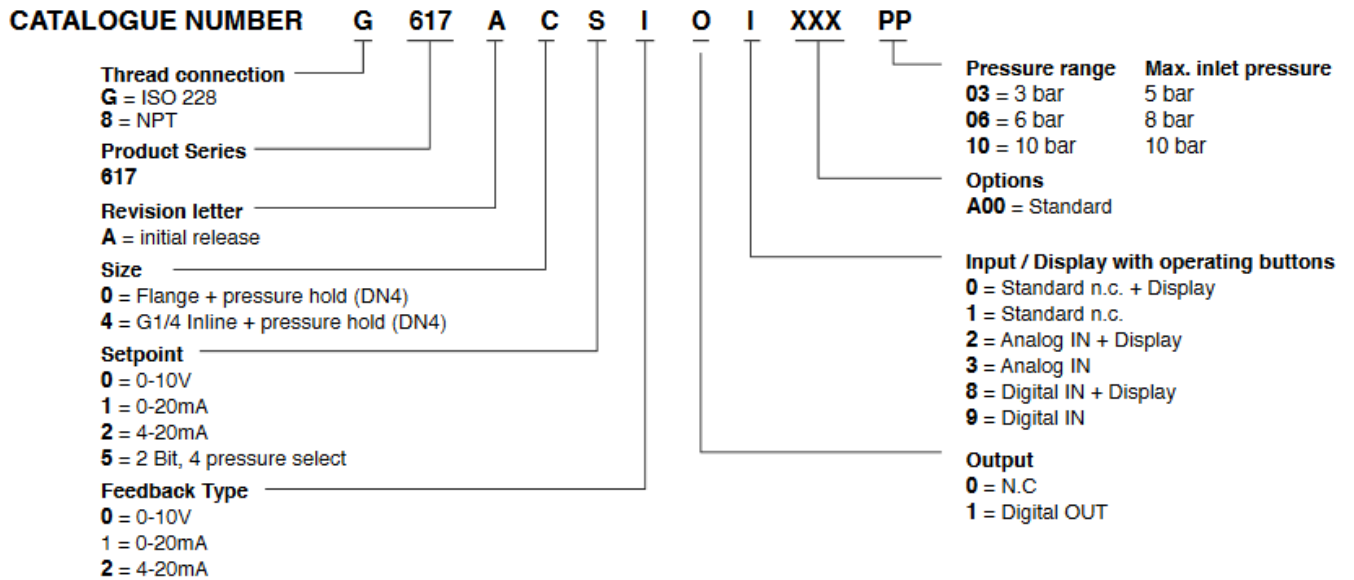


Рис. 2.6. Вибір моделі ASCO NUMATICS SentronicLP.

GENERAL

Fluids Air or neutral gas filtered at 50 μm, without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

Max. allowable pressure (MAP) At least 1 bar above the maximum outlet pressure

Pressure range 0-3 bar, 0-6 bar, 0-10 bar

Fluid temperature 0°C to +60°C

Ambient temperature 0°C to +50°C

Flow (Qv at 6 bar) 470 NI/min

Setpoint 0 - 10 V (Impedance 100 kΩ)
 0 - 20 mA / 4 - 20 mA (Impedance 250 Ω)

Hysteresis 1% of span

Linearity 1% of span

Repeatability 1% of span

Minimum setpoint 100 mV (0,2 mA/4,2mA) with shutoff function

Minimum outlet pressure 1% of span

Failsafe behaviour Pressure hold on loss of power, without control

CONSTRUCTION

Body Aluminium

Internal parts POM (polyacetal)

Seals NBR (nitrile)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

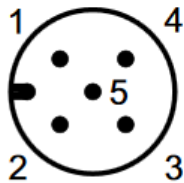
nominal diameter DN (mm)	stabilised voltage	max. power (W)	max. current (mA)	Insulation class	degree of protection	electrical connection
4	24VDC	3,8 W (<1W compensate)	160	H	IP 65	5-pin M12 connector (to be ordered separately)

SPECIFICATIONS

Ø port	Ø orifice DN (mm)	K _v -coefficient (Nm ³ /h)	flow at 6 bar (NI/min)
G 1/4	4	0,43	470

Рис. 2.7. Параметри ASCO NUMATICS SentronicLP.

CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING



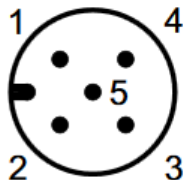
View from soldering side

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) ¹	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.

¹ 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

Рис. 2.8. Підключення ASCO NUMATICS SentronicLP.

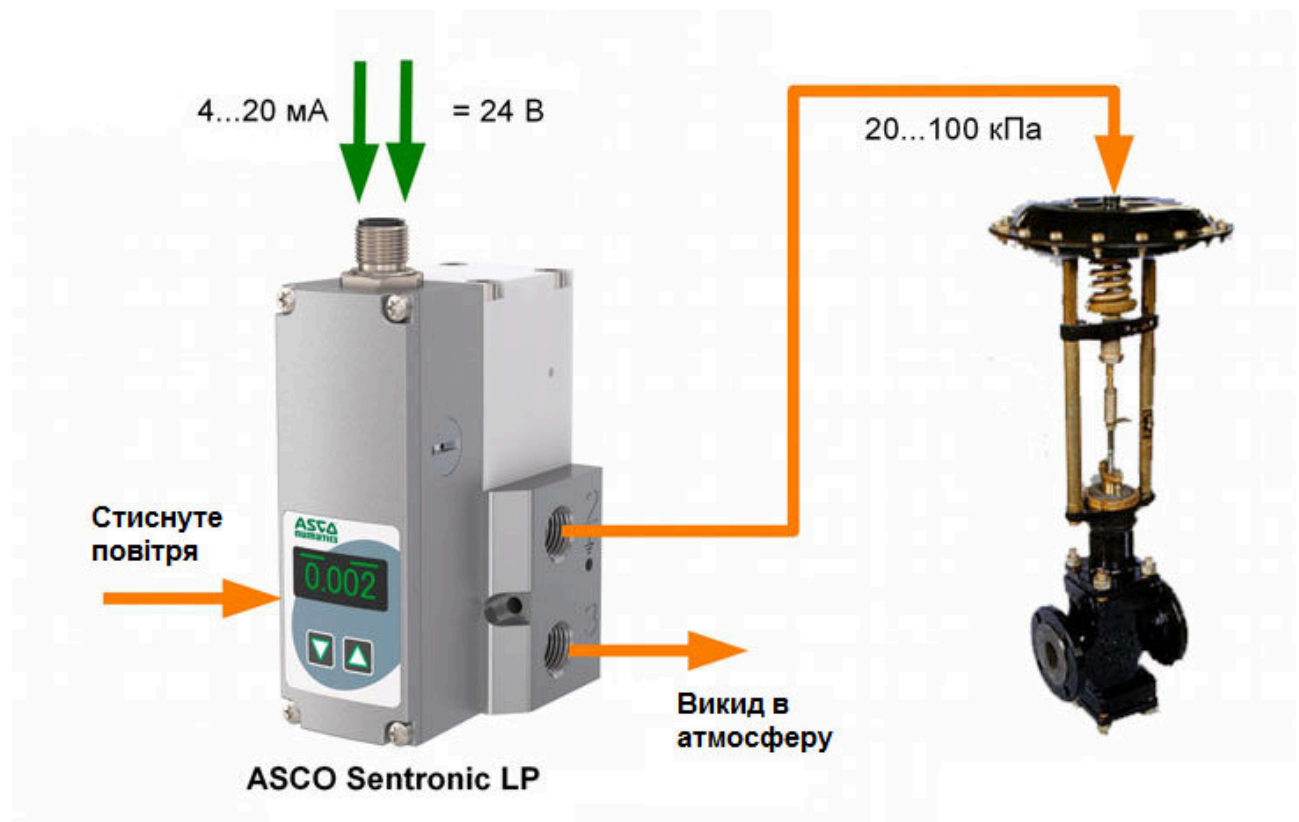


Рис. 2.9. Приклад управління клапаном.

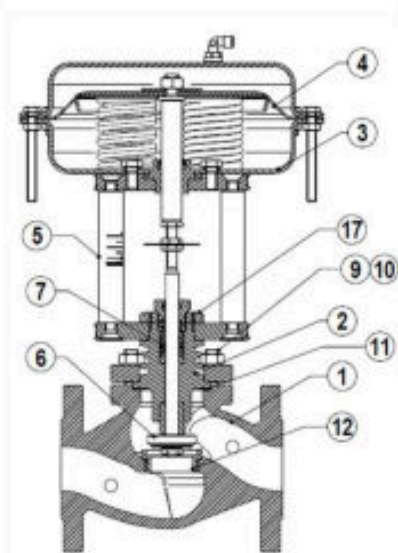
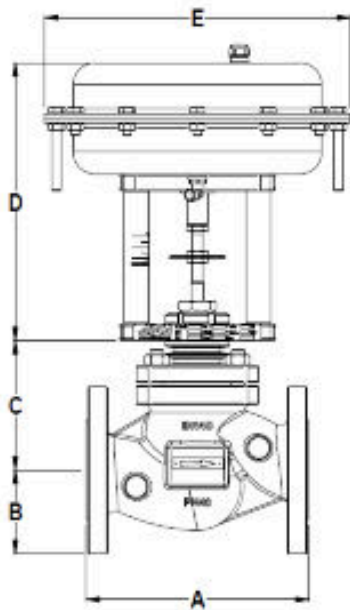
Пневматичні клапани

Для управління подачею екстракту хмелю, гарячої води та виводу пари задіяні пневматичні клапани Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (рис. 2.10). [4]

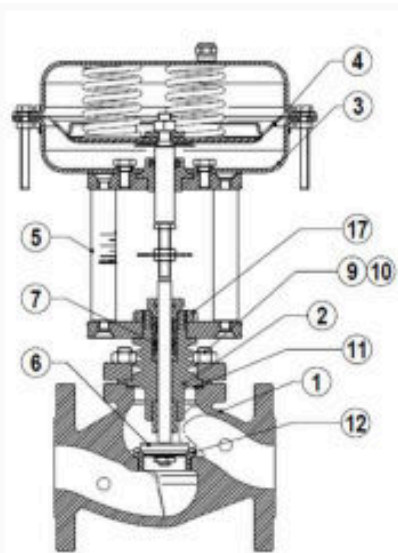


Рис. 2.10. Valsteam ADCATrol PV25G.

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



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

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

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

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

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

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

Рис. 2.11. Розміри клапана Valsteam ADCATrol PV25G.

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

20

ORDERING CODES V25/OF

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

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

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

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

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

REMARKS:

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

Рис. 2.12. Вибір моделі Valsteam ADCATrol PV25G.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Облік сула та екстракту хмелю

Для обліку сула та екстракту хмелю задіяно лічильники KOBOLD DPE (рис. 2.13). [5]



Рис. 2.13. KOBOLD DPE.

