

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

**Факультет** Автоматизації і комп'ютерних систем

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

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

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

« 8 » червня 2022 р.

« 8 » червня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**  
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
на тему: Розробка системи автоматизації процесу виробництва затору на пивзаводі

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

Штанько Сергій Васильович  
(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 Лариса Загоровська  
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2022 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

\_\_\_\_\_ Я.В.Смітюх

«31» березня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Штанько Сергію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виробництва затору на пивзаводі

керівник роботи ст. викл. Проскурка Євген Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові,

науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 р. № 163-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «8» червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали перед дипломної 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 31 березня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Штанько С.В.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Проскурка Є.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу приготування затору на пивзаводі.

В кваліфікаційній роботі є опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика тиску Danfoss MBS 3050, схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічного засобу.

Розроблено алгоритм та програма для управління процесом приготування затору при виробництві пива. Програма розроблена для ПЛК M340 на програмі Schneider Electric та на мовах ST та LD. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA2015 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

**Ключові слова:** пиво, сусло, M340, Danfoss MBS 3050.

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

## Annotation

This qualification work considers the development of a system for automating the process of preparation of mash in a brewery.

The qualification work contains a description of the technological process, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, wiring diagram of technical means of automation - pressure sensor Danfoss MBS 3050, connection diagrams of sensors and actuators to the PLC and advanced wiring diagrams.

An algorithm and a program for controlling the process of brewing jam production have been developed. The program is designed for M340 PLC on Schneider Electric and in ST and LD languages.

The SCADA interface of the technological process is developed in the Citect SCADA2015 software and the appearance of the display mnemonic is presented in the note.

Key words: beer, wort, M340, Danfoss MBS 3050.

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

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1.</b> Опис об'єкта автоматизації .....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації .....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	16
<b>Розділ 2.</b> Система автоматизації.....	17
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	17
2.2. Схема автоматизації.....	36
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	37
<b>Розділ 3.</b> Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	38
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)....	38
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	40
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	41
<b>Розділ 4.</b> Креслення встановлення технічних засобів.....	47
<b>Розділ 5.</b> Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	50
<b>Розділ 6.</b> 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
<b>Висновки</b> .....	58
<b>Список використаної літератури</b> .....	59

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

## Вступ

Пивоваріння відіграє важливу роль в житті людей. Пиво - старовинний слабоалкогольний напій виготовлений на основі ячменю, солоду, води та хмелю.

Слабоалкогольними називають напої вміст етилового спирту в яких не перевищує 10%. В середньому пиво містить до 7% етилового спирту.

Процес приготування пива складний та трудомісткий, на його приготування витрачається три чотири місяці. Напій проходить довгий шлях, починаючи від пророщення ячменю - до відстоювання, дозрівання та розливу.

В давні часи, та й до цього часу пиво вважається корисним напоєм в «розумних» межах, адже цей напій являється хорошим стимулятором апетиту, та містить високу кількість вуглеводів та білків, що сприяють кращому засвоєнню їжі.

Сам процес приготування пива поділяється на декілька етапів, а саме:

- Підготовка солоду;
- Затирання сусла;
- Фільтрація затору;
- Кип'ятіння сусла;
- Освітлення сусла;
- Бродіння;
- Дозрівання пива;
- Фільтрація та пастеризація

В даній кваліфікаційній роботі буде розповідатись про приготування затору на пивовиробництві.

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

## 1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Пиво — слабоалкогольний, висококалорійний, ігристий напій з характерним хмелевим ароматом і приємним гіркуватим смаком. У пиві міститься вода, етиловий спирт, двооксид вуглецю, білки, вуглеводи, мікроелементи, вітаміни: А, D, Е, В1, В2, В6 і Н (біотин), які зміцнюють нервову систему. Один літр пива покриває 35 % денної потреби у вітаміні В6, 20 % – у вітаміні В2 і 65% – ніацині, який необхідний для розщеплення цукрів і жирних кислот. У цілому в 1л пива міститься 210 мг вітамінів.

Залежно від виду дріжджів, що застосовуються, пиво буває низового і верхового бродіння.

Верхове бродіння — тип бродіння, що проводиться за допомогою пивних дріжджів і є стародавнішим способом виробництва пива. Після ферментації дріжджі залишаються на поверхні, звідти і назва «верхове». Верхове бродіння відбувається при температурі від 15 до 20 °С. Через підвищену температуру утворюється більше грибків і мікробів, ніж при низовому бродінні, тому такі сорти пива швидше псуються. Виробництво пива способом верхового бродіння протікає швидше і не потребує охолодження, що до винаходу холодильних агрегатів грало важливу роль.

Низове бродіння є сучаснішим і найпоширенішим проти верховим. Пов'язано це насамперед із тим, що пиво, приготовлене з використанням дріжджів низового бродіння, може зберігатися без пастеризації до 2 років, тоді як пиво, приготовлене з використанням дріжджів верхового бродіння, зберігається від 3 до 6 місяців. Також ризик зараження сула значно менше через те, що температура низового бродіння знаходиться в діапазоні від 7 до 10 °С, тоді як для верхового бродіння вона становить від 17 до 20 °С.

Відмінність процесу низового бродіння від верхового полягає в тому, що в процесі бродіння максимальна концентрація дріжджів спостерігається в районі дна бродильної ємності, тоді як верхового бродіння максимальна концентрація

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб</i>		<i>Штанько С.В</i>			<i>Розробка системи автоматизації приготування затору на пивзаводі</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Е.С</i>		<i>8</i>			
<i>Зав.каф</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>		<i>9</i>			
<i>Секр.ЕК.</i>		<i>Проскурка Е.С</i>					
					<i>НУХТ АК-4-1</i>		

спостерігається зверху зброджуваного сусла. Після переробки всіх вуглеводів (цукрозу, фруктоза, глюкоза і т. д.) дріжджі низового бродіння, як і дріжджі верхового бродіння, осідають на дно ємності. Частина цих дріжджів вмирає, частина впадає в анабіоз.

За кольором пиво буває світле і темне.

Світле пиво виготовляють шляхом легкого обсмажування солоду до золотисто-жовтого кольору.

Темне пиво виходить завдяки довготривалому обсмаженню солоду, і саме це надає напою унікальний і неповторний карамельний присмак.

**Вода** є основним компонентом пива. Навіть саме міцне пиво містить не менш 90 % води. У броварнях до води ставляться з повагою, близьким до релігійного благоговіння. Взяти хоча б той факт, що її називають не водою, а «наливом»

Якість наливу дуже важлива для прозорості і смаку пива. Саме завдяки наливу солод і хміль віддають свої цукри, аромат і смак, до того ж вода стимулює енергійну діяльність дріжджів по перетворенню цукрів в алкоголь. Чистота води, яку використовують в броварнях, забезпечує виробництво пива, не інфікованого бактеріями, а твердість/м'якість визначає смакові якості готового пива.

**Хміль** – найдорожча сировина для виробництва пива. Він надає пиву специфічний гіркий смак і аромат, що сприяє видаленню з сусла деяких білків, є антисептиком, підвищує піностійкість пива. Вирощують тільки жіночі рослини, суцвіття яких повинні залишитися незаплідненими. Для цього чоловічі рослини старанно видаляють із плантації. Хміль збирають ранньою осінню незадовго до повного дозрівання, коли вони мають зеленувато-жовтий окрас. У хмелі міститься багато води, тому шишки необхідно сушити і упаковувати дуже швидко – інакше вони запліснявляють. Сушіння хмелю звичайно проводять по сусідству із плантацією. По закінченні сушіння хміль утрамбовується в мішки і зберігається в броварнях у темних і прохолодних місцях – щоб уникнути окиснення і фотосинтезу.

Існує два основних види хмелю — гіркий та ароматичний. У пивоварінні використовують переважно хмелеві шишки ароматичного хмелю, що містять лупулони, до складу якого входять 10...20 % гірких та ароматичних речовин (кислот, смол, ефірних олій, дубильних речовин). Сорти хмелю, які розводять у таких відомих областях Європи, як Халлертау (Баварія) та Жатець, або

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

німецькою мовою Заац (Чехія), часто називають «шляхетними хмелями» – за їхній чудовий аромат і відносно м'яку гіркоту. Спеціально для додавання пиву вдвічі більшої гіркоти порівняно із сортами, що містять шляхетні хмелі, були виведені нові різновиди хмелю, які багаті на альфа-кислоти і відомі як «альфа-хмелі».

### **Технологічний процес виробництва пива**

- приготування охмеленого сусла;
- бродіння і доброджування сусла;
- освітлення і розлив пива.
- 

### **Приготування охмеленого сусла**

- дроблення солоду;
- затирання солоду і несолоджених матеріалів;
- варіння і оцукрювання сусла;
- фільтрація сусла;
- кип'ятіння сусла з хмелем;
- відокремлення хмельової дробини.

**Дроблення солоду.** Солод завантажують у апарат для зволоження до 30 % і направляють на чотирьох-, або шестивальцові дробарки для подрібнення з мінімальним руйнуванням оболонок. Подрібнення солоду відбувається для того, щоб вміст солодового зерна був доступним для дії ферментів. Велике значення має якість помелу. Грубий помел є причиною підвищення втрат екстракту в дробині, а дуже дрібний помел може затримати процес фільтрування затору. Подрібнений солод характеризується таким складом (у %):

- лузга 12...20,
- крупна крупка 20...35,
- дрібна крупка 25...50,
- борошно 15...20

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

**Мета затирання** – екстрагування розчинних речовин солоду і несолодженої сировини і перетворення під дією ферментів нерозчинних речовин у розчинні з наступним переведенням їх у розчин. Процес затирання заключається в тім, що температуру затору піднімають до оптимальних температур дії тих чи інших ферментів, а потім витримують паузу. Паузи задаються при наступних оптимальних для ферментів температурах:

45...52 °С – білкова (протеїнова) пауза і пауза для розщеплення β-глюкану;

62...65 °С – мальтозна пауза;

70...75 °С – пауза для оцукрювання;

78 °С – температура закінчення затирання.

На перших стадіях затирання у розчин переходять водорозчинні компоненти солоду: вуглеводи, частково білки та продукти їх гідролізу, пектинові, дубильні і гіркі речовини, ферменти і мінеральні солі. Основні компоненти зернопродуктів крохмаль і білки не розчинні у наливі, тому їх переведення у розчинний стан здійснюється в результаті направленої дії відповідних ферментів.

Затирання ведуть двома способами:

- настоюванням (інфузійний)
- відварюванням (декокційний).

Спосіб настоюванням полягає у змішуванні подрібненого солоду при працюючій мішалці з водою при температурі 37...40 °С, перемішують 20...30 хвилин, підіймають температуру зі швидкістю 1 °С за 1 хв. до 50...52 °С і роблять витримку при цій температурі і зупиненій мішалці протягом 20 хв. (протеїнова пауза для протеолізу білкових речовин). Потім температуру затору піднімають зі швидкістю 1 °С за 1 хв. до 62...65 °С і при цій температурі роблять витримку протягом 10...30 хв. (мальтозна пауза). Далі затор нагрівають до 70...72 °С і витримують до повного оцукрювання, яке контролюють пробою на йод. Потім оцукрений затор підігрівують до 76...78 °С і направляють на фільтрування.

Сусло, що отримане цим способом, багате на ферменти, містить багато мальтози, мало декстринів і тому активно зброджується. Настійний спосіб затирання солоду застосовують при одержанні сусла для верхового бродіння (приготування елів).

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

Сутність способу відварювання полягає у тім, що окремі частини затору (відварки) кип'ятять, а потім змішують з рештою частиною затору, поступово підвищуючи його температуру до 75 °С. В якості відварок використовують густий затор – ту частину затору, яка утворюється в результаті осадження твердої фази на дні заторного апарата при зупиненій мішалці. Рідинна фаза затору – рідкий затор, збирається у верхній частині апарату не кип'ятиться, оскільки вона насичена ферментами, що перейшли в розчин.

При проведенні затирання методом відварювання слідують наступним основним правилам:

- З метою збереження ферментів у об'єднаному заторі відварку після кип'ятіння перекачують при працюючій мішалці до основної маси затору і ніколи навпаки;
- Для попередження попадання разом з відваркою повітря, відварку в заторний котел передають знизу.
- Об'єм відварок, що відбираються для кип'ятіння, розраховується таким чином, щоб підняти температуру об'єданого затору до бажаної і складає 1/3...1/4 від загального об'єму затору.

Тривалість кип'ятіння відварок складає:

- для світлого пива – 10...15 хв.,
- для темного пива – 20...30 хв.

Відбір і кип'ятіння відварок виявляють наступні дії:

- через швидке нагрівання тої частини затору, що кип'ятиться, білки в ній менше розщеплюються;
- підвищується ступінь клейстеризації і розрідження крохмалю;
- відбувається більше вимивання речовин, що містяться у квіткових оболонках (полові);
- утворюється більше меланоїдинів;
- більше випаровується диметилсульфіду;

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

Затирання солоду способом відварювання різняться по числу відварок і розрізняють:

- одноварочний,
- двоварочний,
- триварочний.

При одновідварочному способі в заторний апарат набирають 0,5 об'єму необхідної кількості води на один затор, нагрівають її до такої температури, щоб після змішування з подрібненим солодом і несолодженими матеріалами температура затору стала 50...52 °С; включають мішалку і з бункера завантажують подрібнений солод і одночасно другу половину води. Витримують при температурі 50...52 °С 30 хв. (протеїнова пауза). Потім при виключеній мішалці у відварочний апарат спускають 1/3 частинну затору (густу масу), яку називають відваркою. У відварочному апараті заторну масу нагрівають при перемішуванні зі швидкістю 1 °С за 1 хв. до 62...64 °С і при цій температурі роблять витримку протягом 20 хв. (мальтозна пауза), потім піднімають температуру до 70...75 °С і витримують при зупиненій мішалці 15 хв. для оцукрювання крохмалю. Після закінчення оцукрювання затор нагрівають до кипіння і кип'ятять 20 хв при включеній мішалці. При кип'ятінні крохмальні зерна клейстеризуються, відбуваються подальші перетворення продуктів гідролізу крохмалю, коагуляція і осадження частини білків, інактивація ферментів, знищення мікроорганізмів, утворення меланоїдинів. Після кип'ятіння відварку і основний затор об'єднують. Для збереження ферментів у основному заторі відварку перекачують в заторний апарат поступово при працюючій мішалці і направляють її в центр апарату знизу для кращого перемішування. В результаті об'єднання відварки і основного затору температура маси піднімається до 71...75 °С. При цій температурі затор залишають в спокою 30 хв. і перевіряють по йодній пробі повноту оцукрювання. При позитивному результаті аналізу затор нагрівають до 76...78 °С і направляють на фільтрування.

Оцукрений затор являє собою суспензію, яка складається з 2 фаз: рідкої (пивне сусло) і твердої(пивнадробина).

Оцукрений затор надходить на фільтрацію для відокремлення від нього пивної дробини. Фільтрування проводиться через шар осаду затору на ситах і фільтр-пресах при температурі 76...78°С.

Після фільтрування в дробині залишається 30...35% сусла, яке вилучають промиванням підігрітою до 78...80 °С водою. Промивку дробини проводять при постійно працюючому розпушувачі, ножі котрого гідравлічним

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<small>Арк.</small>
<small>Змн.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>		13

підіймачем поступово опускаються і зупиняються на відстані 10 см від сита, не порушуючи фільтруючого чару. Швидкість обертання розпушувача – 1 поворот за 4...5 хв. Після фільтрації відфільтроване сусло надходить у котел для варіння сусла з хмелем. Процес відбувається під тиском 0,02...0,03 МПа протягом 1,5...2 годин.

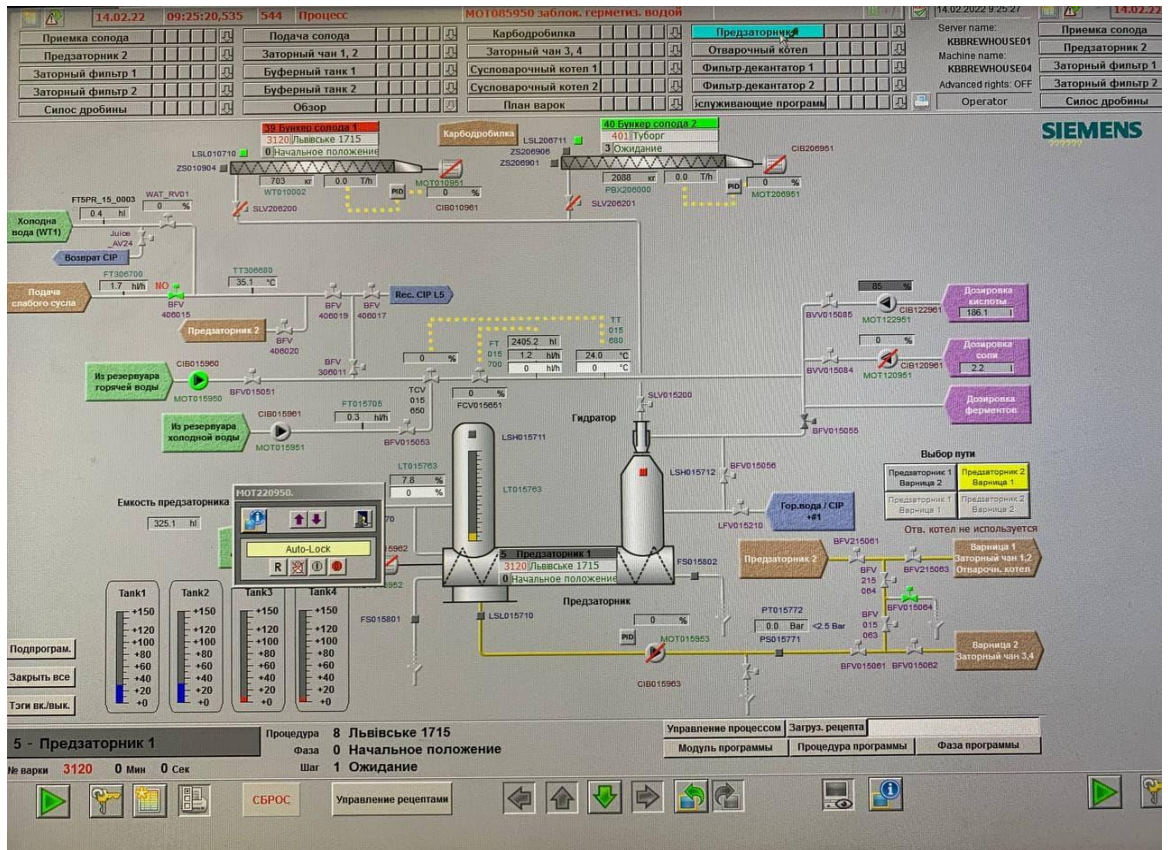


Рис.1.1.Мнемосхема предзаторника

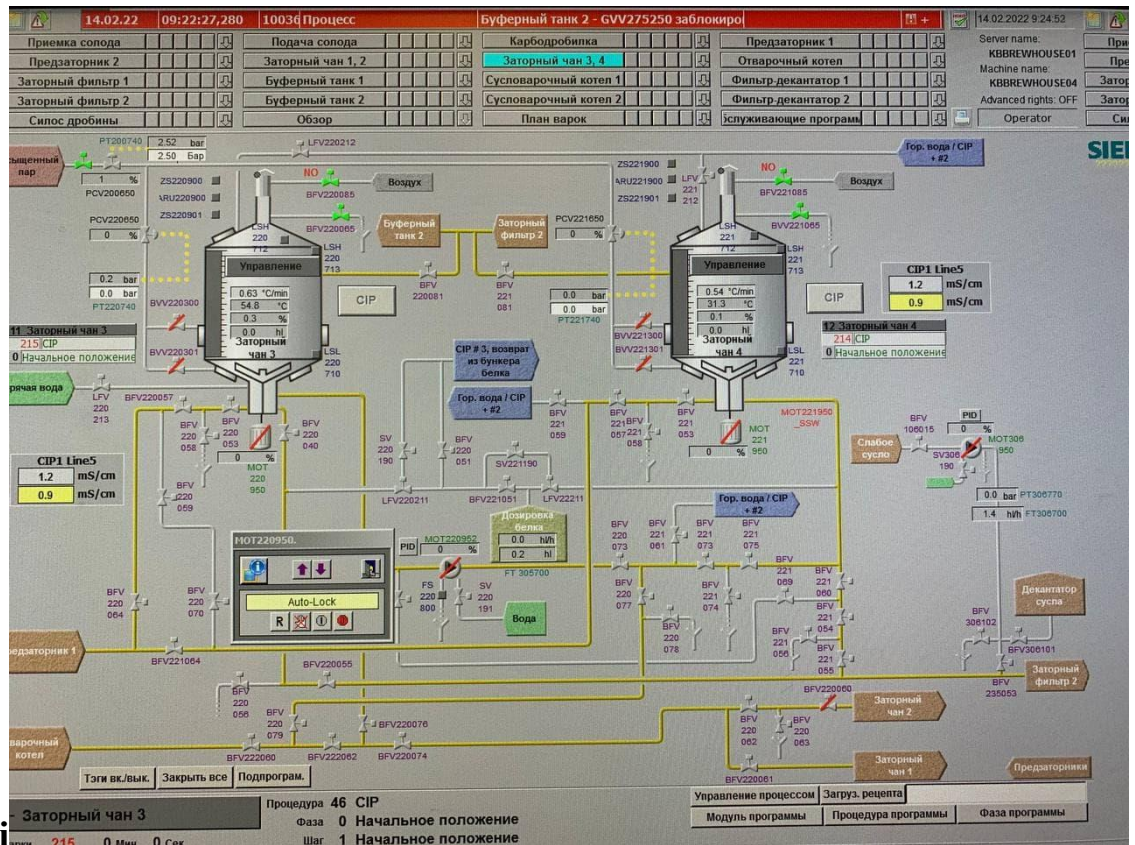


Рис.1.2.Мнемосхема заторного чану

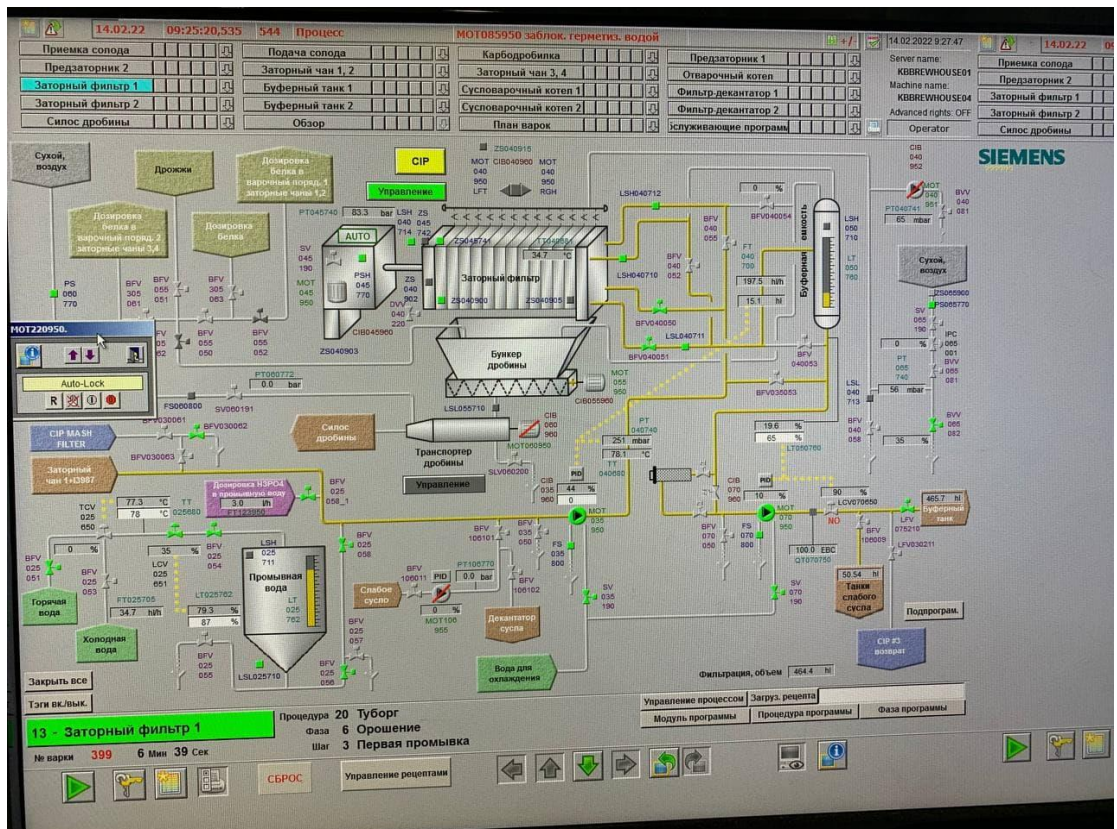


Рис.1.3.Мнемосхема заторного фільтра

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№ №	Машина , агрегат, установа	Параметр, місце відбору сигналу	Припуск-тиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Предзаторник	Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на клапани подачі сировини	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	
2	Заторний чан	Температура	80°C	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пару	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	
		Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на клапани подачі сировини	
3	Заторний фільтр	Температура	80°C	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Тиск	0.03М Па	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі сировини	
		Розпушувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна	

## Розділ 2. Опис системи автоматизації

### 2.1. Вибір технічних засобів

#### Вимірювання температури в заторному чані

Температура затору в заторному чані визначається датчиком температури Danfoss MBT 5310. Зовнішній вигляд датчиків температури Danfoss MBT 5310 наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд датчиків температури Danfoss MBT 5310.

					<b>Кваліфікаційна робота</b>					
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						
Разроб		Штанько С.В			<i>Розробка системи автоматизації приготування затору на пивзаводі</i>					
Керівник		Проскурка Е.С						Літ.	Арк.	Аркушів
									17	9
Зав.каф		Смітюх Я.В.						<i>НУХТ АК-4-1</i>		
Секр.ЕК.		Проскурка Е.С								

Датчики температури типу MBT розроблені для вимірювання температури газоподібних та рідких середовищ, а також твердих тіл. Датчики температури MBT можуть використовуватись у хімічному, харчовому, морському, секторах, машинобудуванні, а також у системах теплопостачання.

Датчики температури Danfoss складаються з алюмінієвого корпусу головки, нержавіючого різьбового з'єднання, нержавіючої захисної гільзи та нержавіючої зовнішньої частини.

Датчик температури Pt100 ,EN 60751, Class B, тип з'єднання G ¼ A, вимірювальний елемент не знімний, тому для заміни вимірювального елемента потрібно переривати процес.

Типи підключення: Штекер DIN-43650A, AMP конектор, IEC 947-5-2 M12x1, три дрота або двошметровий екранований кабель. Залежно від типу підключення та наявності перетворювача буде відрізнятися клас захисту та схема підключення(Рис.2.2)

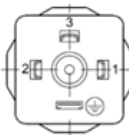
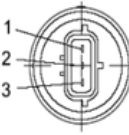
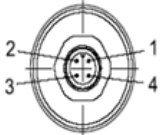

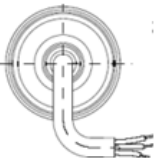
Тип підключення	Штекер DIN-43650 A	AMP конектор	IEC 947-5-2 M12x1	Три дрота	Екранований кабель
					
Клас захисту	IP65	IP67	IP67	IP67	IP67
Підключення датчика з перетворювачем	1-Живлення(+) 2-Живлення(-) 3-невикористовується заземлення	1-Живлення(+) 2-Живлення(-) 3-Не використовується	1-Живлення(+) 2-не використовується 3-не використовується 4- Живлення(-)	Червоний-живлення(+) Чорний-живлення(-)	Червоний-(+) Чорний-(-) Білий-не викор. Зелений-не викор. Екран кабеля не використовується
Підключення датчика без перетворювача	1-Живлення(+) 2-Живлення(-) 3-Вихід заземлення	1-Живлення(+) 2-Живлення(-) 3-Вихід	1-Живлення(+) 2-не використовується 3-Вихід 4- Живлення(-)	Червоний-живлення(+) Чорний-живлення(-) Голубий- вихід	Червоний-(+) Чорний-(-) Білий-вихід Зелений-не викор. Екран кабеля не використовується

Рис.2.2 Схеми електричного підключення датчика температури MBT5310

Термометри опору можуть бути з головним передавачем 4-20 мА, з протоколом HART® або з Profibus®/Fieldbus®.

Термометри опору з передавачем використовуються тоді, коли вимірювальний сигнал потрібно передавати на достатньо великі відстані без перешкод.

Головний передавач доступний зі стандартизованими системами зв'язку, Такі як HART® або Profibus®.

Габаритні розміри датчика температури Danfoss MBT 5310 представлені на рис.2.3

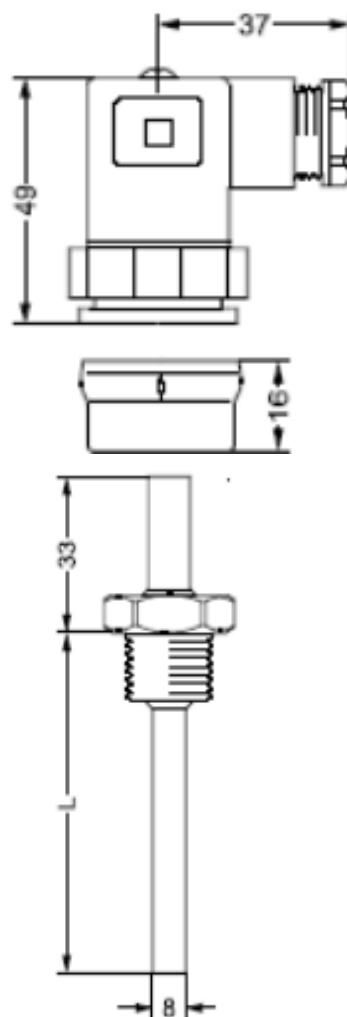


Рис. 2.3 Габаритні розміри датчика температури Danfoss MBT 5310.