Order Details (Example: DPE-1105 G4 F300)

With pipe fittings						Evaluating electronics				
Measuring range max. 3 m/s		Flow rate max. 10 m/s approx. [l/min water]	Model		Connection					
[l/min water]	approx. Frequenz [Hz] at FS		Material brass	Material st. steel	Standard female	Special female				
5-30	80	100	DPE-1105..	DPE-1205..	..G4.. = G ½	..N4.. = ½ NPT				
10-50	80	180	DPE-1110..	DPE-1210..	..G5.. = G ¾	..N5.. = ¾ NPT				
20-80	65	230	DPE-1115..	DPE-1215..	..G6.. = G 1	..N6.. = 1 NPT				
25-250	140	600	DPE-1120..	DPE-1220..	..G8.. = G 1 ½	..N8.. = 1 ½ NPT				
30-350	135	1000	DPE-1125..	DPE-1225..	..G9.. = G 2	..N9.. = 2 NPT				
50-750	110	1600	DPE-1130..	DPE-1230..	..G8.. = G 3	..NB.. = 3 NPT				
With installation adapter not available with compact / ADI electronics						ADI electronics				
Meas. range [m/s]	approx. frequency [Hz] at max. value	max. flow rate [m/s]	Material brass	Material st. steel	Connection for nominal pipe size		Display	Supply	Output	Contacts
0-3	65 (at DN 25) 140 (at DN 40) 135 (at DN 50) 110 (at DN 80)	10	-	DPE-1200..	..W6.. = DN 25 ..W8.. = DN 40/DN 50 ..WB.. = DN 80	K = bar graph/ digital display	0 = 100-240 V _{AC/DC} 3 = 18-30V _{AC} , 10-40 V _{DC}	0 = without 4 = 0(4)-20 mA, 0-10V	2 = 2 change- over contacts	

Рис. 2.14. Вибір моделі KOBOLD DPE.

Plug-on display

for model DPE...L442 (with 4-20 mA output and DIN connector)

Description	Order number
4-digit LED, connector DIN 43650, 2-wire, supply through analogue output	AUF-1000
as above however with additional open collector output	AUF-1001

Weights

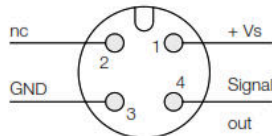
Sensor

Electronics

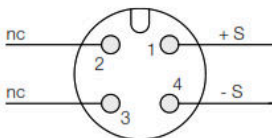
Model	Weight	Model	Weight
½"	approx. 750 g	Frequency output	130 g
¾"	approx. 1050 g	Analogue output	130 g
1"	approx. 900 g	Compact electronic	approx. 650 g
2"	approx. 1500 g	ADI electronics	1400 g
3"	approx. 3000 g	E/G electronics	1400 g

Electrical connection

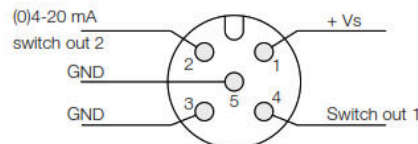
DPE-...F., DPE-...L3..3-wire



DPE-...L342 2-wire



DPE-...C..



DPE-...L442

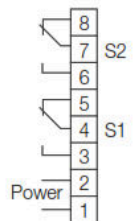
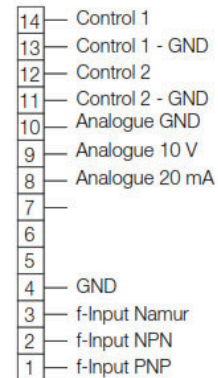
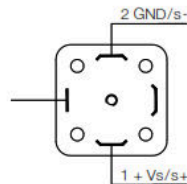


Рис. 2.15. Підключення KOBOLD DPE.

Model: DPE-...K., ..G., ..E..

(with ADI evaluating, counter or dosing electronic)

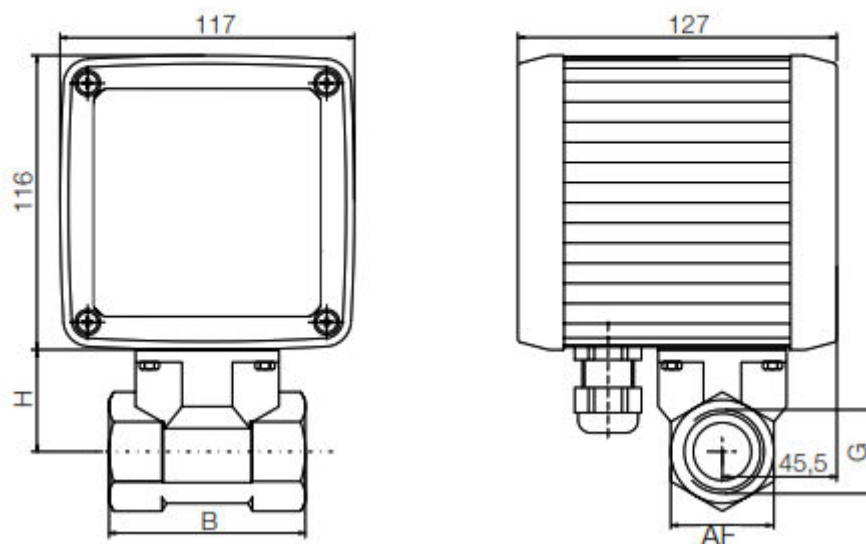


Рис. 2.16. Розміри KOBOLD DPE.

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

24

рН сусла

Для вимірювання рН сусла в сушловарильному котлі задіяно аналізатор HORIBA HP-480 (рис. 2.17). [6]

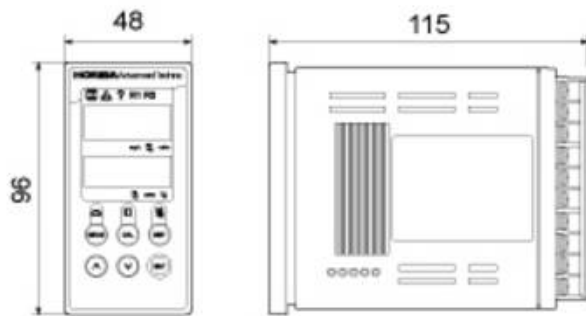


Рис. 2.17. HORIBA HP-480.

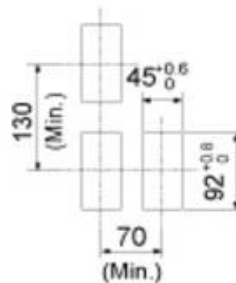
					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

HP-480(W)

■ Converter



Panel cut size



Unit: mm

■ Electrode

6108-50B

6108G-50B

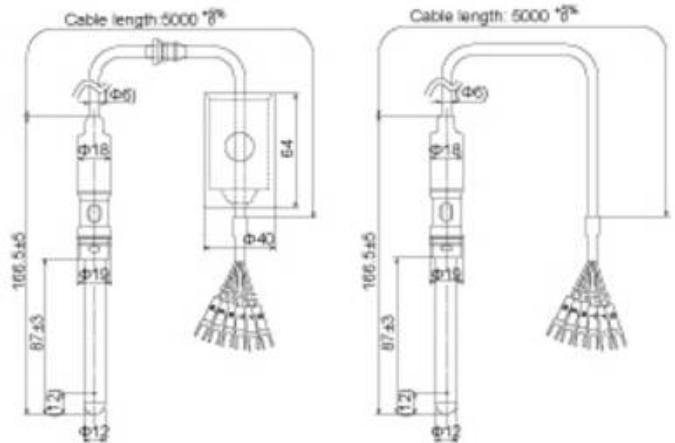
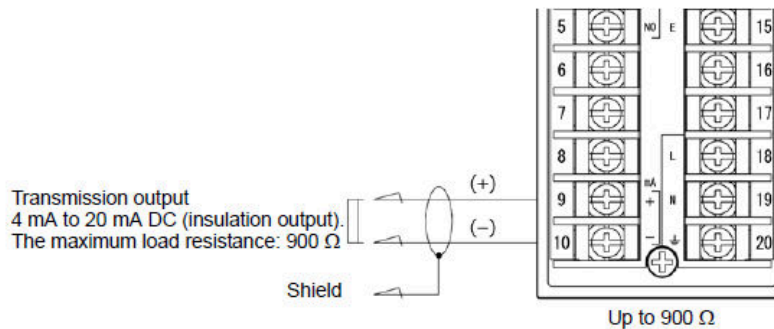


Рис. 2.18. Розміри HORIBA HP-480.

1. Connect the cable to the terminal block referring to the figure below.
Use a shielded wire for the transmission cable.



2. Ground the shielded line via the grounding terminal of the receiver device side.

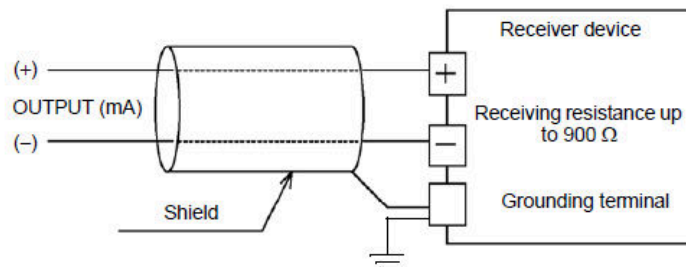
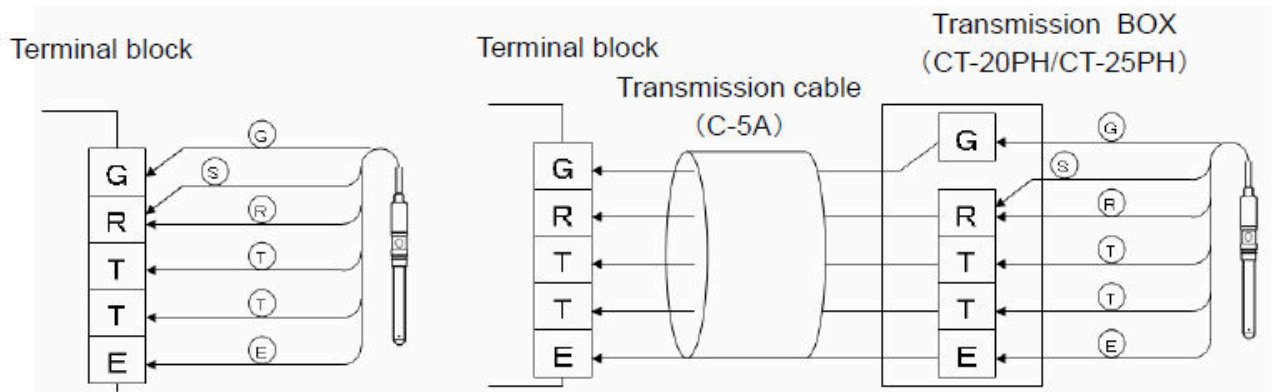


Рис. 2.19. Підключення HORIBA HP-480 до ПЛК.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- For pH electrodes with S terminal and without SE terminal, such as 6108 and 6109.



- For pH electrodes without S and SE terminals.

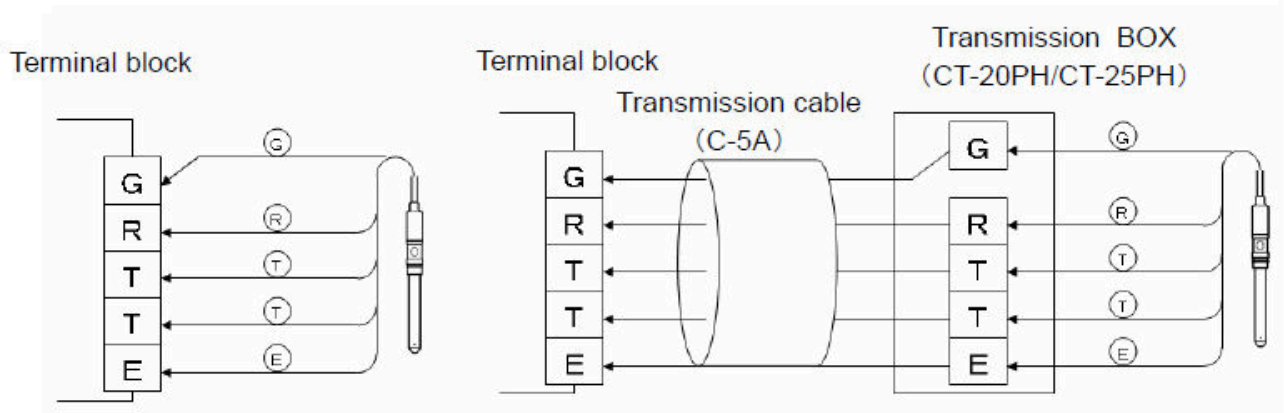


Рис. 2.20. Підключення електродів до HORIBA HP-480.

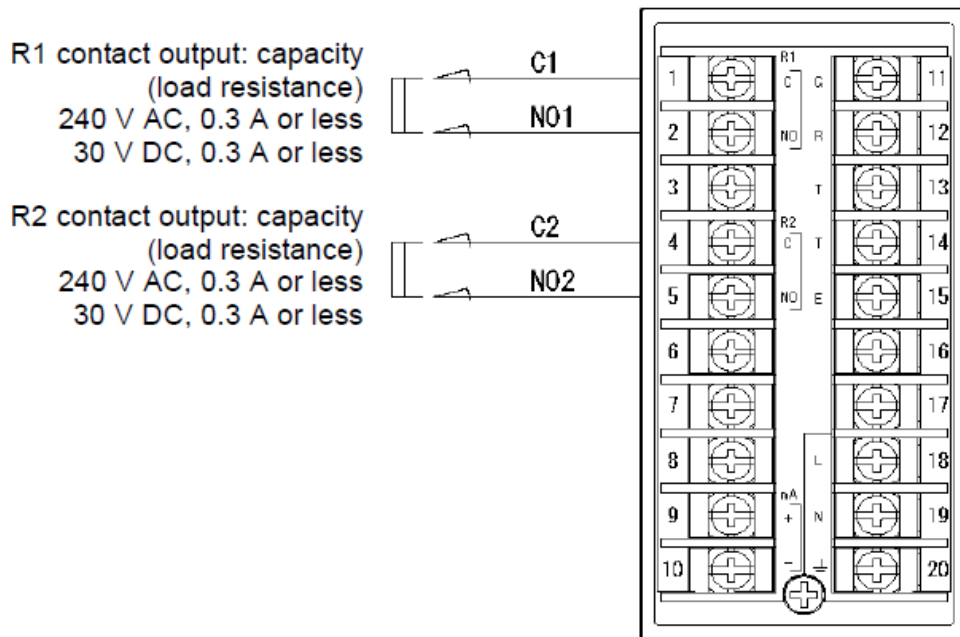


Рис. 2.21. Підключення живлення до HORIBA HP-480.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Температура кипіння сусла

Для вимірювання температури кипіння сусла в сушварильному котлі задіяно E+H Omnigrad M TR10 (рис. 2.22). [7]



Рис. 2.22. E+H Omnigrad M TR10.

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

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

Рис. 2.23. Параметри E+H Omnigrad M TR10.

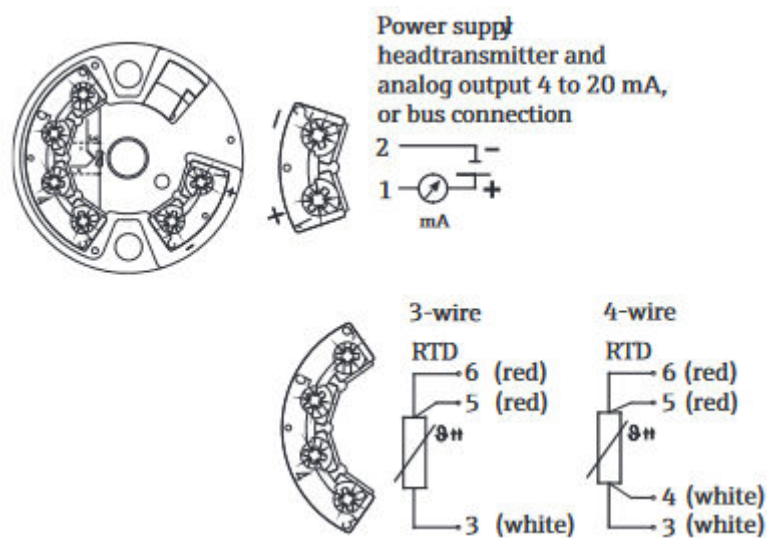


Рис. 2.24. Підключення термоопору.

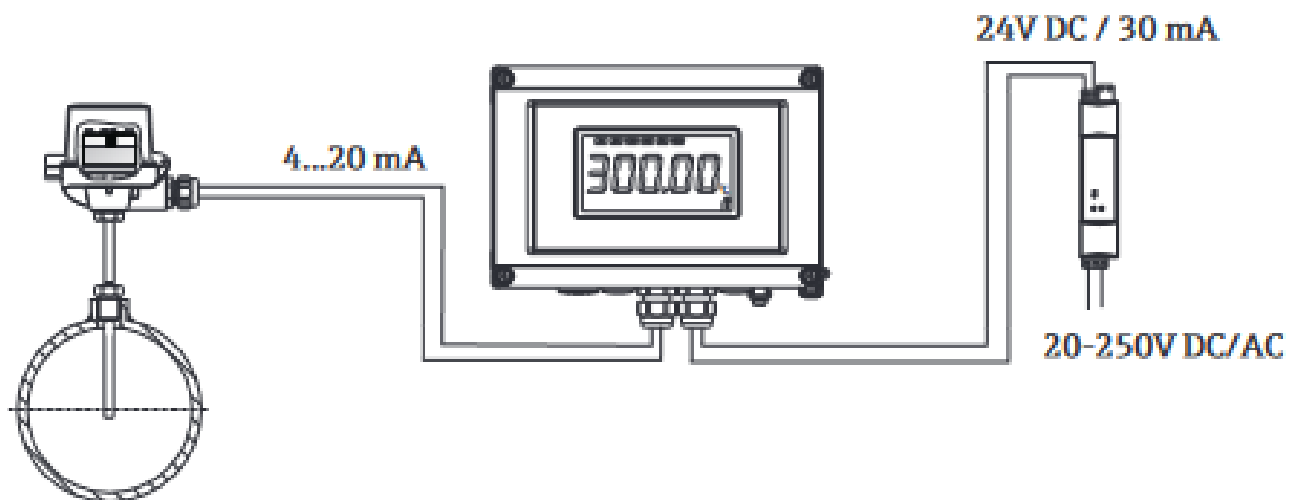
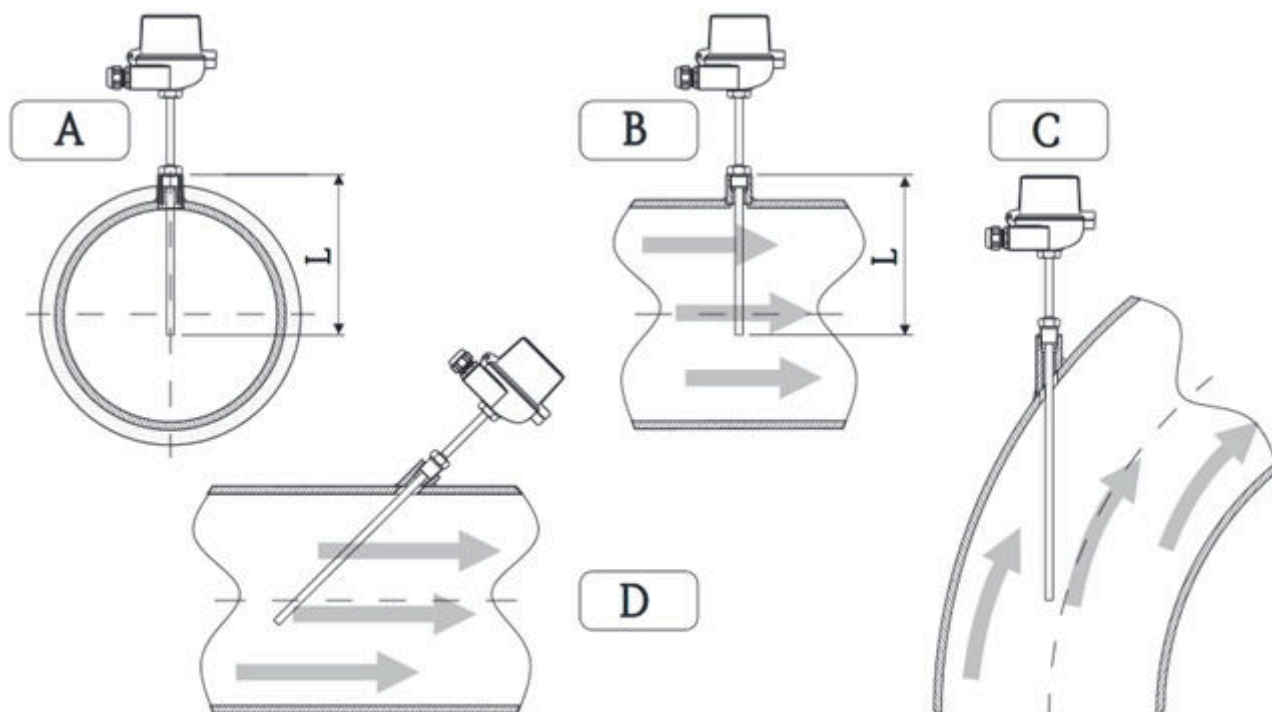


Рис. 2.25. Підключення E+H Omnigrad M TR10 до індикатора.



A-B: У трубах з невеликим перерізом наконечник датчика повинен доходити чи трохи проходити повз центральну лінію труби (= L); C-D: Нахилена установка.

Рис. 2.26. Встановлення E+H Omnigrad M TR10.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рівень сула

Для вимірювання рівня сула в суловарильному котлі задіяно E+H Micropilot FMR50 (рис. 2.27). [8]



Рис. 2.27. E+H Micropilot FMR50.

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

$$L = E - D$$

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

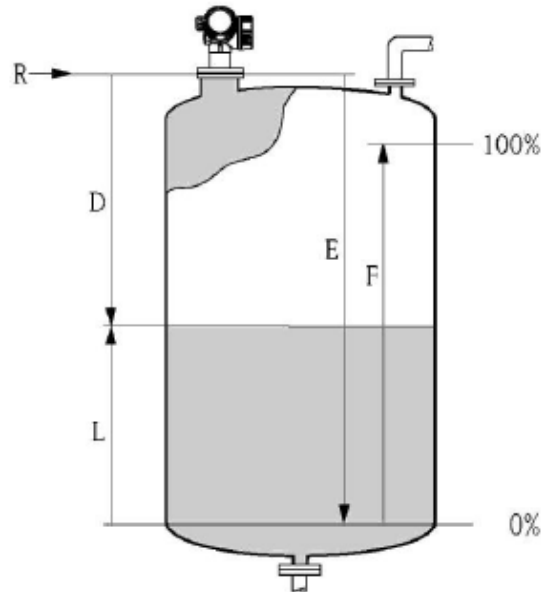
L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

t – часом прийняття відбитого сигналу.



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

E – калібрування порожнього резервуара (= нульовий рівень);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

D – виміряна відстань;

L – рівень ($L = E - D$).

Рис. 2.28. Спосіб вимірювання E+H Micropilot FMR50.