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

## Клапани

Для управління подачею води, пару ,повітря та різних добавок в процесі пиготування затору використано клапани серії GV2/GV3 фірми Dwyer із електроприводом EVA2/EVA3. Зовнішній вигляд клапана та електроприводу зображено на рис.2.4



Рис.2.4 Зовнішній вигляд клапана Dwyer GV2/GV3 та електроприводу Dwyer EVA2/EVA3

Регулюючі клапани GV2 та GV3 у комплекті з електроприводами серій EVA2 та EVA3 призначені для регулювання потоку різних рідин та газів, у трубах. Клапани доступні у 2- та 3-ходових виконаннях. Клапан GV3 може використовуватися для роботи із середовищем (включаючи пар), які мають температуру до  $+180^{\circ}\text{C}$ . Кований латунний корпус і рівновідсоткова характеристика потоку ідеально підходять для багатьох систем контролю потоку. Клапани серії GV2 і GV3 можуть бути зручними в парі з електричними приводами EVA2 і EVA3, створюючи недорогий і компактний пакет регулюючих клапанів. Конструкція кулі забезпечує виняткове керування дроселем у широкому діапазоні застосування. Діапазони застосування регулюючих клапанів дозволяє використовувати їх з поширеними технічними рідинами, такими як вода, гаряча вода, насичений і ненасичений пар, повітря, газ та інші неагресивні рідини.

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

### Характеристики клапана:

- Робоче середовище: Сумісні рідини та гази (пар)
- Лінійний розмір: від 1" до 2".
- Тип клапана: 2-ходовий, NC; 3-ходовий.
- Приєднання: внутрішнє різьблення NPT.
- Максимальний тиск: 16 бар (GV3 - до 9 бар).
- корпус: латунь;
- шток: нержавіюча сталь 302 SS;
- диск: латунь із нітриловою прокладкою;
- ущільнення: GV2 - Fluon® + нітрилове кільце,
- Температура регульованого середовища: GV2: +2...+94°C; GV3: +2...180°C
- Характеристика потоку: рівнопропорційна
- Різьблення штоку: M8 (NPT)

### Характеристики електроприводу:

- Напруга живлення: 24 VAC.
- Потужність: EVA2F (EVA3F): 5,5 VA;
- EVA2M (EVA3M): 7,5 VA
- Час ходу штока: EVA2F (EVA2M): 3,8 с/мм;
- EVA3F (EVA3M): 6,45 с/мм
- Ступінь захисту: IP 40
- Матеріал кожуха: вогнетривкий ABS пластик (UL94V-0).
- Матеріал кронштейну: алюміній
- Навколишня температура: +2...+55°C
- Максимальна вологість: 90%
- Електричне приєднання: гвинтовий затискач
- Управляючий сигнал: 24 VAC (3-точкове керування); 0-10 VDC
- або 4-20 mA.

Вага: EVA2 - 1,1 кг;

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

Габаритні розміри клапана в залежності від вибраної моделі представлені на рис.2.5

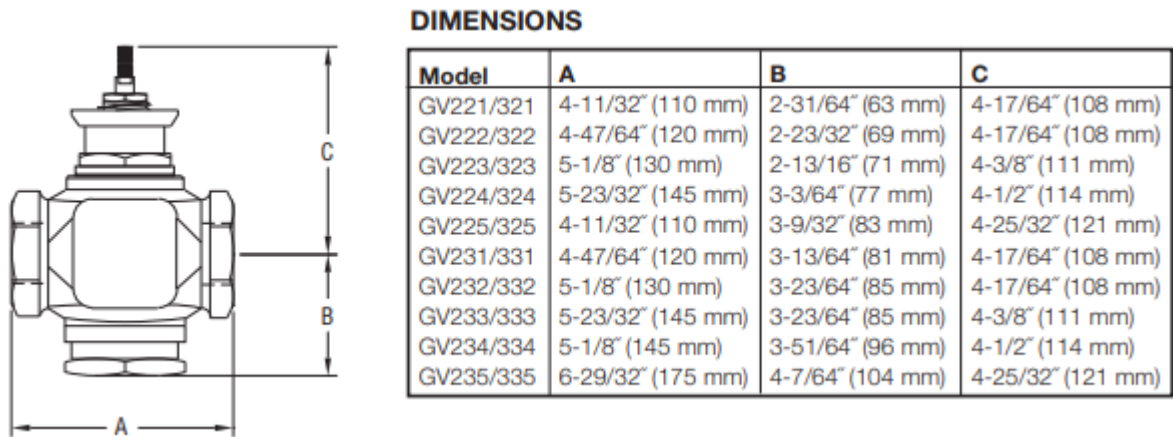


Рис.2.5 Габаритні розміри клапана

Габаритні розміри та позначення елементів електроприводу наведені на рис.2.6

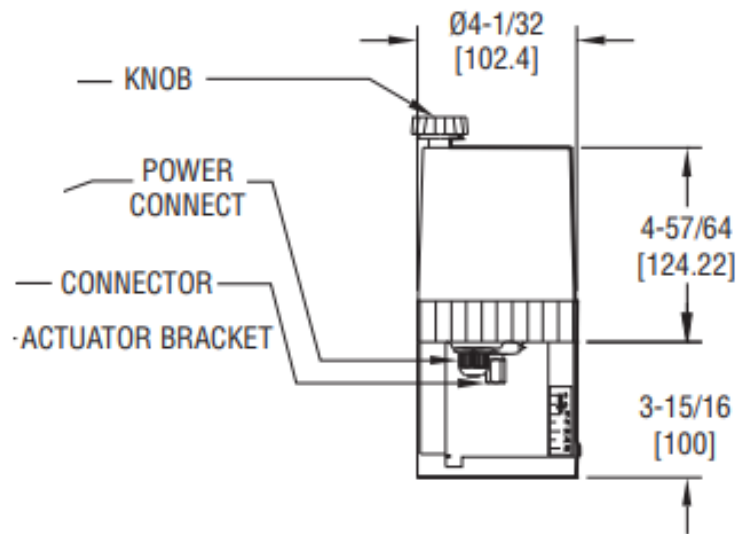


Рис.2.6. Габаритні розміри та позначення елементів електроприводу

## Рівнеміри

Для вимірювання рівня та контролю подачі сировини, гарячої води та інших добавок в предзаторник та заторний чан використовується ємнісний перетворювач рівня Dwyer Mercoid© Series CRF2. Рівнемір зображений на рис.2.7.



рис.2.7. Ємнісний перетворювач рівня Dwyer Mercoid© Series CRF2

Ємнісний передавач рівня серії CRF2 – це датчик рівня, що забезпечує двопровідний вихід від 4 до 20 мА для індикації рівня рідин, порошків і сипучих матеріалів. Він має чудову пропускну здатність вимірювання та забезпечує чудову точність і стабільність. CRF2 відчуває зміни ємності внаслідок зміни висоти матеріалу в резервуарі між зондом і стінкою бака.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У неметалевих резервуарах або резервуари, у яких стінка не паралельна зонду, необхідно використовувати опорне заземлення. CRF2 може використовуватися з жорстким або гнучким зондом залежно від необхідної установки програми та довжини зонду.

### Характеристики рівнеміра:

- Обслуговування: Рідини, порошки та сипучі матеріали
- Діапазон ємності: від 0 до 2000 пФ.
- Чутливість: 0,15 пФ.
- Мінімальний діапазон: 8 пФ.
- Точність:  $\pm 0,5$  пФ
- Повторюваність:  $\pm 0,25$  пФ
- Температурні межі:
  - Навколишнє: -від 40 до 185°F (-40 до 85°C);
  - Процес: від -40 до 250°F (-40 до 121°C).
- Межа тиску: 100 фунтів на квадратний дюйм (6,9бар).
- Вимоги до потужності: від 12 до 35VDC.
- Вихідний сигнал: від 4 до 20 мА.
- Час відповіді: 0,5 секунди.
- Електричне підключення: гвинт термінал.
- З'єднання кабелепроводів: 1/2" NPT.
- Корпус: NEMA 4X (IP66) атмосферостійкий/корозійностійкий.
- Іскра/статичний захист: 106  $\Omega$  опір розсіювання з іскрою розрив.
- Перепад струму до 100А макс.
- Калібрування: нуль, діапазон, 4 мА, 20 мА.
- Орієнтація монтажу: вертикальна.
- Вага: 3,6 фунта (1,63кг).

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

Специфікація для вибору моделі рівнеміра наведено на рис.2.8.

<b>Example</b>	CRF2	W	R	0	1T	048	M20	CRF2-WR01T-048-M20
<b>Series</b>	CRF2							Capacitive Level Transmitter
<b>Enclosure</b>		W R						Weatherproof Remote Mount Weatherproof Housing
<b>Probe Type</b>			R C					Rod Cable
<b>Ground</b>				0 A U				None Included Attached ground rod (3" or 4" flange process connection types only) Unattached ground rod
<b>Process Connection</b>					1T 2T 3T 1B 2B 3B 1S 2S 3S 1F 2F 3F 4F 5F 6F			3/4" NPT male 1" NPT male 1-1/2" NPT male 3/4" BSPT 1" BSPT 1-1/2" BSPT 1" sanitary clamp 1-1/2" sanitary clamp 2" sanitary clamp 2" 150# flange, 316 SS 2" 150# flange, PVC 3" 150# flange, 316 SS 3" 150# flange, PVC 4" 150# flange, 316 SS 4" 150# flange, PVC
<b>Probe Length</b>						XXX		Insertion length in inches. Example 048 is 48" length. Rod Type: minimum: 24", maximum: 144" Cable Type: minimum: 24", maximum: 360"
<b>Options</b>							M20	M20 conduit connection with cable gland

Рис.2.8. Специфікація для вибору моделі рівнеміра Dwyer Mercoid© Series CRF2

Ємність - це властивість двох або більше провідників зберігати заряд коли між провідниками є різниця напруг. Ємність вимірюється в фарадах. Ємності, що зустрічаються при вимірюванні рівня застосування зазвичай знаходиться в діапазоні 10 або 100 піко Фарад. Матеріал між провідниками також впливає на ємність. Проте ізоляційні матеріали не допускають вільного руху електронів в електричному полі молекули цих матеріалів будуть прагнути вирівнятися поле таким чином зберігає енергію. Це називається діелектричним ефектом і ці матеріали часто називають діелектриками.

Коефіцієнт зміни ємності, викликаний діелектриками, називається діелектрична проникність. Різні матеріали мають різний діелектричні константи, отже ємність між двома провідниками залежать від значення цієї константи. Це значення коливається від 1,0 для вакууму до понад 100 для певних матеріалів.

Діелектрична проникність повітря дуже близька до 1,0 і зазвичай приймається як 1.

Ємнісні датчики рівня визначають рівень матеріалу за змінами в ємності зонда, що виникає в результаті руху діелектричних матеріалів між зондом і еталонним заземлюючим електродом, таким як стіна баку. Оскільки вимірювання дуже малих змін ємності (менше 1 пФ) може бути проблематичним у промислових середовищах, зондування рівня ємності має тенденцію бути найбільш ефективним для матеріалів з діелектричною проникністю більшою ніж 1.2. Також можна виявити рівень двох не змішуваних рідин, які мають різні діелектричні проникності, такі як масло і вода.

Вимірювання пропускну здатності імпульсу має переваги перед іншими методами в тому, що він виробляє мінімальні перешкоди, що заважають іншим комунікаціям або приладам системи. CRF2 безперервно вимірює ємність датчика. Використовуючи це вимірювання ємності, він обчислює лінійне значення з 0% при нульовому значенні калібрування та 100% при значенні калібрування діапазону.

На основі цього обчислюється і генерується вихідний струм. Сигнал який буде подаватися на вихід можна налаштувати на вимірювання від мінімального до максимальної ємності або навпаки.

CRF2 можна використовувати для визначення рівня різноманітних матеріалів. Для струмопровідних матеріалів, таких як вода, потрібен ізольований зонд. При використанні зі струмопровідним матеріалом, контакти повинні бути заземлені на опорну землю CRF2. Це може виконати через струмопровідну стінку резервуара.

При використанні зі сухими непровідними матеріалами можна використовувати ізольований або неізольований зонд. Вимірювання рівня ємності найкраще застосовується, коли діелектрична проникність матеріалу перевищує 1,2.

З непровідні матеріали, особливо з низьким діелектричним вмістом, зонд слід розташувати ближче до опорної землі, щоб збільшити базову ємність і забезпечити належну чутливість.

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

## Налаштування та калібрування

Для всіх операцій калібрування передбачено дві багатофункціональні кнопки. За допомогою них ви можна встановлювати нульову та контрольну точки, скинути точки калібрування до заводських налаштувань. Усі налаштування зберігаються в енергонезалежній пам'яті, тому вони зберігаються та не буде втрачено, якщо вимкнути живлення.

Передавач CRF2 розроблений як двопровідний пристрій від 4 до 20 мА. Підключення до плати здійснюється через двохконтактну клемну колодку. Схема є неполяризованою, тому можна підключити позитивний і негативні проводи будь-який шпилька. Рекомендується використовувати екрановану виту пару, якщо снує потенціал перешкод від зовнішніх джерел шуму.

Корпус CRF2 повинен бути заземлений на резервуар або інше заземлення за допомогою внутрішнього гвинта заземлення, що входить до комплекту. Якщо резервуар є непровідним, необхідно передбачити електрод порівняння.