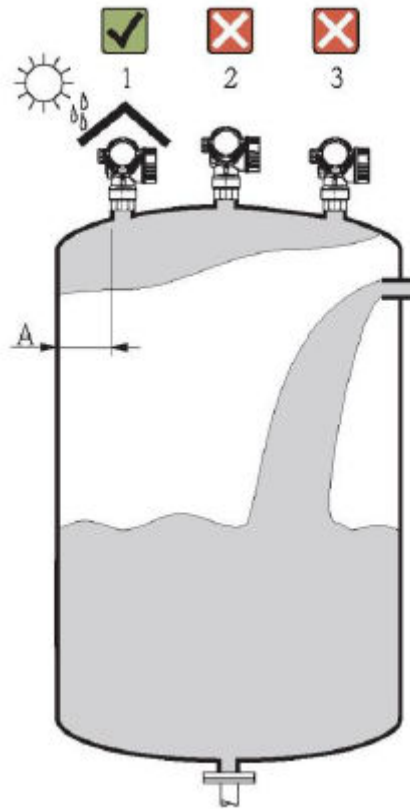


Рис. 2.29. Монтаж E+H Micropilot FMR50.

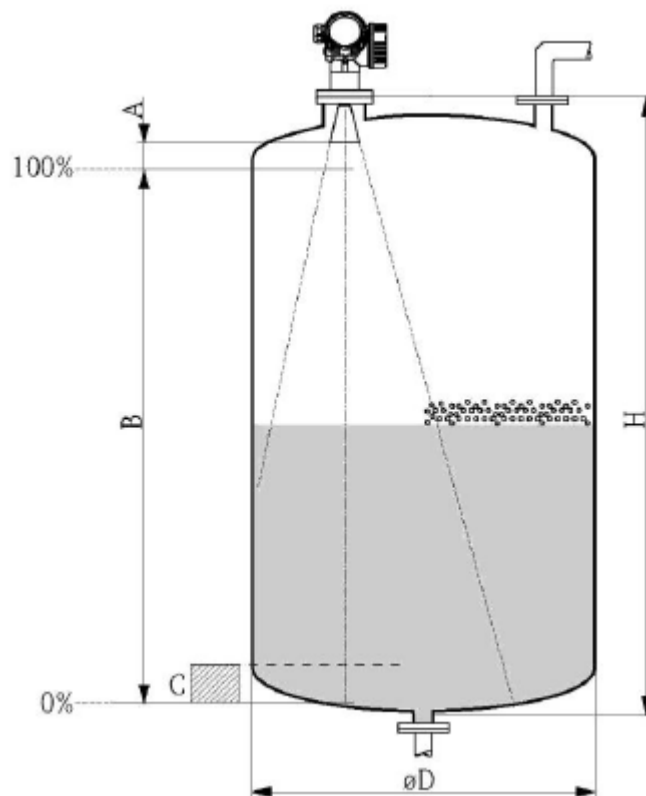


Рис. 2.30. Визначення рівня E+H Micropilot FMR50.

2.2. Схема автоматизації

Регулювання температури кип'ятіння сусла

Вимірювання температури кип'ятіння сусла в сушварильному котлі відбувається датчиком (поз. 1а) та регулюється подачею гарячої води в міжстінковий простір сушварильного котла пневматичним клапаном (поз. 1в), який управляється електропневматичним перетворювачем (поз. 1б).

Регулювання тиску в сушварильному котлі

Вимірювання тиску в сушварильному котлі відбувається датчиком (поз. 2а) та регулюється виводом надлишкової пари в атмосферу пневматичним клапаном (поз. 2в), який управляється електропневматичним перетворювачем (поз. 2б).

Управління подачею сусла та екстракту хмелю

Вимірювання кількості сусла, що подається в сушварильний котел, відбувається лічильником (поз. 4а). Магнітний пускач (поз. КМ2) управляє насосом (поз. М2) від значення кількості сусла, що надійшло в сушварильний котел.

Вимірювання кількості екстракту хмелю, що подається в сушварильний котел, відбувається лічильником (поз. 5а). Від значення кількості екстракту хмелю, електропневматичний перетворювач (поз. 5б) управляє пневматичним клапаном (поз. 5б).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Управління рівнем в сусліварильному котлі

Вимірювання рівня в сусліварильному котлі відбувається рівнеміром (поз. 3а). В залежності від значення рівня в сусліварильному котлі відбувається управління насосом (поз. М1), що управляється магнітним пускачем (поз. КМ1).

Управління змішувачем в сусліварильному котлі

Управління змішувачем (поз. М3) в сусліварильному котлі, відбувається через магнітний пускаче (поз. КМ1), що вмикає чи вимикає змішувач.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						35
<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 -300...+600 °С	Omnigrad M TR10	1	Endress+Hauser, Швейцарія
2	1б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A42 200A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
3	1в	по місцю	Пневматичний клапан, Рвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.25G.11L 100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
4	2а	по місцю	Датчик тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0-60 бар	Cerabar S PMC71	1	Endress+Hauser, Швейцарія

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.25G.11L10 0.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
7	3а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м	Micropilot FMR50	1	Endress+ Hauser, Швейцарія
8	4а 5а	по місцю	Лічильник з уніфікованим вихідним дискретним сигналом: 0-24 V, Уживл.=24 V.	DPE-1120 G8 F300	2	KOBOLD, Німеччина
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.25G.11L10 0.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
11	ба	по місцю	Електрод для вимірювання рН	6108G-50B	1	HORIBA, Японія
12	бб	по місцю	Аналізатор рН, діапазон вимірювань 0-14 од. рН, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 220 V AC	HP-480	1	HORIBA, Японія
13	КМ1- КМ3	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В AC, струм комутації 40 А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	3	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
15	М3	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380 В	AIP90L2	1	ООО "Систе- макс" м. Київ

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі використан ПЛК Schneider Electric M340.

Модулі входів та виходів, що взяті для ПЛК Schneider Electric M340 наведені в таблиці 3.1 та їх розміщення наведено на рис. 3.1.

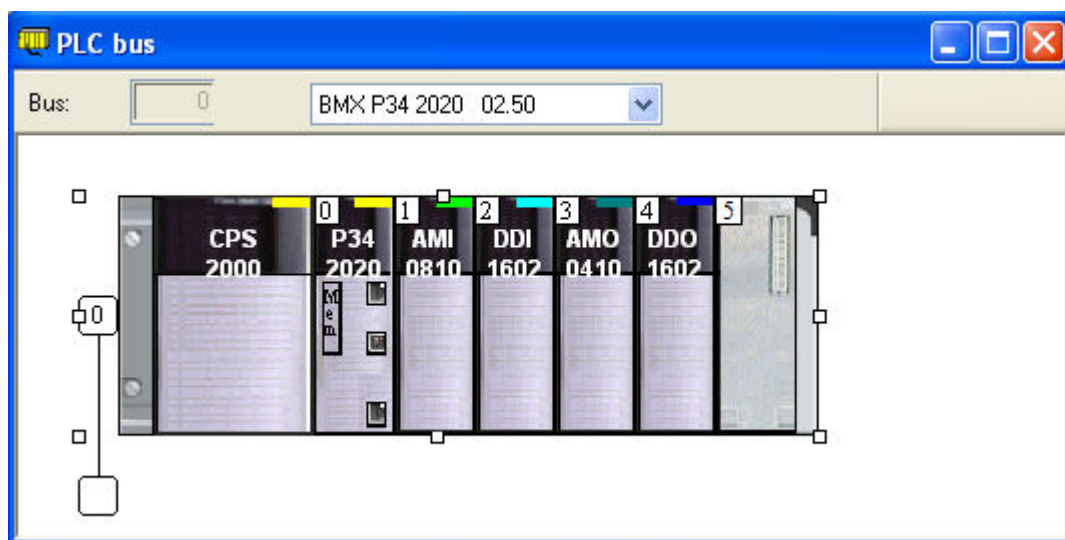


Рис. 3.1. Розміщення модулів ПЛК M340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Володько С.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					39	7
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Таблиця 3.1. Вибір модулів для ПЛК

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Модуль процесора Schneider Electric Modicon M340.
BMX CPS 2000	1	Модуль блоку живлення ПЛК
BMX AMI 0810	1	Модуль на 8 аналогових входів
BMX AMO 0410	1	Модуль на 4 аналогових виходів
BMX DDI 1602	1	Модуль на 16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	Модуль на 16 дискретних виходів

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В системі автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі в принциповій електричній схемі автоматичного регулювання зображені використані елементи:

- автоматичні вимикачі з захистом від короткого замикання (QF1-QF4);
- блоки живлення постійною напругою 24 В (БЖ1-БЖ2).

В системі автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі на принциповій електричній схемі автоматичного регулювання нумерація проводів задіяна така:

- проводи зі змінною напругою (800-811);
- проводи з постійною напругою (900-903);
- проводи з вимірювальними сигналами (100-106);
- проводи з сигнали регулювання та управління (200-207);
- лінія з пневматичним сигналом живлення (0800);
- лінії з пневматичними сигналами управління (0200-0202).

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

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання тиску в сусліварильному котлі

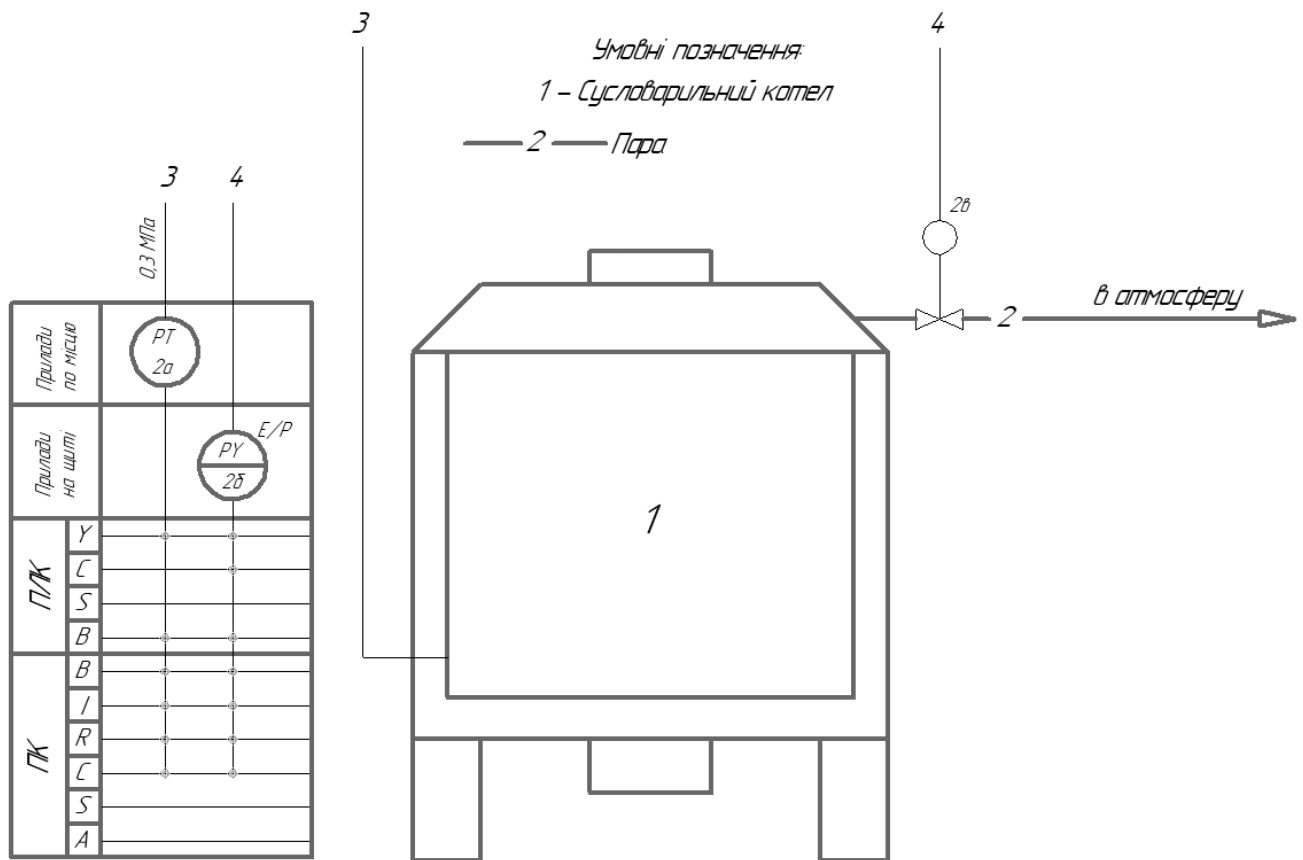


Рис. 3.2. Контур регулювання тиску в сусліварильному котлі.

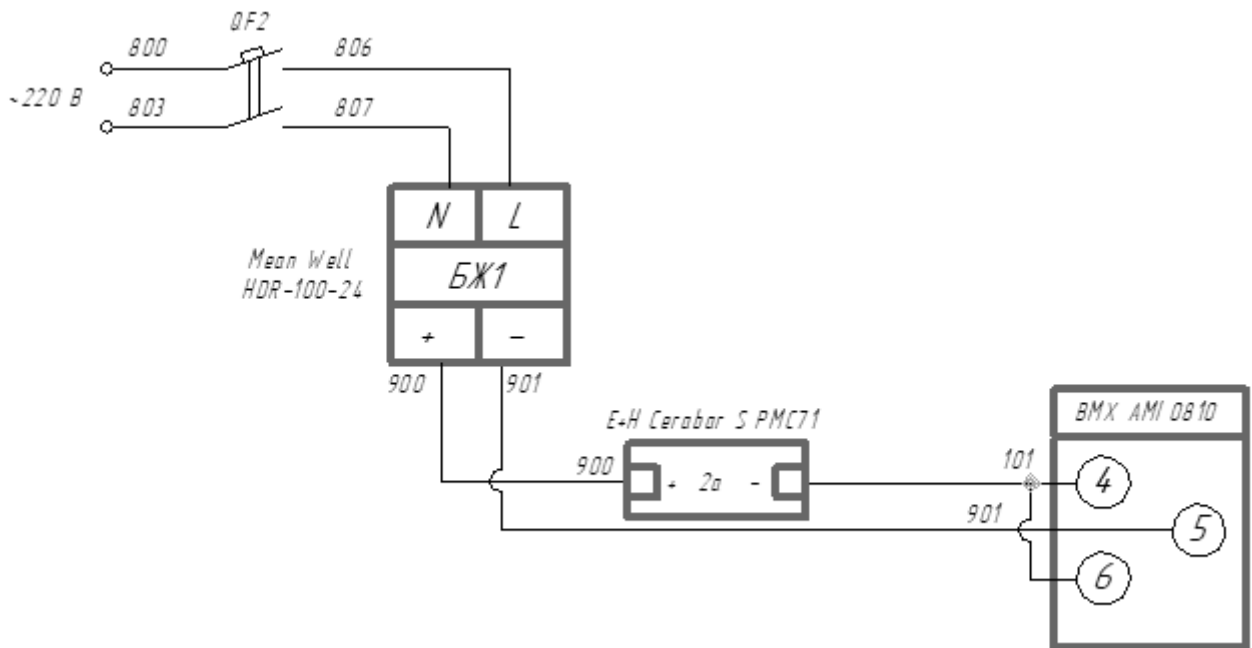


Рис. 3.3. Схема підключення E+H Cerabar S PMC71 до BMX AMI 0810.

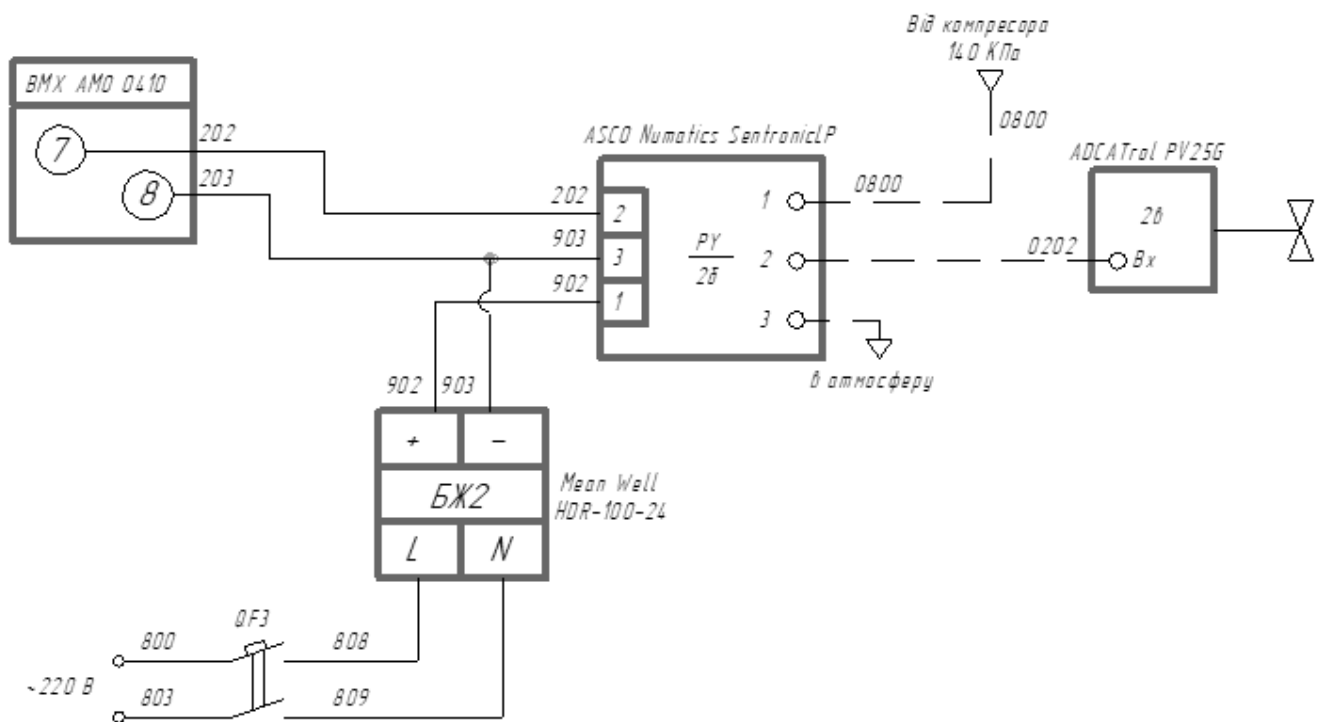


Рис. 3.4. Схема підключення Valsteam ADCATrol PV25G до BMX AMO 0410.

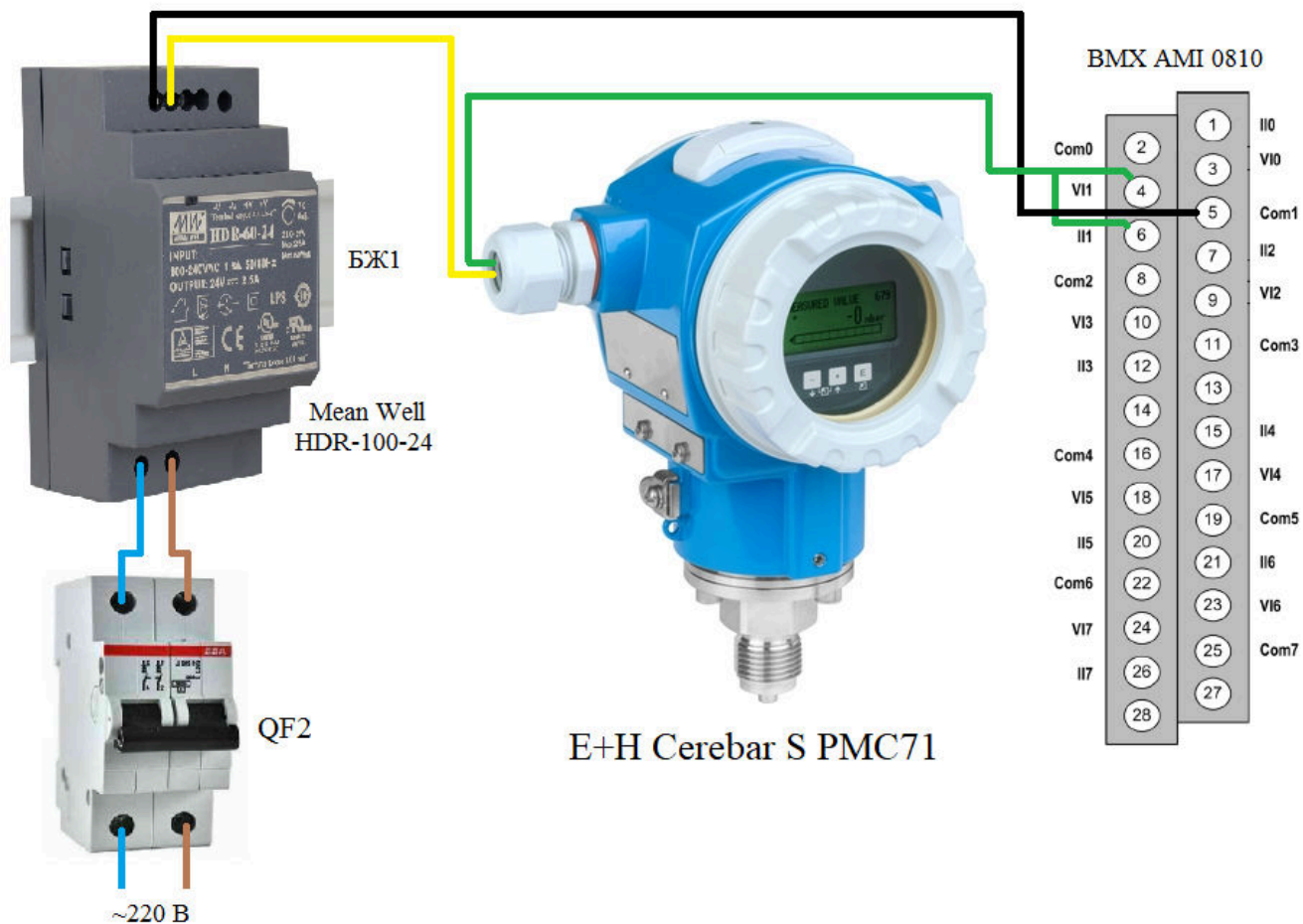


Рис. 3.5. Графічна схема підключення E+H Cerebar S PMC71 до BMX AMI 0810.