Габарити та найменування компонентів рівнеміра наведено на рис.2.9

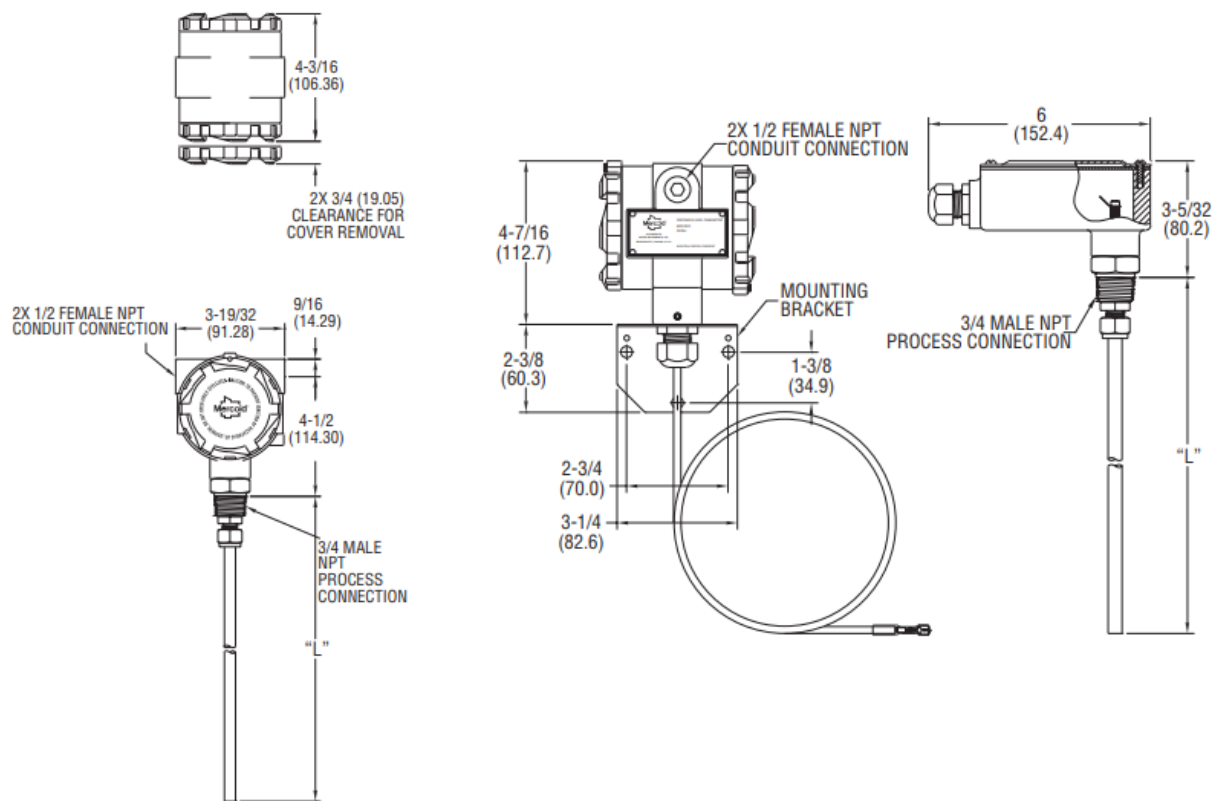


Рис.2.9. Габарити та найменування компонентів рівнеміра Dwyer Mercoid© Series CRF2.

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

## Вимірювання тиску

Для вимірювання тиску в трубі подачі насиченого пару та у заторному чані використовується перетворювач тиску Danfoss MBS 3050. Датчик тиску Danfoss MBS 3050 зображено на рис.2.10.



Рис.2.10. Перетворювач тиску Danfoss MBS 3050.

Перетворювачі тиску вимірювальні MBS призначені для вимірювань абсолютного і надлишкового тиску рідини, пари і газу в різних виробничих процесах хімічної, металургійної, нафтової, харчової та інших галузях промисловості, у морському секторі, в агрегатах мобільної гідравліки, а також на різних ділянках міського комунального господарства.

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

Більшість моделей перетворювачів можуть використовуватись для вимірювання тиску в'язких кристалізуючихся і агресивних середовищ, у тому числі й у важких умовах (при дії високих температур, вібрації, механічних та гідравлічних ударів).

Перетворювачі MBS - це, в основному, прилади загальнопромислового застосування (Компресори, насоси в т.ч., вакуумні і т.д)

Принцип дії перетворювачів тиску MBS заснований на врівноважуванні вимірюваного тиску силою пружної деформації п'єзорезистивного первинного перетворювача. Під впливом вимірюваного тиску вимірювальна мембрана деформується та змінює електричний опір в одному з плечей вимірювального моста.

Надалі зміна опору за допомогою електронної схеми перетворюється на інформативний параметр вихідного сигналу у вигляді електричного струму або напруги, пропорційних вимірюваному тиску.

Частини перетворювачів, що стикаються з вимірюваним середовищем, виготовлені з нержавіючої сталі. Також для підвищення стійкості до впливів у вигляді стрибків тиску забезпечений спеціальним демпфируючим пристроєм. Демпфер пульсацій це сопло діаметром 0,3 мм, вставлене між контрольованим середовищем та чутливим елементом перетворювача (рис.2.11.). Він служить для захисту чутливого елемента перетворювача від гідравлічних ударів та пульсації тиску. На відміну від стандартних демпферів отвір розташований під кутом, що значно підвищує його ефективність.

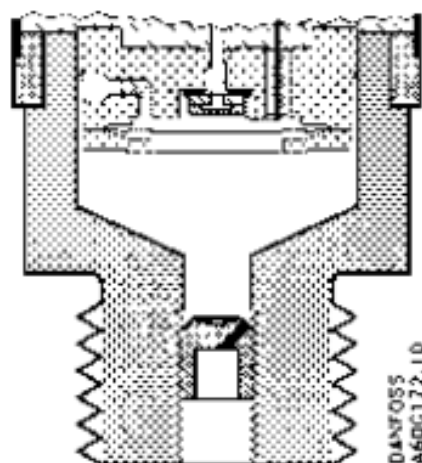


Рис.2.11. Демпфер пульсацій

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

Технічні характеристики датчика тиску Danfoss MBS 3050:

- Вимірюване середовище: повітря, газу, неагресивні рідини
- Діапазон вимірювання температур: від -40°C до 85°C
- Матеріал, що контактує із середовищем: AISI 316L (DIN17440-1.4404)
- Клас захисту корпусу: У варіанті зі штепсельним роз'ємом DIN: IP65; в інших випадках: IP67
- Точність виміру:  $\pm 0,5\%$  FS (тип.),  $\pm 1,0\%$  FS (макс.)
- Тиск перевантаження: 10 - 20 кратна верхня межа вимірювань
- Тиск розриву: 2000 бар
- Електричне з'єднання: Штепсельний роз'єм DIN 43650, двометровий екранований
- кабель, роз'єм AMP 173065, IEC 947-5-2, M12x1
- Напруга живлення: 9 – 34 В пост. струму із захистом по полярності
- Вплив напруги живлення:  $< 0.2\%$  FS/10В
- Обмеження струму: 28 мА (тип.)
- Вихідний сигнал: 4-20 мА
- Навантаження RL :  $RL \leq U-9В/0,02А$ , Ом
- Технологічне з'єднання: G1/4"А DIN 3852 (на вимогу: G1/2А DIN 16288, M18x1.5-6g, 1/4-18NPT, 9/16 - 18UNF)
- Вага: 0,2 кг

Схеми електричного підключення наведена на рис.2.12.

DIN 43650 (Pg 9)	AMP Econoseal	IEC 947-5-2 (M12x1)	AMP Superseal	Екранированный кабель (2 м)	
Рабочая температура окружающей среды, °C					
От -40 до 85		От -40 до 85		От -30 до 85	
Класс защиты корпуса					
IP65		IP67		IP67	
Электрическое соединение для выходного сигнала 4—20 мА					
1 «+» питание	1 «+» питание	1 «+» питание	1 «+» питание	корич.	«+» питание
2 «-» питание	2 «-» питание	2 не используется	2 «-» питание	черн.	«-» питание
3 не используется	3 не используется	3 не используется	3 не используется	красн.	не используется
⊕ на корпус		4 «-» питание		оранж.	не используется
				экран	не на корпус
Электрическое соединение для выходного сигнала по напряжению					
1 «+» питание	1 «+» питание	1 «+» питание	1 «+» питание	корич.	выход
2 «-» питание	2 «-» питание	2 не используется	2 «-» питание	черн.	«-» питание
3 выход	3 выход	3 выход	3 выход	красн.	«+» питание
⊕ на корпус		4 «-» питание		оранж.	не используется
				экран	не на корпус

Рис.2.12. Схеми електричного підключення перетворювача тиску Danfoss MBS 3050

Габаритні розміри датчика наведені на рис.2.13.

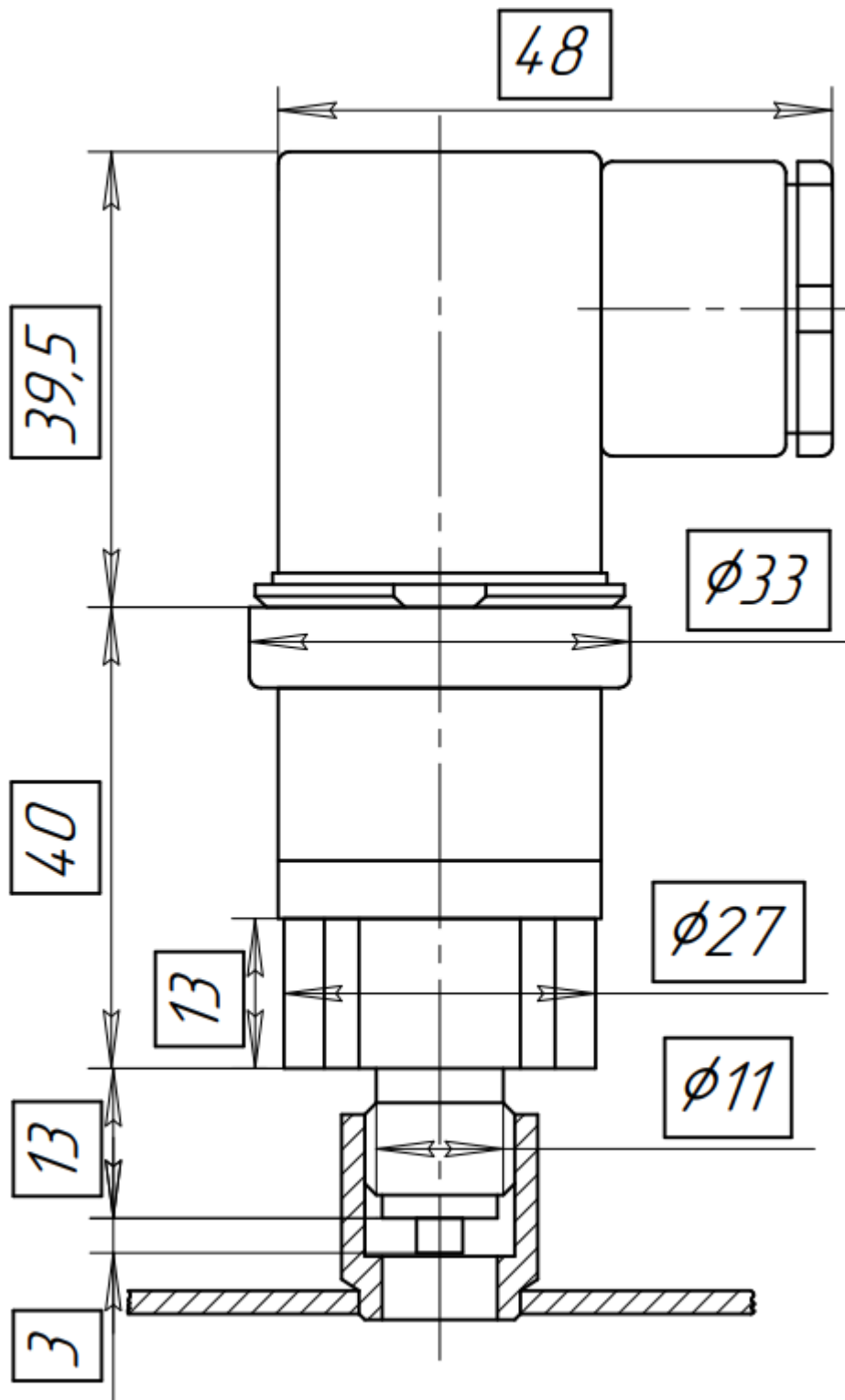


Рис.2.13 Габаритні розміри та спосіб монтажу перетворювача тиску Danfoss MBS 3050

					Вимірювання рН забору	Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

Для вимірювання рН затору в заторному чані використовується аналізатор HORIBA HP-480, який зображено на рис. 2.14.



Рис. 2.14. Зовнішній вигляд аналізатора рН HORIBA HP-480.

Аналізатор використовують в широкому спектрі застосувань, таких як контролювання промислових стоків та виробничих процесів у галузях промисловості та перевірці якості.

Особливості аналізатора HORIBA HP-480:

- проста корекція рН: після занурення полюсів рН у звичайну рідину просто потрібно дотримуватися наведених інструкцій та натиснути клавішу ENT;
- даний аналізатор має функцію автоматичної діагностики неполадок:, аналізатор автоматично визначає, чи є несправності в, і відображає повідомлення про помилку на моніторі;
- Підтримуються такі типи компенсації температури:: 500 Ом, 6,8 кОм, 1 кОм, 10 кОм і 350 Ом.
- В складі електродів аналізатора не міститься свинцю: аналізатор використовує свинцеве скло та майже всі секції електродів, включаючи дроти та паяні з'єднання.

Габаритні розміри аналізатора HORIBA HP-480 та вимірювального електрода 6108G-50B наведено на рис.2.15.

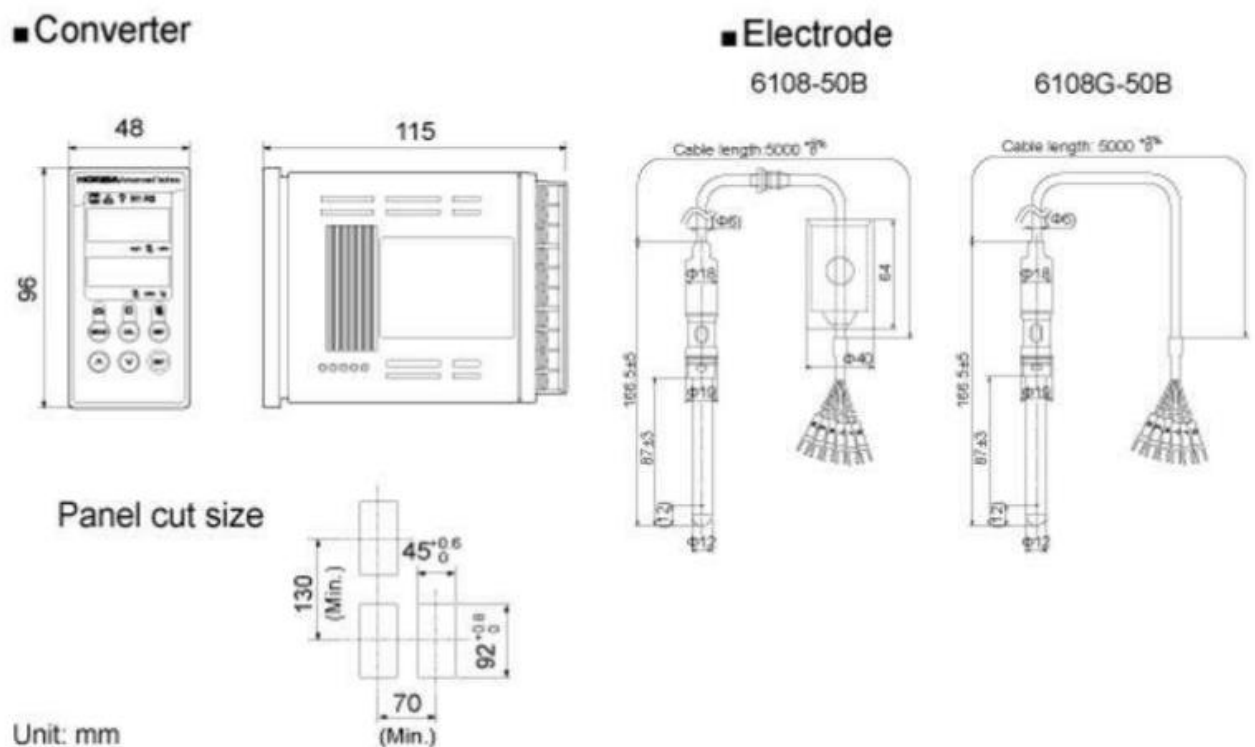


Рис. 2.15. Габаритні розміри аналізатора HORIBA HP-480 та вимірювального електрода 6108G-50B.