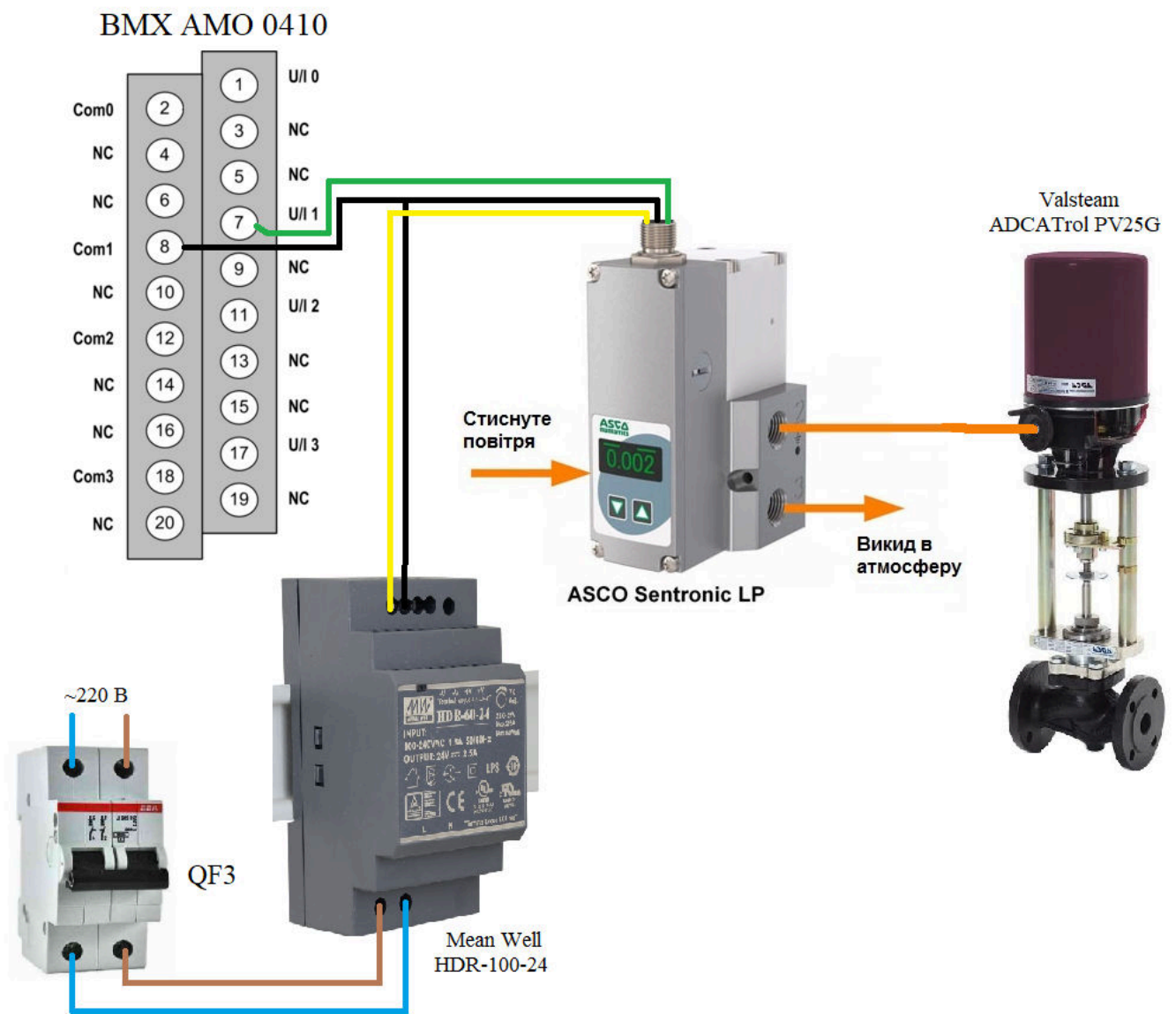


Рис. 3.6. Графічна схема підключення Valsteam ADCATrol PV25G до BMX AMO 0410.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання рівня суслу в сусловарильному котлі задіяно Е+Н Micropilot FMR50 (рис. 4.1). [8]



Рис. 4.1. Е+Н Micropilot FMR50.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння суслу на пивзаводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Володько С.Ю.					46	3
Керівник		Проскурка Є.С.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

$$L = E - D$$

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

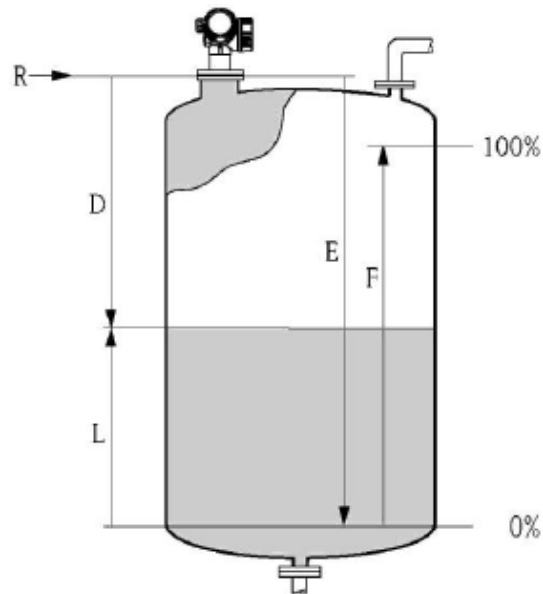
L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

t – часом прийняття відбитого сигналу.



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

E – калібрування порожнього резервуара (= нульовий рівень);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

D – виміряна відстань;

L – рівень ($L = E - D$).

Рис. 4.2. Спосіб вимірювання E+H Micropilot FMR50.

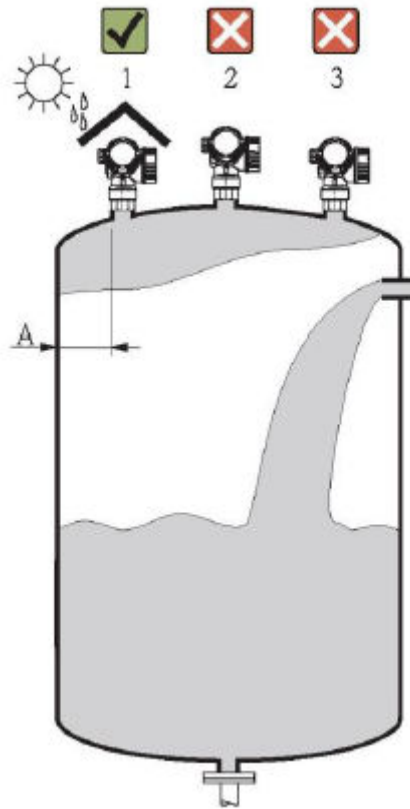


Рис. 4.3. Монтаж E+H Micropilot FMR50.

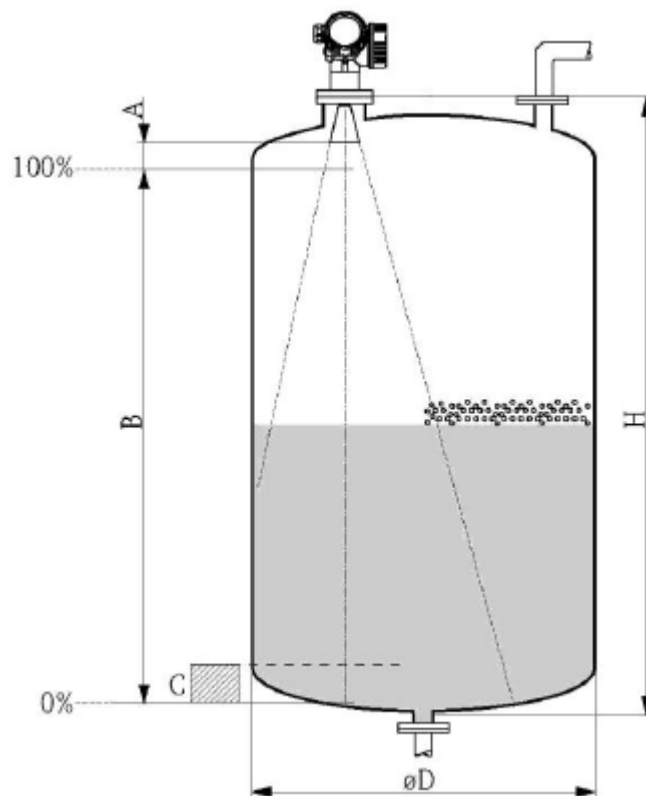
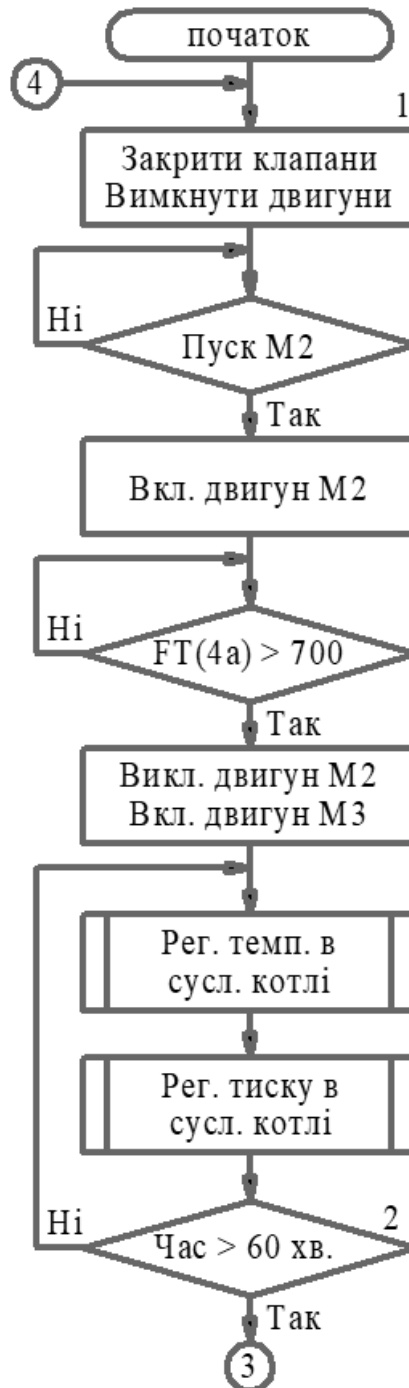


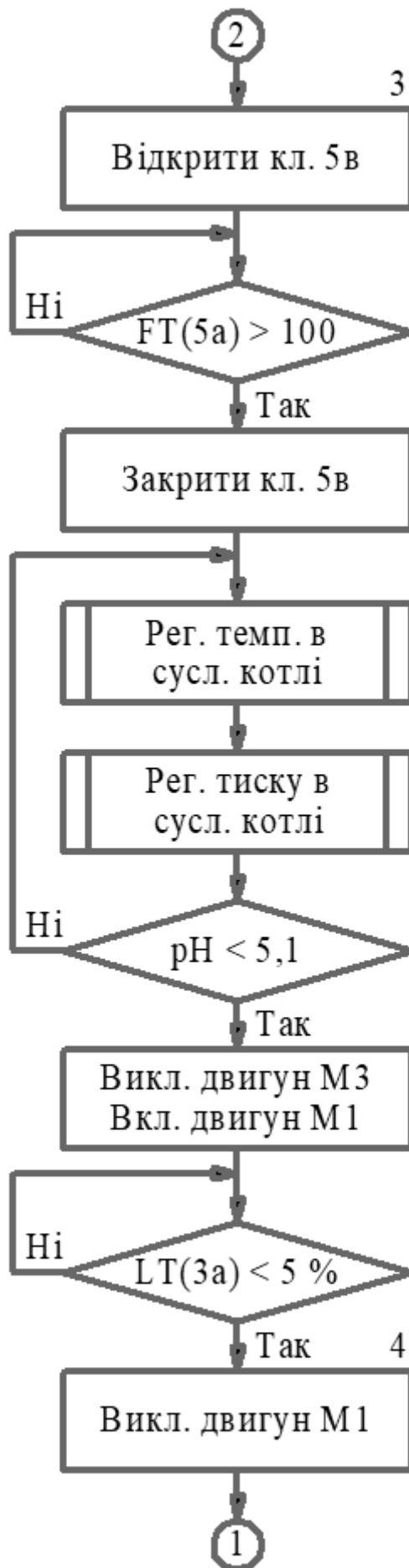
Рис. 4.4. Визначення рівня E+H Micropilot FMR50.

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

Процес варіння сусла на пивзаводі описується наступним алгоритмом:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Володько С.Ю.			<i>Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.				49	7	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для написання програми в ПЛК створені наступні змінні (табл. 5.1):

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
Tsvk	%IW0.1.0	Температура в сушварильному котлі
Ppar	%IW0.1.1	Тиск пари
Lsvk	%IW0.1.2	Рівень в сушварильному котлі
PHsys	%IW0.1.3	pH сусла
Fsys	%I0.2.0	Лічильник кількості сусла
Fxmel	%I0.2.1	Лічильник кількості екстракту хмелю
KLT	%QW0.3.0	Клапан подачі гарячої води
KLP	%QW0.3.1	Клапан випуску пари
DNM1	%Q0.4.0	Насос M1
DNM2	%Q0.4.1	Насос M2
DZM3	%Q0.4.2	Змішувача M3
KLxmel	%Q0.4.3	Клапан подачі екстракту хмелю

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

```
!%L1: (*Початок*)
```

```
REPEAT
```

```
    RESET DNM1;
```

```
    RESET DNM2;
```

```
    RESET DNM3;
```

```
    RESET KLxmel;
```

```
    KLT:=0;
```

```
    KLP:=0;
```

```
UNTIL (NOT %M1)
```

```
END_REPEAT;
```

```
IF %M1 THEN (*Включен насос M2 з SCADA*)
```

```
    SET DNM2;
```

```
    DO
```

```
        IF RE Fsys THEN
```

```
            UP %C1; (*Імпульси від лічильника 4а*)
```

```
        END_IF;
```

```
    UNTIL %C1.V = 700 (*Надійшло 700 л сусла*)
```

```
    END_REPEAT;
```

```
    RESET DNM2;
```

```
    RESET %M1;
```

```
    SET %M2;
```

```
END_IF;
```

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

IF %M2 THEN

SET DZM3;

START %TM1;

SET %M3;

SET %M4;

END_IF;

IF %M3 THEN

PID(' ' ' ', Tsvk, KLT, %M10, %MW1:43);

PID(' ' ' ', Ppar, KLP, %M20, %MW50:43);

END_IF;

IF %M4 THEN

IF %TM1.V=60 (*Пройшов час 60 хв.*)

DOWN %TM1;

SET KLxmel;

RESET %M4;

SET %M5;

END_IF;

END_IF;

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

```

IF %M5 THEN
  DO
    IF RE Fxmel THEN
      UP %C2; (*Імпульси від лічильника 4а*)
    END_IF;
  UNTIL %C2.V = 100 (*Надійшло 100 л екстракту хмелю*)
  END_REPEAT;
  RESET KLxmel;
  RESET %M5;
  SET %M6;
END_IF;

IF %M6 THEN
  IF PHsys < 3640 (*рН сусла менше 5,1 од. рН*)
    RESET %M10;
    RESET %M20;
    KLT:=0;
    KLP:=0;
    RESET %M3;
    RESET DZM3;
    SET DNM1;
    RESET %M6;
    SET %M7;
  END_IF;
END_IF;

```

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

IF %M7 THEN

DO

UNTIL Lsvk < 500 (*Рівень в суловарильному котлі < 5 %*)

END_REPEAT;

RESET DNM1;

RESET %M7;

JMP %L1;

END_IF;

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

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема для оператора АРМ (автоматизованого робочого місця) процесу варіння суслу на пивзаводі була розроблена в Citect SCADA 2015. Використані змінні для розробки мнемосхеми вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
Tsvk	%IW0.1.0	0	10000	-300	600	INT
Ppar	%IW0.1.1	0	10000	0	60	INT
Lsvk	%IW0.1.2	0	10000	0	30	INT
PHsys	%IW0.1.3	0	10000	0	14	INT
Fsys	%IO.2.0	0	1	0	1	BOOL
Fxmel	%IO.2.1	0	1	0	1	BOOL
KLT	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
KLP	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
DNM1	%Q0.4.0	0	1	0	1	BOOL
DNM2	%Q0.4.1	0	1	0	1	BOOL
DZM3	%Q0.4.2	0	1	0	1	BOOL
KLxmel	%Q0.4.3	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Володько С.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу варіння суслу на пивзаводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					56	2
						НУХТ АК-4-1		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.						
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу варіння сусла на пивзаводі забезпечує оператора змогою контролювати технологічний процес з АРМ оператора, а при необхідності, ще й вносити вручну управляючі дію для клапанів, насосів, змішувачів та змінювати завдання регуляторам.

Вигляд мнемосхеми для АРМ оператора процесу варіння сусла на пивзаводі зображено на рис. 6.2.

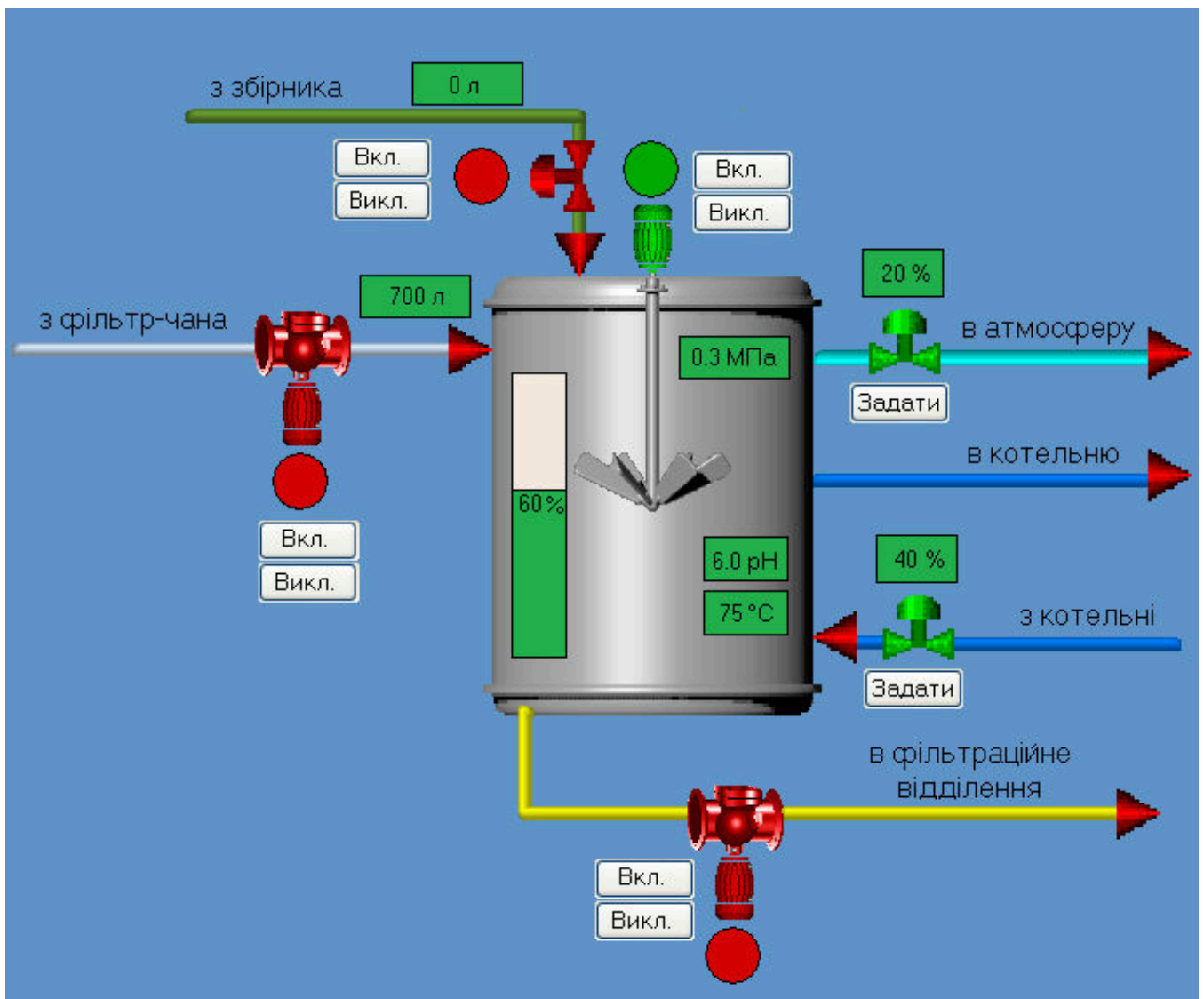


Рис. 6.2. Мнемосхема для АРМ оператора процесу варіння сусла на пивзаводі.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

В сусловарильному котлі під час процесу варіння сусла виникає необхідно оптимально регулювати тиск кип'ятіння сусла (рис. 7.1).

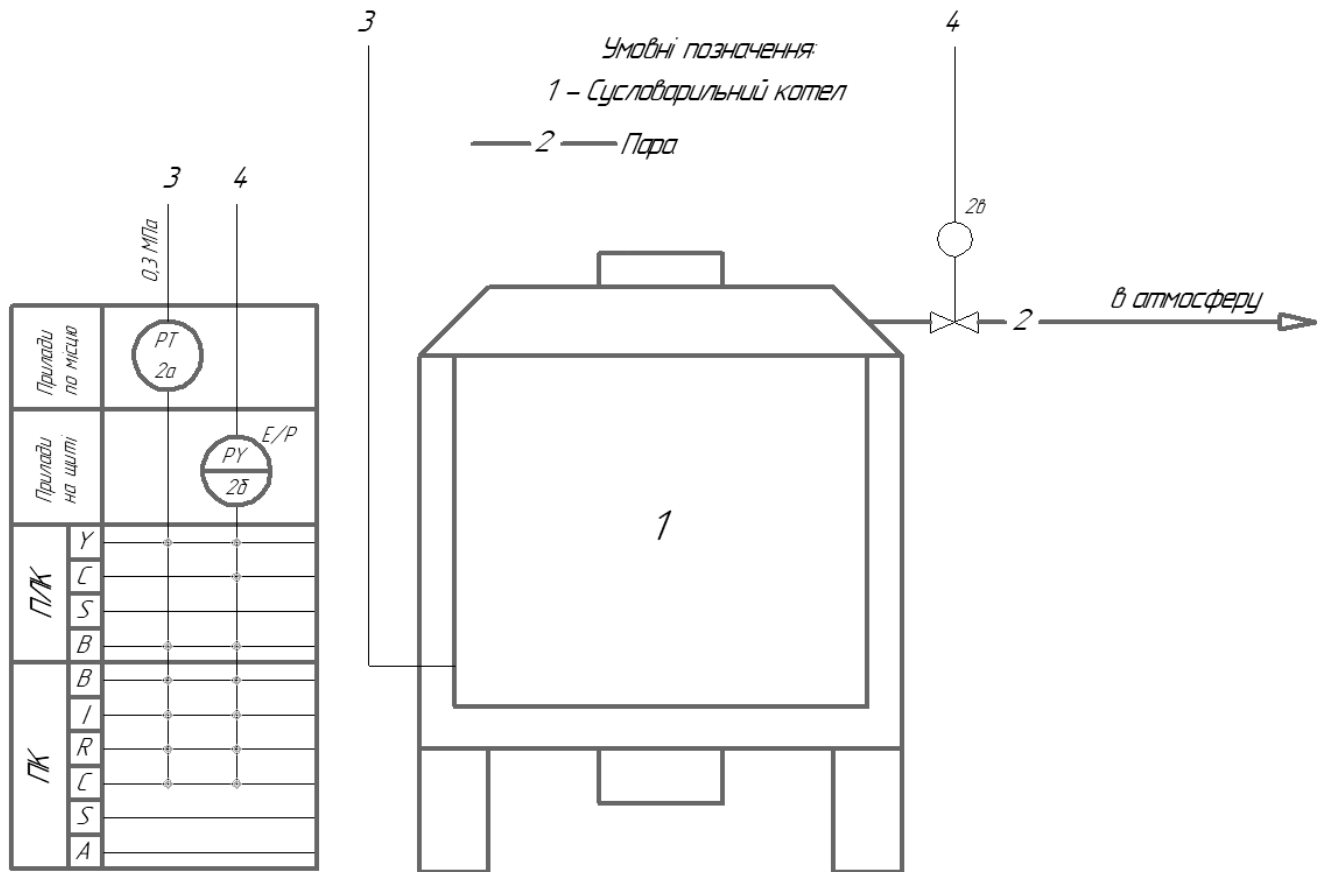


Рис. 7.1. Регулювання тиску кип'ятіння сусла.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: визначити оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Володько С.Ю.			Розробка системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					58	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

На параметричній схемі зображено обрані входні та вихідні канали по каналу тиску кип'ятіння суслу в сушварильному котлі (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Параметрична схема по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сушварильному котлі.