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

## Електромагнітні клапани

Для подачі сировини, добавок та гарячої води використовуються електромагнітні клапани Jaksa D240. Зовнішній вид клапана наведено на рис. 2.16.



Рис.2.16.Електромагнітний клапан Jaksa D240.

Для виготовлення корпусу клапана застосовуються технічна латунь (CuZn39Pb3), бронза, термопластики (PA або PP), нержавіючі сталі (AISI 303/1.4305, AISI 304/1.4301 або AISI316L/1.4404), нікельована латунь.

Прокладки та діафрагми вибираються залежно від механічних, температурних та хімічних вимог. NBR є стандартним матеріалом для використання з натуральними хімічними речовинами при температурі до 90°C. Для високих температур застосовуються EPDM, FPM та PTFE. У деяких випадках (висока температура та частота спрацьовування) може використовуватись нержавіюча сталь.

Загальні технічні характеристики:					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- матеріал внутрішніх частин: н/ж сталь;
- температура довкілля: до 55 °С;
- в'язкість: до 21 мм<sup>2</sup> /с;
- Час відгуку: 10 ... 20 мс;
- Робочий цикл: безперервний (ED100%);
- частота спрацьовування: до 1000 циклів за хвилину;
- ступінь захисту: IP65 (при використанні спеціального роз'єму та наборів ущільнень для вологих умов);
- напруга живлення котушки: 230, 115, 48, 24 ±10% змінного струму 50/60 Гц; 24, 12±5% постійного струму.
- вибухозахищене виконання котушок EEx me II;
- різьблення NPT;
- на замовлення інше конструктивне виконання.

Габарити клапана наведені на рис.2.17.

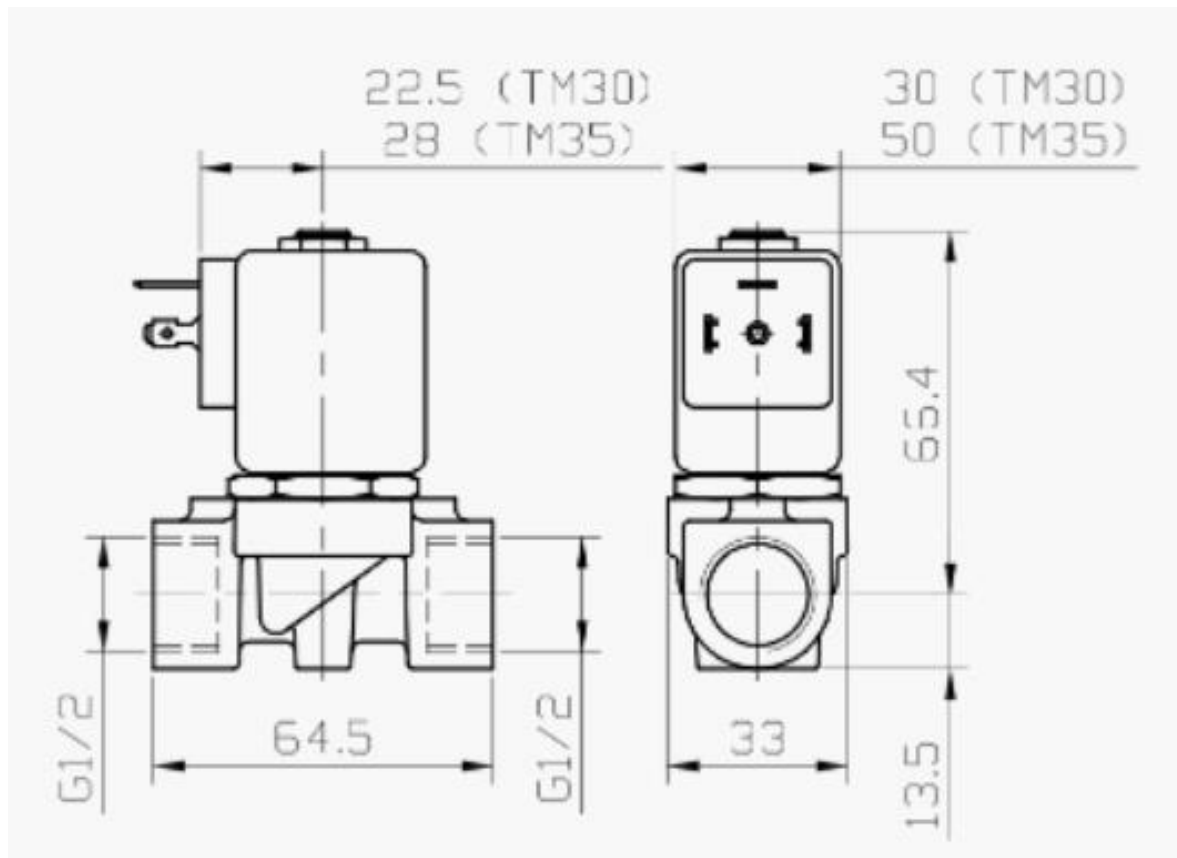


Рис.2.17 Габаритні розміри електромагнітного клапана Jaksa D240

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

## 2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива відбувається:

- Регулювання температури в заторному чані та заторному фільтрі;
- Управління та контролювання рівня суміші в предзаторнику та заторному чані;
- Управління дискретними та аналоговими клапанами залежно від рівня сумішей у предзаторнику та заторному чані;
- Контроль тиску у трубопроводі подачі насиченого пару та у заторному чані;
- Контроль рівня рН затору в заторному чані;

Температура затору в заторному чані вимірюється датчиком температури Danfoss MBT 5310(поз.2а) та регулюється клапаном Dwyer GV2(поз.2в) подачі насиченого пару, який приводиться в дію електроприводом Dwyer EVA3, що отримує уніфікований електричний сигнал 4-20мА від ПЛК. Контроль тиску в трубопроводі та у заторному чані відбувається за допомогою перетворювачів тиску Danfoss MBS 3050 (поз.1а та 5а). Регулювання тиску в заторному чані здійснюється клапаном Dwyer GV2 (поз.5в) випуску повітря з заторного чану, який приводиться в дію електроприводом Dwyer EVA3, що отримує уніфікований електричний сигнал 4-20мА від ПЛК. Контроль рівня в заторному чані здійснюється ємнісним рівнеміром Dwyer Mercoïd© Series CRF2 (поз. 4а), що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК. Регулювання рівня в заторному чані здійснюється дискретним клапаном Jaksa D240 (поз.4б), що отримує дискретний електричний сигнал від ПЛК. Вимірювання та контроль рН затору в заторному чані здійснюється електродами 6108G-50В (поз. 7а), та перетворювачем HORIBA HP-480 (поз. 7б), що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК. Контроль рівня в предзаторнику здійснюється ємнісним рівнеміром Dwyer Mercoïd© Series CRF2 (поз. 3а), що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК. В залежності від рівня відбувається управління клапанами подачі сировини(поз.3б), добавок(поз.3в), та гарячої води(поз.3г) в предзаторник та спуску (поз.3д). Клапани приводяться в дію електроприводом Jaksa D240, що отримує дискретний сигнал від ПЛК. Управління змішувачами (поз. М1,М2,М3) здійснюється від магнітних пускачів Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. КМ1,КМ2,КМ3), що отримують дискретний сигнал від ПЛК.

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

## 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ поз За схе-мою	Місце Встано- влення	Найменування і технічна Характеристика виробу	Тип Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а,5а	По місцю	Перетворювач тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, живлення від напруги 24V DC, діапазон вимірювань 0-400 бар	MBS-3050  3611-1GB04	2	“Danfoss A/S”  Данія
2	2а,6а	По місцю	Датчик температури Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, діапазон вимірювання: -50 - 200 °С	MBT-5310  85-100G1/2	2	“Danfoss A/S”  Данія
3	3а,4а	По місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань 0...2 м	CRF2- WR02T- 048-M20	2	“Dwyer Instruments Inc”  USA, Michigan
4	3б,3в,3г,  3д,4б,4в	По місцю	Електромагнітний клапан, напруга живлення 24 V DC	D240	6	“JAKŠA”  Slovenia
5	2в,5в	По місцю	Клапан, 145 psi (10 bar)	GV221	2	“Dwyer Instruments Inc”  USA, Michigan
6	2б,5б	По місцю	Електропривід до клапана GV221, управляючий сигнал 4-20мА, напруга живлення 24VAC	EVA2F	2	“Dwyer Instruments Inc”  USA, Michigan
7	7а	По місцю	Аналізатор рН, 0-14од.рН, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 220V AC	HP-480	1	“HORIBA”  Японія
8	КМ1-КМ3	По місцю	Електромагнітне реле, струм комутації 40А, максимальна напруга 400В, 3-х контактна схема	Carlo Gavazzi RZ3A60D4 0P	3	СВ «Альтера»  м. Київ
9	М1-М3	По місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 11кВт, напруга живлення 380В	АИР112М4	3	ООО "Системакс" м. Київ

					<b>Кваліфікаційна робота</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

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

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

При розробці системи процесу приготування затору на пиво виробництва використовувався промислово логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340.

Модулі ПЛК М340 які було використано при розробці системи автоматизації наведено на таблиці 3.1 та на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Вибрані модулі для ПЛК М340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0410	1	4 аналогові виходи
BMX DDI 1602	1	16 дискретних входів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

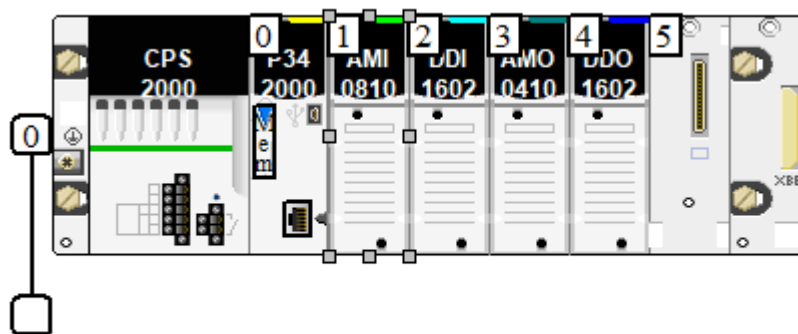


Рис. 3.1. Вибрані модулі ПЛК М340.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Разроб		Штанько С.В			Розробка системи автоматизації приготування затору на пивзаводі	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Е.С					9	38
Зав.каф		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр.ЕК.		Проскурка Е.С						

**Аналогові входи.** До восьми канального модуля аналогового входу ВМХ АМІ 0810 підключаються датчики тиску, датчики температури, та ємнісні рівнеміри з уніфікованими сигналами 4-20мА для зчитування показів технологічного процесу.

**Аналогові виходи.** До чотирьох канального модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0410 підключається електроприводи з уніфікованим сигналом 4-20мА для управління клапанами, які регулюють подачу пару та повітря у заторний чан.

**Дискретні входи.** До шістнадцяти канального модуля дискретних входів ВМХ DDI 1602 підключаються кнопки управління для регулювання мішалок на предзаторнику, заторному чані та заторному фільтрі.

**Дискретні виходи.** До шістнадцяти канального модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключаються магнітні пускачі для управління мішалками, лампи, сигналізують про стан мішалок, та електромагнітні клапани які регулюють подачу сировини, добавок та гарячої води у предзаторник.

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

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

На принциповій схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до промислового логічного контролера при контролюванні процесу приготування затору було використано наступні елементи:

- Автоматичні вимикачі з захистом від перепаду струму: QF1-QF3 – для подачі живлення на блоки живлення та модулі живлення ПЛК ВМХ CPS 2000
- Блоки живлення: БЖ1-БЖ2 – для живлення датчиків тиску, датчиків температури, ємнісних рівнемірів, дискретних модулів ВМХ DDO 1602 та ВМХ DDI 1602 та живлення електроприводу який управляє клапанами подачі повітря та насиченого пару в заторний чан.

На принциповій схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до промислового логічного контролера під час виробництва затору на пивзаводі було використано таку нумерацію провідників:

- 800 – 831: провідники зі змінним струмом;
- 900 – 930: провідники із постійним струмом;
- 100 – 121: провідники з вимірювальним сигналом від датчиків;
- 200 – 212: провідники з сигналом управління

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

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

#### Контур регулювання тиску в заторному чані

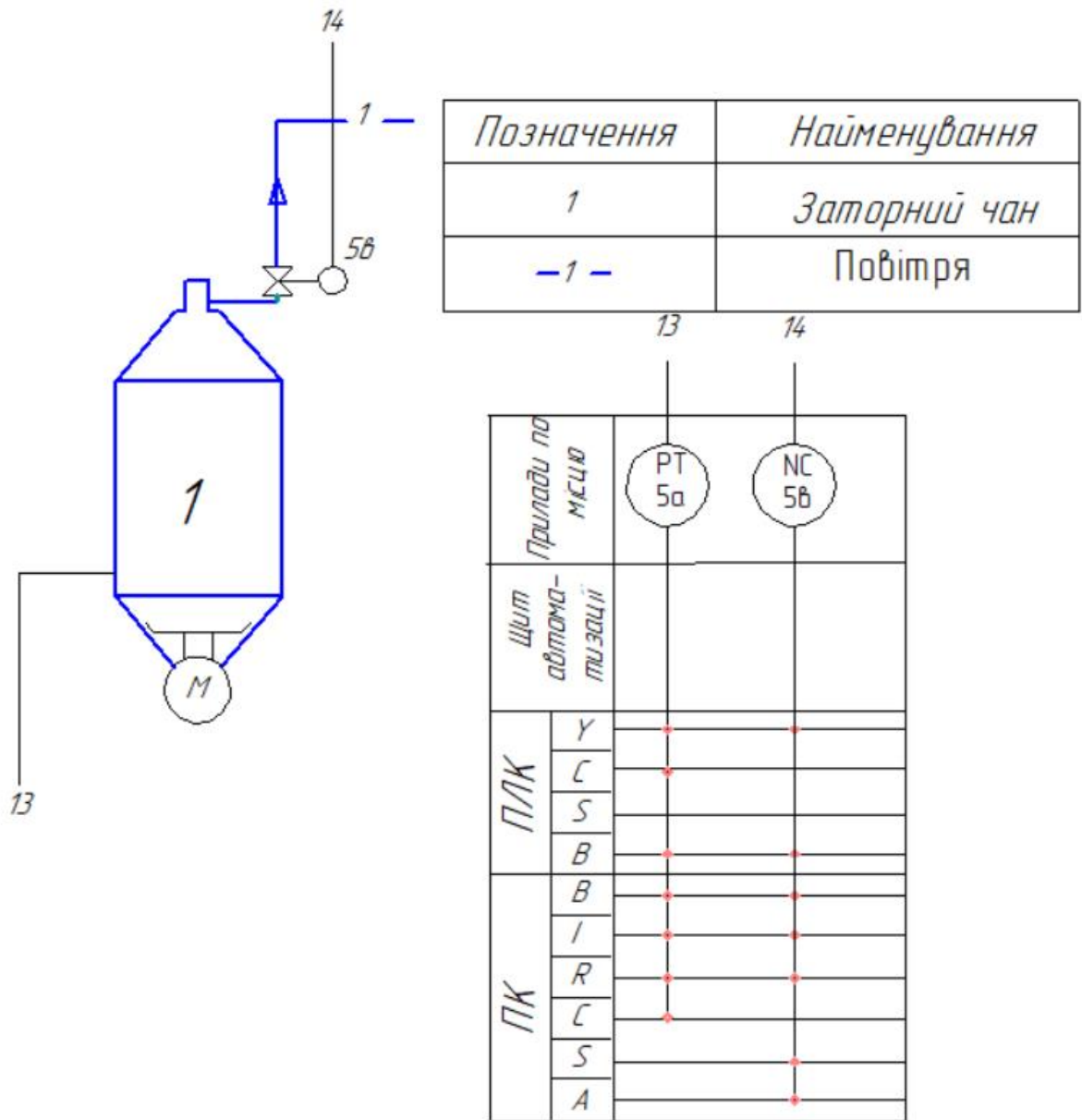


Рис. 3.2. Функціональна схема автоматизації контуру регулювання тиску в заторному чані.