$z(t)$ – початковий тиск пари в котлі, МПа, P_{pk} (рис. 7.3);

$u(t)$ – клапан випуску пари, % ходу регулюючого органу (%Х.Р.О.), UKLp (рис. 7.3);

$y(t)$ – тиск пари в котлі, МПа, P_{svk} (рис. 7.3).

Модель по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сушварильному котлі реалізована з ланки запізнення та аперіодичної ланки (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

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

- ланка запізнювання:

$$W_4(s) = e^{\tau_{зп}s}$$

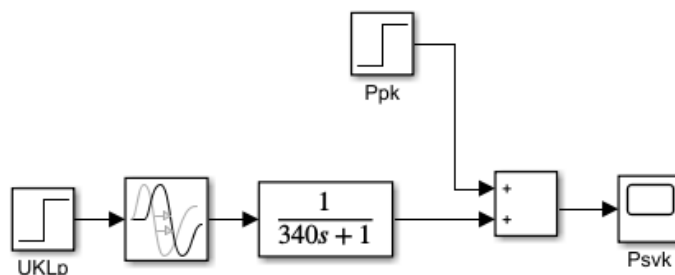


Рис. 7.3. Модель по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сушварильному котлі.

7.3. Моделювання САР

Вибираємо для регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі метод – процес з мінімальним часом регулювання з таблиці [9]:

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

Розрахунки налаштувань для ІІІ-регулятора:

$$k_{об} = 1; T = 340; \tau_{зп} = 10;$$

$$k_p = (0,6 * 340) / (1 * 10) = 20,4;$$

$$T_i = T_{об} = 340; k_i = k_p / T_i = 20,4 / 340 = 0,06.$$

Визначені налаштування для ІІІ-регулятора підставимо в модель (рис. 7.4).

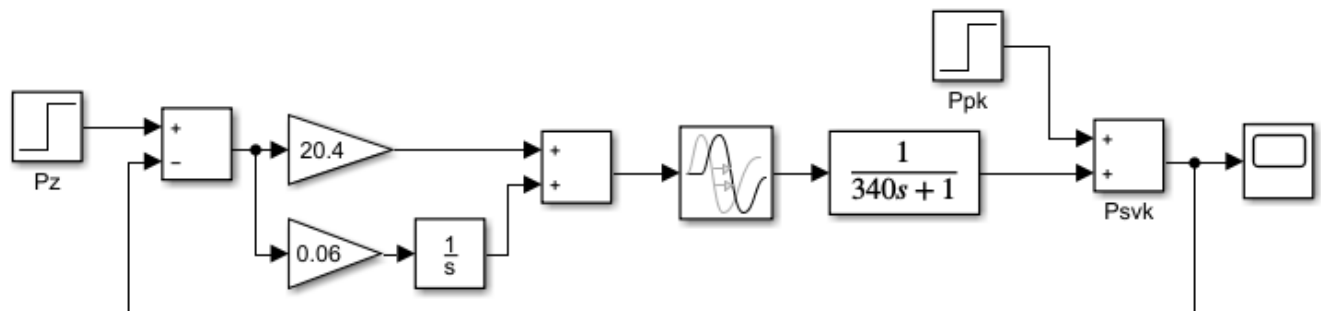


Рис. 7.4. Модель по каналу регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі з ІІІ-регулятором.

Перехідний процес по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сусловарильному котлі з ПІ-регулятором з знайденими налаштуваннями представлено на рис. 7.5

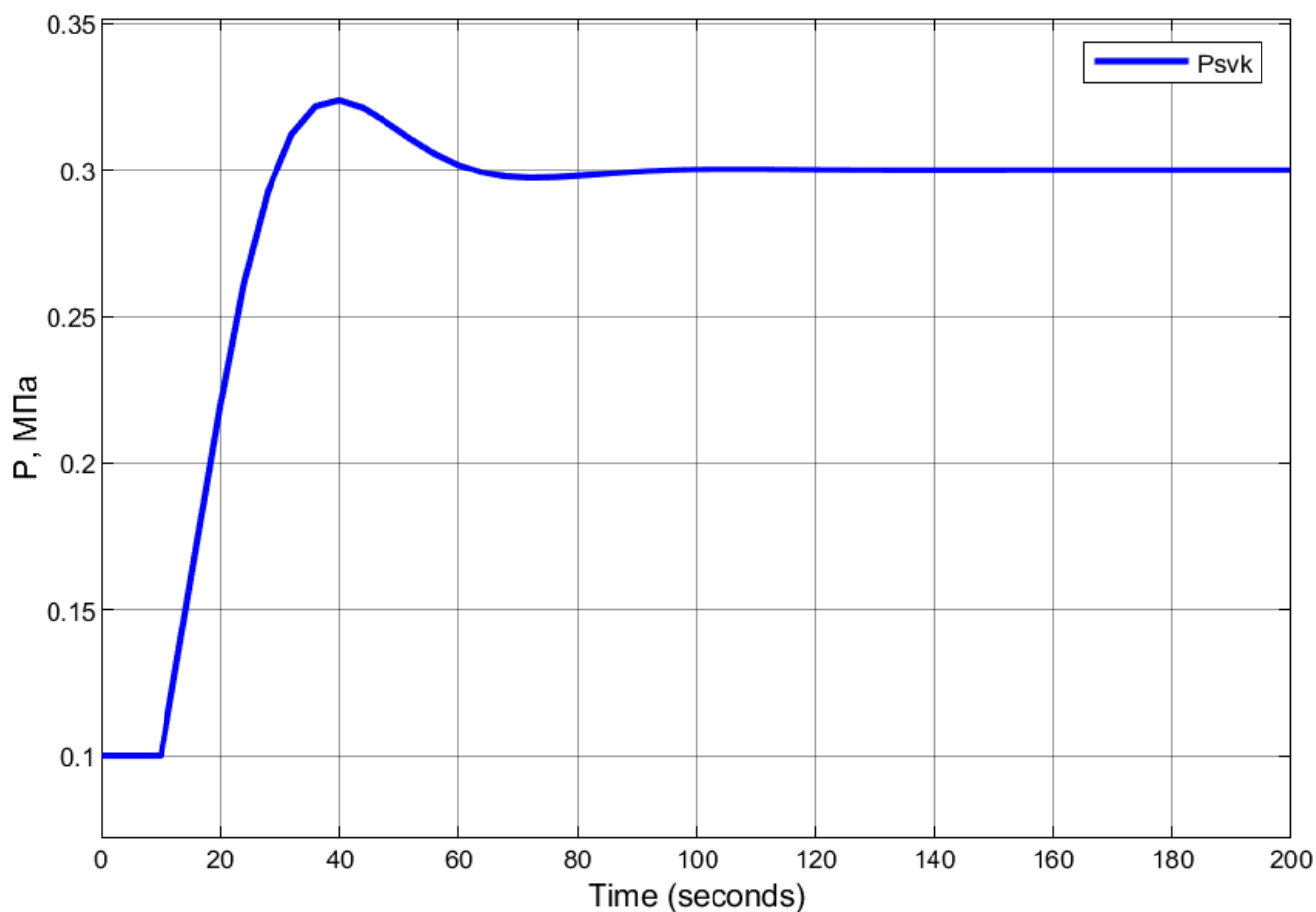


Рис. 7.5. Перехідний процес по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сусловарильному котлі з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

За результатами комп'ютерного моделювання по каналу регулювання тиску кип'ятіння суслу в сусловарильному котлі знайдено ОПН ПІ-регулятора з мінімальним часом регулювання:

- знайдено коефіцієнта підсилення – $k_p = 20,4$;
- знайдено час інтегрування – $T_i = 340$;
- знайдено коефіцієнта інтегрування – $k_i = 0,06$.

Час перехідного процесу регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі становить – 120 сек.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі представлено розробку системи автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі.

В системі автоматизації процесу варіння сусла на пивзаводі використано ПЛК Schneider Electric M340.

Програмне забезпечення Citect SCADA 2015 використано для розробки дисплейної мнемосхеми процесу варіння сусла на пивзаводі. Дана дисплейна мнемосхема буде використовуватися в автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора.

Комп'ютерне моделювання, яке було проведено, дозволило знайти оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання тиску кип'ятіння сусла в сусловарильному котлі.

Розроблена системи автоматизації дозволить оптимально проводити процес варіння сусла на пивзаводі, що дозволять зменшити витрати енергоресурсів на проходження процесу варіння сусла та збільшить прибутковість процесу пивоваріння.

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

Список використаної літератури

1. Кип'ятіння сула з хмелем. URL:
https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page7.html
2. Technical Information Cerabar S PMC71, PMP71, PMP75. URL:
https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EDC9D8B8210A8E8EAF4/TI00383PEN_3521-00.pdf
3. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL:
https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
4. ADCATROL PNEUMATIC CONTROL VALVESPV25–ON-OFF. URL:
<https://www.cdfteccon.es/sites/default/files/pdf/valvula-neumatica-paso-recto-dn15-100-pn16-pv25g.pdf>
5. Turbine Wheel Flowmeter for liquids. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/dpe-gb-flow.pdf>
6. HP-480. Industrial pH meter. URL:
https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/hp-480-413/
7. Technical Information Omnigrad M TR10. URL:
https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EE9A2A59BCF6EA672C5/TI00256TEN_0219.pdf
8. Technical Information Micropilot FMR50. URL:
https://bdih-prod-assetcentralapi-assetcentral-rest-srv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files/DLA/005056A500261EDAB3AE253EBD437B53/TI01039FEN_1020.pdf

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

9. 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.
10. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
11. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
12. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
13. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
14. 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.
15. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
16. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
17. 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.
18. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
19. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
20. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.

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

21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. Трегуб В.Г. Автоматизація об’єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

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

29. 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.
30. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovovii Literatury, 2014.- 240 p.
31. 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.
32. 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.
33. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
34. 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.
35. 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)
36. 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.
37. 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.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

38. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
39. 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
40. 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.
41. 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.
42. 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.
43. 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.
44. 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.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		