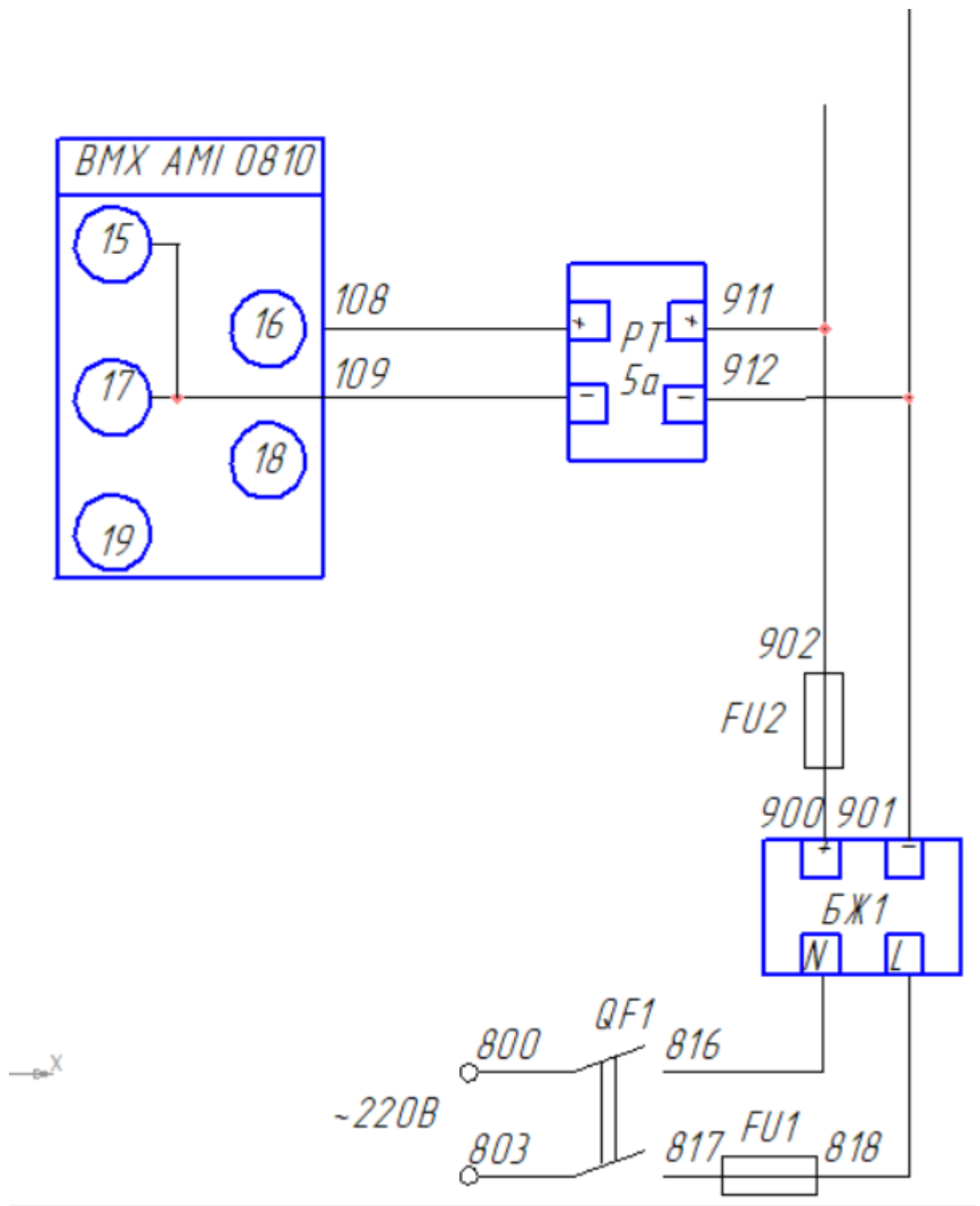


Рис.3.3. Принципова розширена схема підключення датчика диску до модуля аналогових входів BMX AMI 0810.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

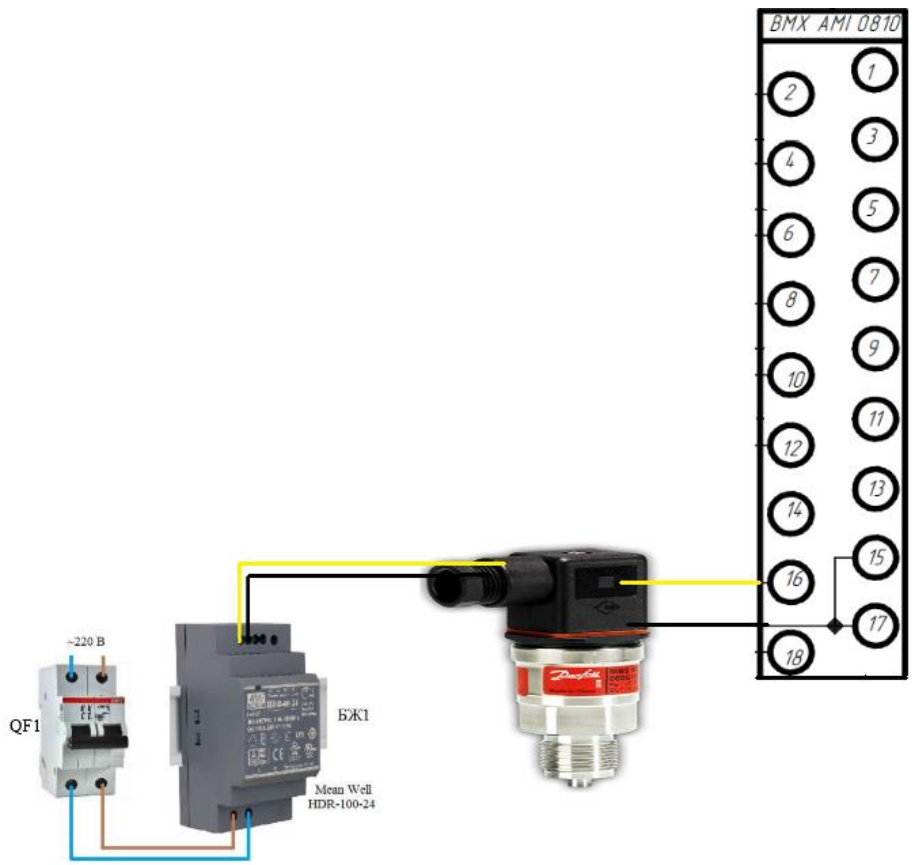


Рис. 3.4. Графічна схема підключення датчика тиску до модуля аналогових входів BMX AMI 0810

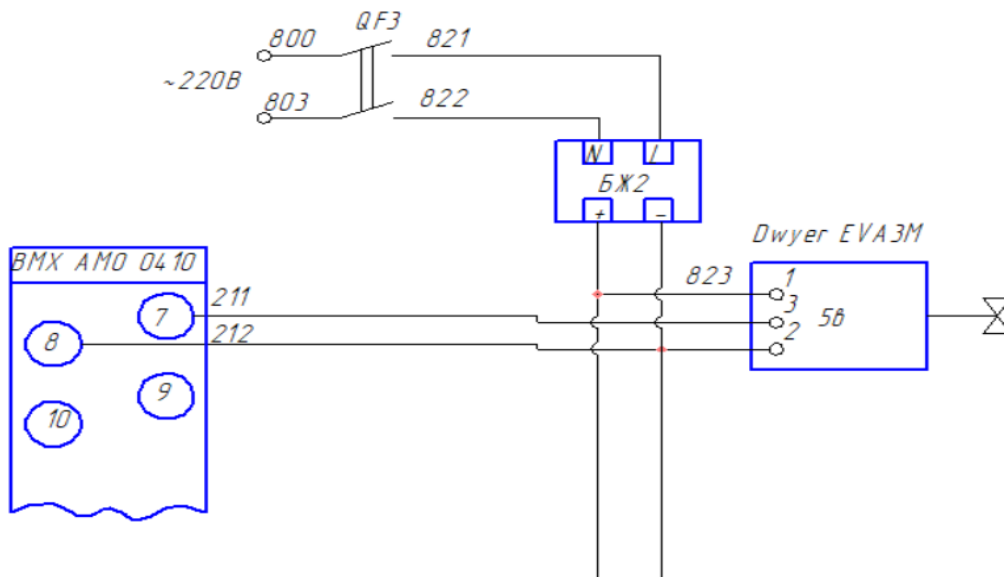


Рис.3.5. Принципова розширена схема підключення електропивоуду клапана випуску повітря із заторного чану до модуля аналогових виходів BMX AMO 0810.

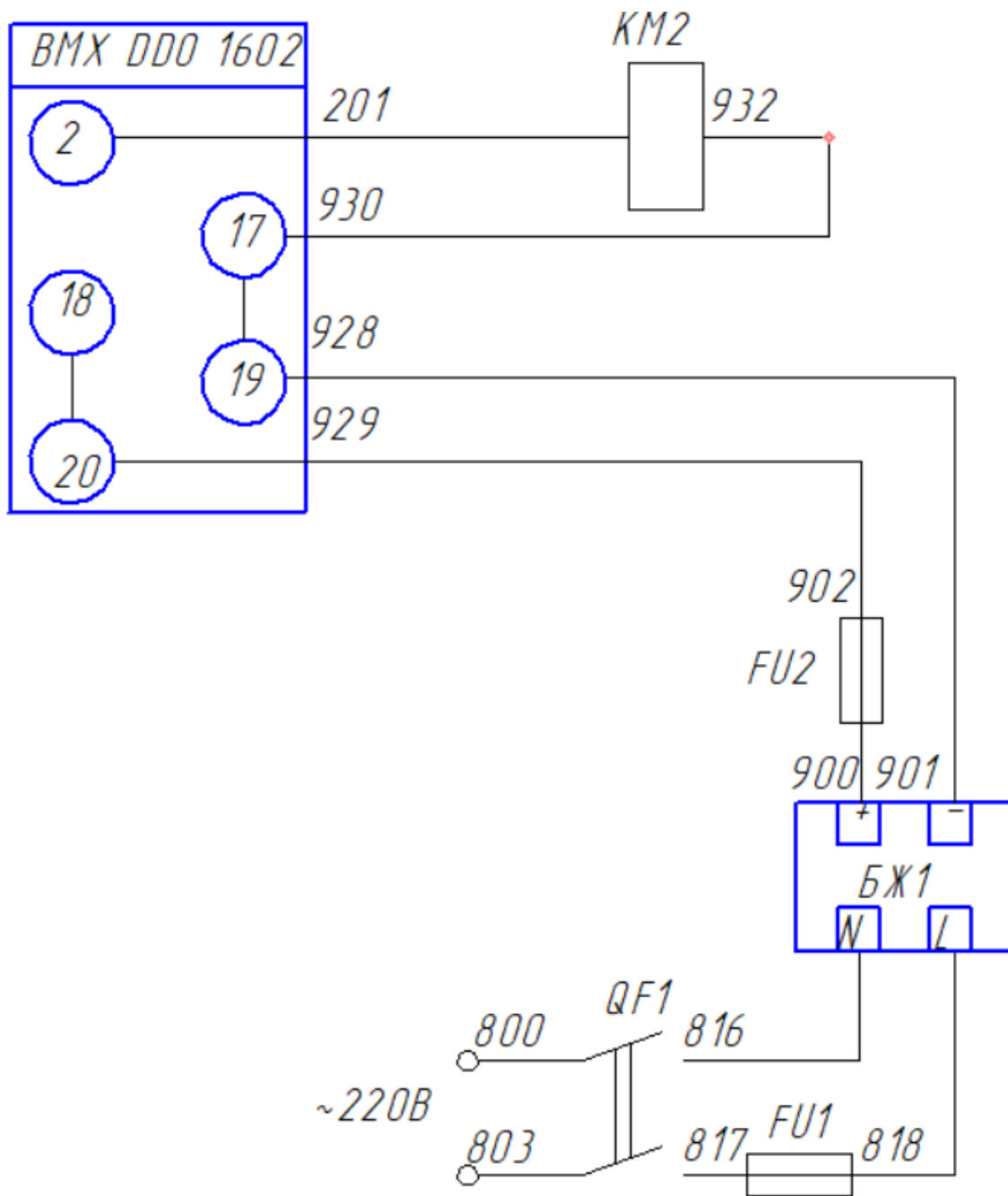


Рис.3.6. Принципова розширена схема підключення магнітного пускача до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

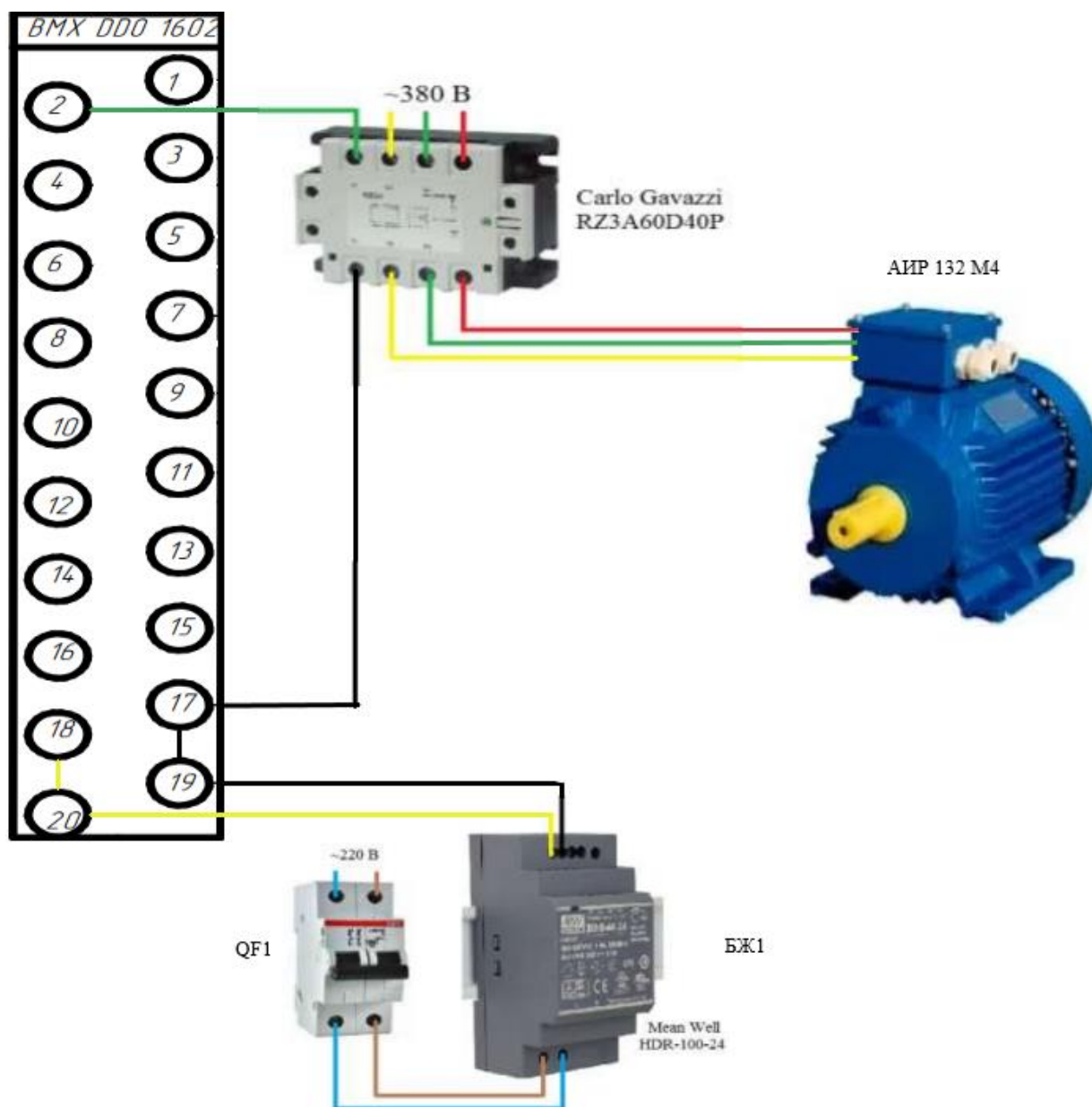


Рис. 3.7. Графічна схема підключення магнітного пускача та мотору мішалки до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

Тиск в заторному чані визначається датчиком тиску Danfoss MBS 3050 (поз.5а)  
Датчик генерує уніфікований сигнал 4-20мА та подає його на модуль аналогових входів ВМХ АМІ 0810.

В залежності від показів датчика тиску, промисловий логічний контролер через модуль аналогових виходів ВМХ АМО 0410 подає уніфікований сигнал 4-20мА на електропівід Dwyer EVA3(поз.5б) який керує клапаном(поз.5в) випуску повітря із заторного чану.

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

#### Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.

Перетворювачі тиску вимірювальні MBS 3050 призначений для вимірювань абсолютного і надлишкового тиску рідини, пари і газу в різних виробничих процесах хімічної, металургійної, нафтової, харчової та інших галузях промисловості, у морському секторі, в агрегатах мобільної гідравліки, а також на різних ділянках міського комунального господарства.



Рис.4.1. Датчик тиску Danfoss MBS 3050.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб</i>		<i>Штанько С.В</i>			<i>Розробка системи автоматизації приготування затору на пивзаводі</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Е.С</i>					47	3
<i>Зав.каф</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр.ЕК.</i>		<i>Проскурка Е.С</i>						

Принцип дії перетворювачів тиску MBS заснований на врівноважуванні вимірюваного тиску силою пружної деформації п'єзорезистивного первинного перетворювача. Під впливом вимірюваного тиску вимірювальна мембрана деформується та змінює електричний опір в одному з плечей вимірювального моста.

Надалі зміна опору за допомогою електронної схеми перетворюється на інформативний параметр вихідного сигналу у вигляді електричного струму або напруги, пропорційних вимірюваному тиску.

Частини перетворювачів, що стикаються з вимірюваним середовищем, виготовлені з нержавіючої сталі. Також для підвищення стійкості до впливів у вигляді стрибків тиску забезпечений спеціальним демпфируючим пристроєм. Демпфер пульсацій це сопло діаметром 0,3 мм, вставлене між контрольованим середовищем та чутливим елементом перетворювача. Демпфер пульсацій це сопло діаметром 0,3 мм, вставлене між контрольованим середовищем та чутливим елементом перетворювача (рис.4.2.). Він служить для захисту чутливого елемента перетворювача від гідравлічних ударів та пульсації тиску. На відміну від стандартних демпферів отвір розташований під кутом, що значно підвищує його ефективність.

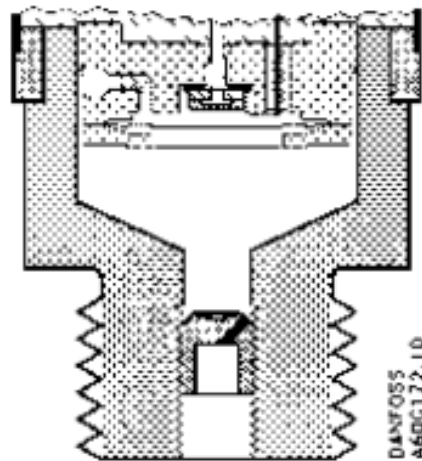


Рис.4.2. Демпфер пульсацій.

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

Габаритні розміри датчика наведені на рис.4.3.

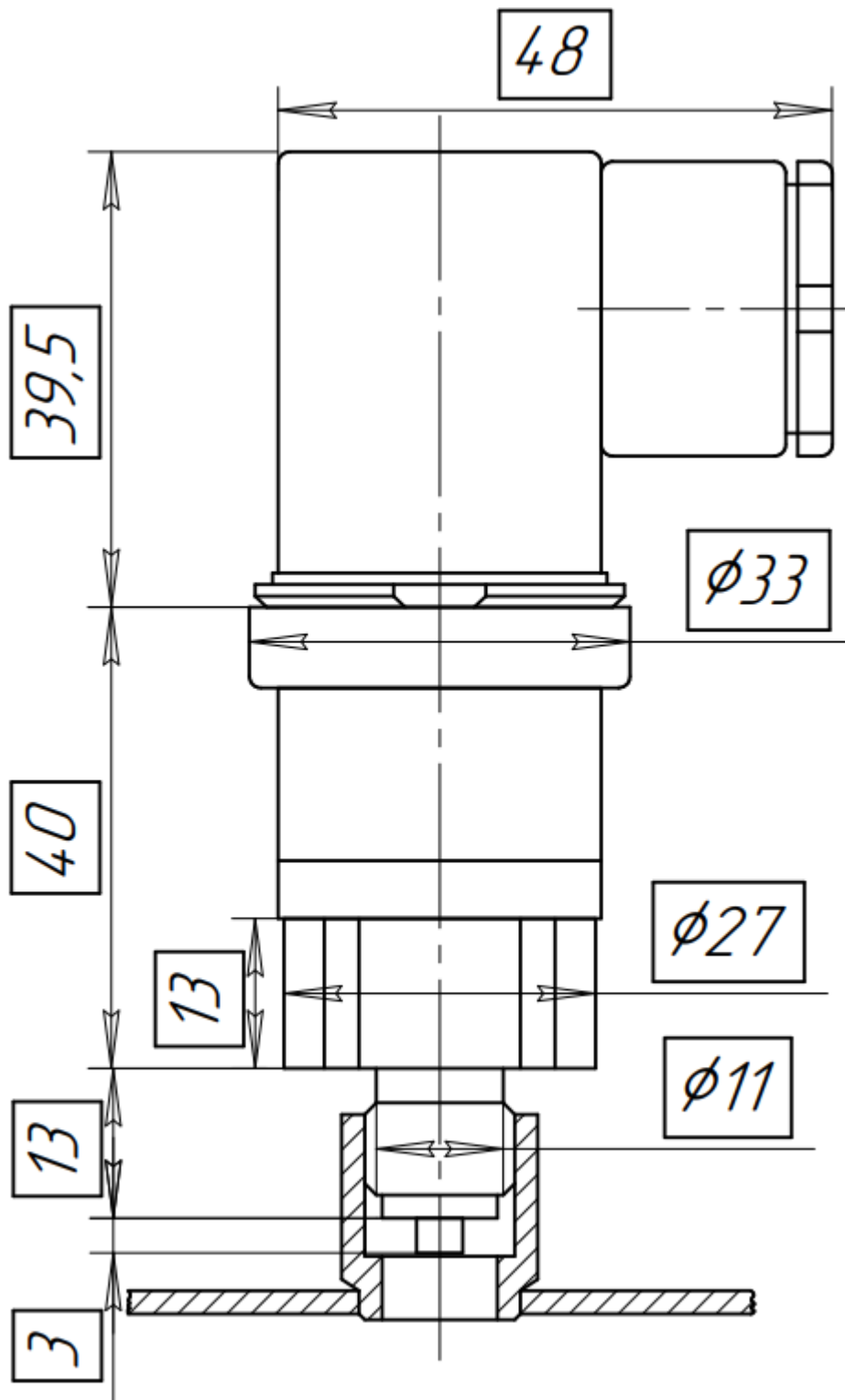
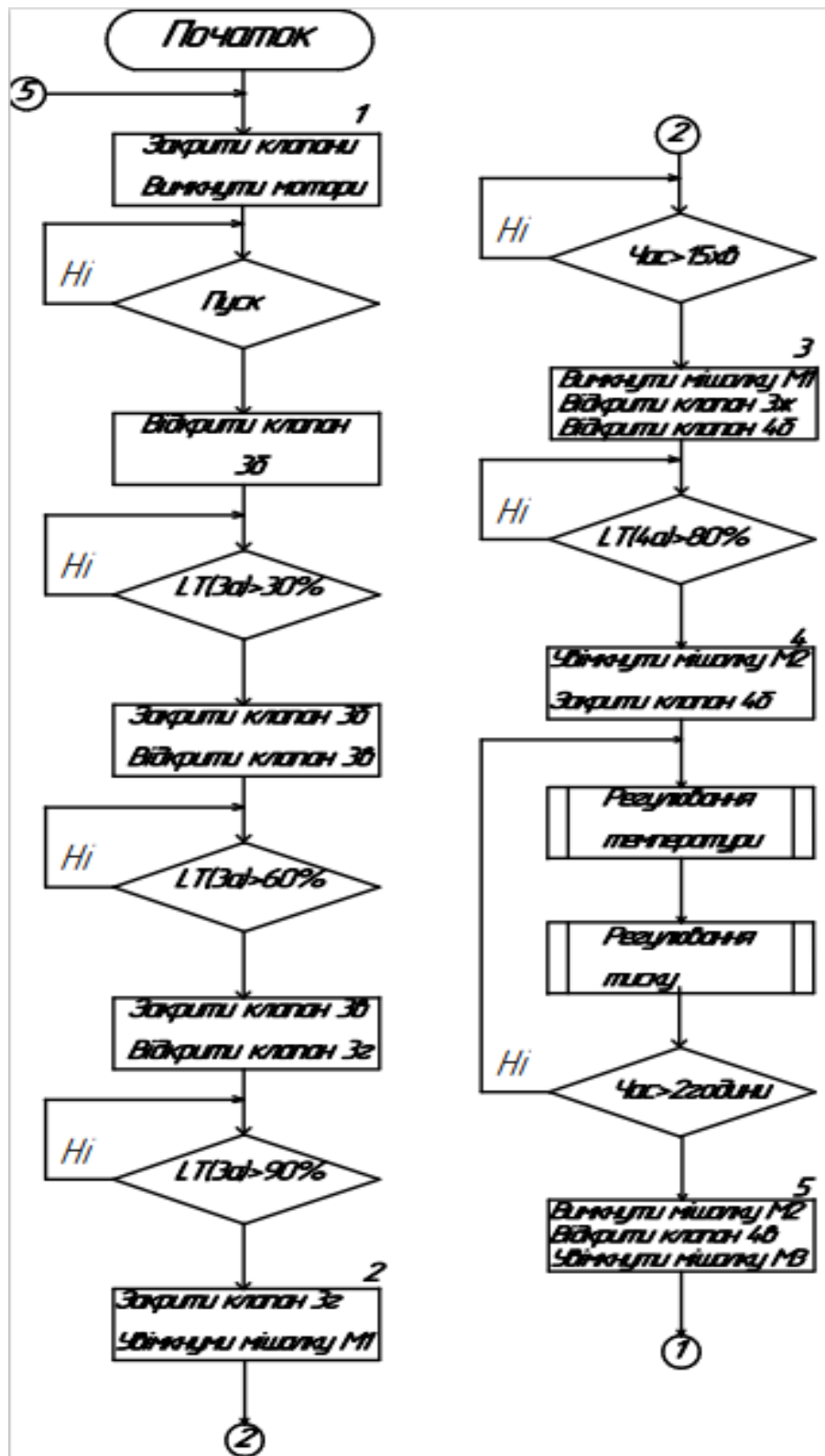


Рис.4.3 Габаритні розміри та спосіб монтажу перетворювача тиску Danfoss MBS 3050

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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



Кваліфікаційна робота

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата
Разроб		Штанько С.В		
Керівник		Проскурка Е.С		
Зав.каф		Смітюх Я.В.		
Секр.ЕК.		Проскурка Е.С		

Розробка системи  
автоматизації приготування  
затору на пивзаводі

Літ.	Арк.	Аркушів
	50	6

НУХТ АК-4-1

Згідно представленого алгоритму вище відбувається програмування ПЛК. В табл. 5.1 зображено змінні, які використовуються під час написання програми для функціонування процесу приготування затору при виробництві пива.

*Таблиця 5.1. Змінні для ПЛК.*

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
PTp	%IW0.1.0	Тиск в трубопроводі
TCh	%IW0.1.1	Температура в заторному чані
LP	%IW0.1.2	Рівень в предзаторнику
LZ	%IW0.1.3	Рівень в заторному чані
PCh	%IW0.1.4	Тиск в заторному чані
TF	%IW0.1.5	Температура в заторному фільтрі
MM1	%Q0.4.0	Мішалка M1
MM2	%Q0.4.1	Мішалка M2
MM3	%Q0.4.2	Мішалка M3
klS	%Q0.4.3	Клапан подачі сировини
klD	%Q0.4.4	Клапан подачі добавок
klV1	%Q0.4.5	Клапан подачі води в предзаторник
klZL1	%Q0.4.6	Клапан зливу сировин із предзаторника
klV2	%Q0.4.7	Клапан подачі води в заторний чан
klZL2	%Q0.4.8	Клапан зливу сировини із заторного чану
klPOV	%QW0.3.0	Клапан випуску повітря із заторного чану
klPAR	%QW0.3.1	Клапан подачі насиченого пару в заторний чан
IND1	%Q0.4.9	Сигналізатор роботи Мішалки M1
IND2	%Q0.4.10	Сигналізатор роботи Мішалки M2
IND3	%Q0.4.11	Сигналізатор роботи Мішалки M3

Програма, що описує функціонування приготування затору на мові програмування ST (Structured Text) для ПЛК М340, представлена нижче:

**!%L1:**

**REPEAT**

**kIPAR:=0;**

**kIPOV:=0;**

**RESET(MM1);**

**RESET(MM2);**

**RESET(MM3);**

**RESET(kIS);**

**RESET(kID);**

**RESET(kIV1);**

**RESET(kIV2);**

**RESET(kIZL1);**

**RESET(kIZL2);**

**UNTIL(NOT%M1)**

**END\_REPEAT;**

**IF %M1 THEN**

**SET(kIS);**

**RESET(%M1);**

**END\_IF;**

**IF LP >= 30.0 THEN**

**SET(kID);**

**RESET(kIS);**

**END\_IF;**

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

**IF LP >= 60.0 THEN**

**SET(kIV1);**

**RESET(kID);**

**END\_IF;**

**IF LP >= 90.0 THEN**

**SET(MM1);**

**SET(%M2);**

**RESET(kIV1);**

**END\_IF;**

**IF %M2 THEN**

**START(%TM1);**

**REPEAT**

**UNTIL(%TM1.V>15)**

**DOWN(%TM1);**

**SET(%M3);**

**END\_IF;**

**IF %M3 THEN**

**SET(kIZL1);**

**SET(kIV2);**

**RESET(MM1);**

**END\_IF;**

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

**IF LZ >= 150.0 THEN**

**RESET(kIV2);**

**SET(MM2);**

**SET(%M4);**

**END\_IF;**

**IF %M4 THEN**

**%MW1:=2232;**

**%MW2:=2418;**

**START(%TM2);**

**REPEAT**

**PID(' ',' ',TCh,klPAR,%M10,%MW1:43);**

**PID(' ',' ',PCh,klPOV,%M20,%MW2:43);**

**UNTIL(%TM2.V>120)**

**DOWN(%TM2);**

**SET(%M5);**

**END\_IF;**

**IF %M5 THEN**

**RESET(MM2);**

**SET(klZL2);**

**SET(MM3);**

**SET(%M6);**

**END\_IF;**

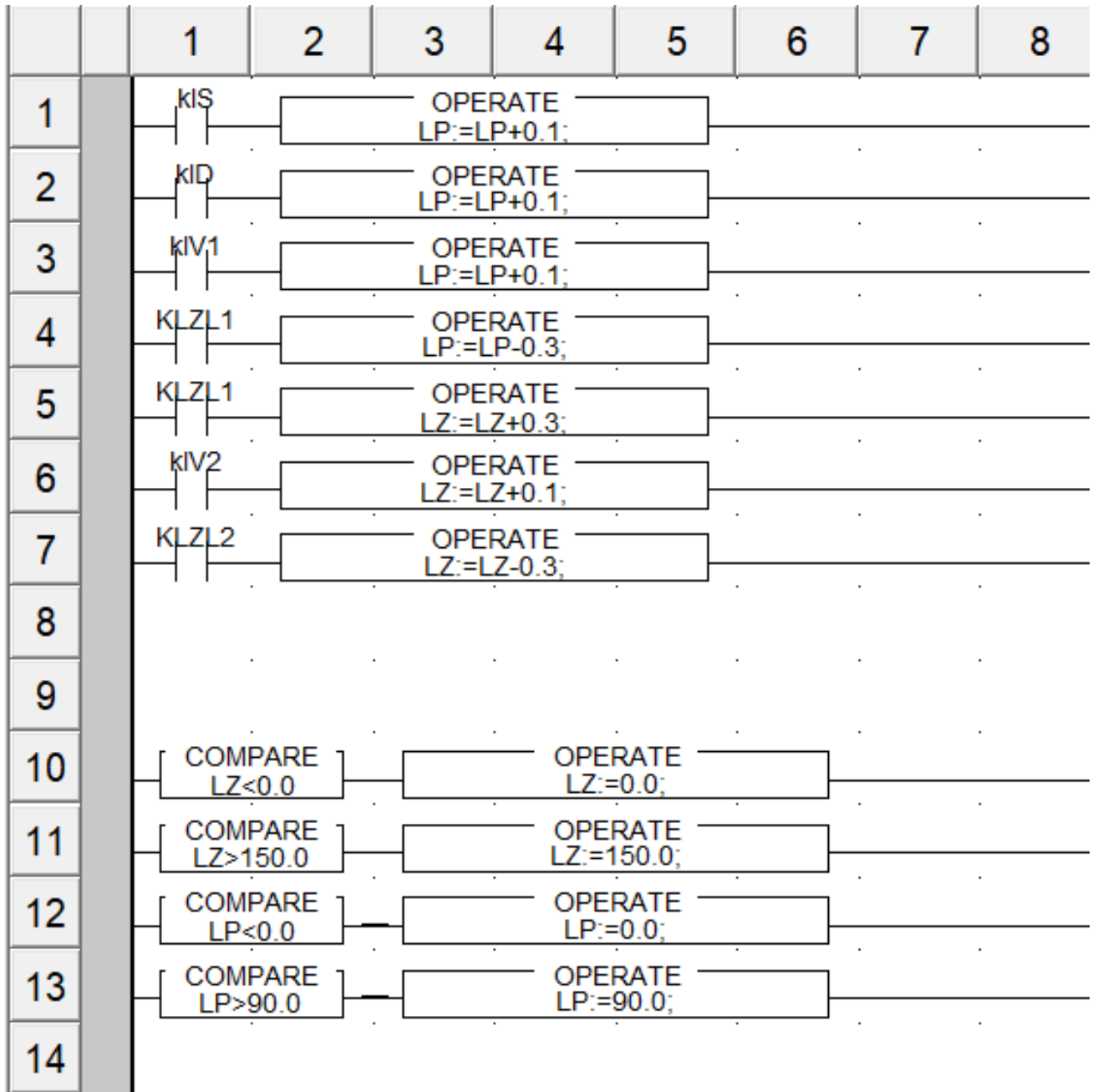
**IF %M6 THEN**

**JMP(%L1);**

**END\_IF;**

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

Для імітації рівня було використано мову Ladder Diagram (LD)



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

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

Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива розроблялася в програмному забезпечення Citect SCADA 2015. Змінні, що використовувалися при розробці дисплейної мнемосхеми наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні в Citect SCADA 2015.

Ім'я змінної	Адреса	Мін.вих. значення	Макс.вих. значення	Мін.зн. В од.	Макс.зн. в од.	Тип Даних
1	2	3	4	5	6	7
PTp	%IW0.1.0	0	10000	0	250	INT
TCh	%IW0.1.1	0	10000	-20	+150	INT
LP	%IW0.1.2	0	10000	0	90	INT
LZ	%IW0.1.3	0	10000	0	150	INT
PCh	%IW0.1.4	0	10000	0	250	INT
TF	%IW0.1.5	0	10000	-20	+150	INT
MM1	%Q0.4.0	0	1	0	1	BOOL
MM2	%Q0.4.1	0	1	0	1	BOOL
MM3	%Q0.4.2	0	1	0	1	BOOL
kIS	%Q0.4.3	0	1	0	1	BOOL
kID	%Q0.4.4	0	1	0	1	BOOL
kIV1	%Q0.4.5	0	1	0	1	BOOL
kIZL1	%Q0.4.6	0	1	0	1	BOOL
kIV2	%Q0.4.7	0	1	0	1	BOOL
kIZL2	%Q0.4.8	0	1	0	1	BOOL
kPOV	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
kIPAR	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT

					<b>Кваліфікаційна робота</b>		
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Разроб		Штанько С.В			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С				56	2
Зав.каф		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1		
Секр.ЕК.		Проскурка Є.С					
					Розробка системи автоматизації приготування затору на пивзаводі		

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива дозволяє оператору контролювати проходження технологічного процесу, спостерігати за зміною технологічних параметрів і за необхідності корегувати управляючі дії, відносно клапанів, змішувача та насосів. Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива зображена на рис. 6.2.

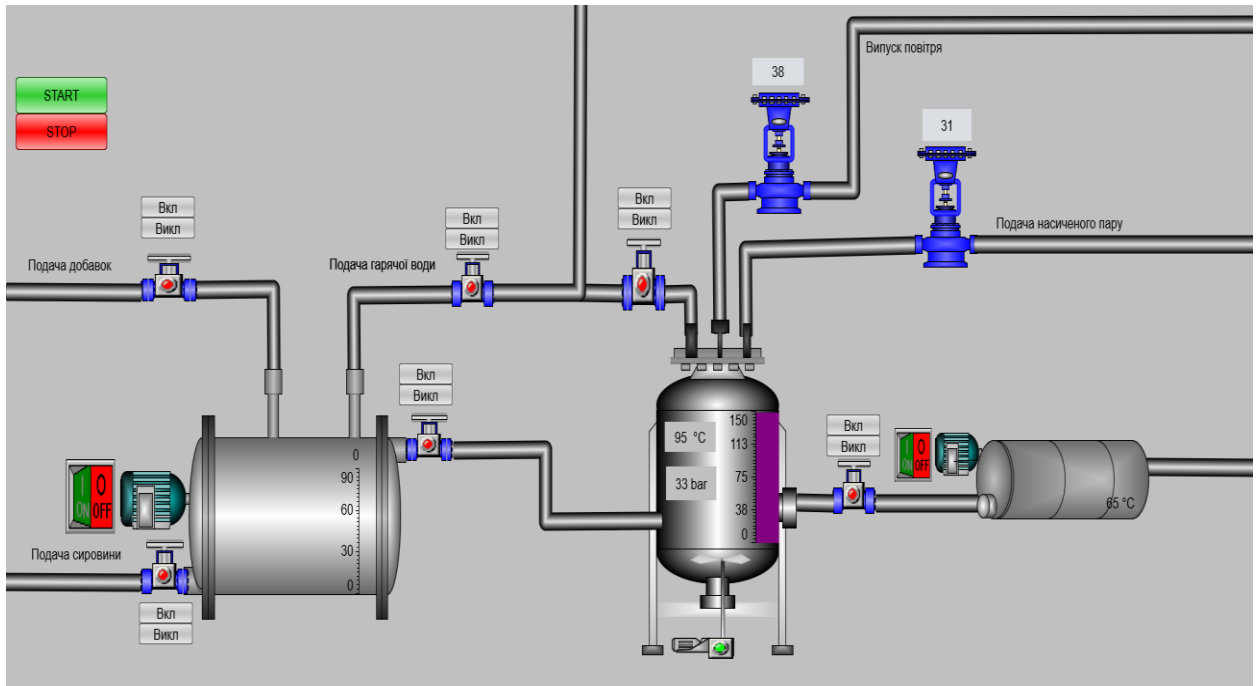


Рис. 6.2. Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива.

## Висновок

В даній курсовій роботі ми розглянули розробку системи автоматизації виробництва затору на пиво виробництві.

При розробці системи автоматизації було використано найновітніші технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер.

Розроблена система автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива з за діянням новітніх технологічних засобів автоматизації дозволяє забезпечити оптимальне проведення технологічного приготування затору при виробництві пива для отримання в подальшому затору високої якості для виготовлення якісного пива, зменшення витрати теплоносіїв на приготування затору за рахунок використання новітніх засобів автоматизації. Все це призведе до збільшення прибутковості виробництва пива.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1.Проектування систем автоматизації: Метод. рекомендації до виконання курс. проекту для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» денної та заочної форм навчання./Уклад.: В.М.Сідлецький, В.Г. Трегуб – К.: НУХТ, 2013. – 46 с.

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

3.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. – 408с.

4.Инструкция двигателя АИР.URL.:

<https://ovk.ua/stati/instruktsiia-po-ekspluatatsii-trehfaznyh-asinhronnyh-elektrovdigatelei-air>

5.Компоненти системи автоматизації. URL.:

[https://www.svaltera.ua/upload/iblock/1dd/price\\_6\\_sensors.pdf](https://www.svaltera.ua/upload/iblock/1dd/price_6_sensors.pdf)

6.Мануал по клапану Jarka. URL.:

[https://www.alphacontrols.co.uk/wp-content/uploads/pdf/jaksa/solenoid-valves/JAKSA\\_cat12.pdf](https://www.alphacontrols.co.uk/wp-content/uploads/pdf/jaksa/solenoid-valves/JAKSA_cat12.pdf)

7.Мануал по датчику тиску Danfoss MBS 3050.URL. :

<https://danfoss.net.ua/products/4286/546/4343/4370.html>

8.Мануал по датчику температури Danfoss 5310. URL.:

<https://ugov.ua/ru/docs/download/71/f.file/noattach.1/>

9.Мануал по ємнісному рівнеміру Dwyer Series CRF2.URL.:

[https://www.dwyer-inst.com/PDF\\_files/L\\_36.pdf](https://www.dwyer-inst.com/PDF_files/L_36.pdf)

10. Мануал по електроприводу Dwyer EVA2.URL.

[https://www.dwyer-inst.com/PDF\\_files/V\\_8\\_rev2.pdf](https://www.dwyer-inst.com/PDF_files/V_8_rev2.pdf)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Каталог клапанів Dwyer.:URL  
[http://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/dwyer/valves\\_and\\_controls.pdf](http://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/dwyer/valves_and_controls.pdf)
12. Руководство по эксплуатации электромагнитных клапанов Danfoss.URL.:  
[http://www.cinto.ru/files/Tutorial\\_mbs\\_mbt\\_Danfoss.pdf](http://www.cinto.ru/files/Tutorial_mbs_mbt_Danfoss.pdf)
- 13.Store Danfoss.:URL  
<https://store.danfoss.com/fr/en/Sensing-Solutions/Pressure-Transmitters/Pressure-Transmitters%2CA0/Pressure-transmitter%2C-MBS-3050%2C-0-00-bar---250-00-bar%2C-0-00-psi---3625-94-psi/p/060G1801>
14. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
15. 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.
16. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації; навч. посібник/ В.Г.Трегуб. –К.:Ліра-К,2014. – 104с.
17. Затирание. Набор затора. URL:  
<http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st046.shtml>
18. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
19. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944
20. 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.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. 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.

22. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.

23. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		