

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»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

(підпис) Форсюк А.В.
(прізвище та ініціали)

(підпис) Ельперін І.В.
(прізвище та ініціали)

« ____ » червня 2020 р.

« ____ » червня 2020 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 приготування затору при виробництві пива

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-Зск Голік Владислав Ігорович
(прізвище та ініціали)

Керівник Проскурка Євген Сергійович _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент Загоровська Лариса Григорівна _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2020 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

І.В.Ельперін

«27» квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Голіку Владиславу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива*

керівник роботи *ст. викл. Проскурка Євген Сергійович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» квітня 2020 р. № 269-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «4» червня 2020 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.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 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	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Голік В.І.

_____ (підпис)

Керівник роботи Проскурка Є.С.

_____ (підпис)

Анотація

В даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива.

В кваліфікаційній роботі представлено опис технологічного процесу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – ємнісного рівнеміра KOBOLD NMC, 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 від виробника Schneider Electric. Інтерфейс SCADA-програма технологічного процесу розроблено в програмному забезпеченні Citect SCADA2015 та вигляд дисплейної мнемосхеми представлено в записці.

Ключові слова: пиво, сусло, M340, KOBOLD NMC.

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

Annotation

This qualification work considers the development of an automation system of the process of mashing in the production of beer.

The qualification work describes the process, the tasks for the automation system, the automation scheme, the specification of the automation equipment, the wiring diagram of the automation equipment – the capacitive level meter KOBOLD DMH, the connection schemes of the sensors and actuators to the PLC and the extended circuitry for connecting the technical means.

An algorithm and a program for controlling the process of mashing in the production of beer have been developed. The program is designed for PLCs from the Schneider Electric M340 series. The interface SCADA-program of the technological process is developed in the software Citect SCADA 2015 and the form of the display mnemonic is presented in the note.

Keywords: beer, mash, M340, KOBOLD NMC.

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

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.....	30
Розділ 2. Система автоматизації	31
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	31
2.2. Схема автоматизації.....	52
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	54
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	57
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	57
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	59
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	60
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів	65
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	69
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	74
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	74
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	75
Висновок	76
Список використаної літератури	77

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

Вступ

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

Слабоалкогольними називають напої, які містять менше 10% етилового спирту. В середньому пиво містить до 7% етилового спирту.

Процес приготування пива дуже складний та трудомісткий, на його приготування в середньому витрачається три чотири місяці. Напій, перед тим як потрапити до келиха, 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 один з цих процесів, а саме приготування затору.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Змішуванням дробленого солоду з водою починається варильний процес. Дія ферментів і подальший технологічний процес залежать від способу, яким було проведено затирання.

Подрібнений солод повинен ретельно перемішуватися з водою при цьому в залежності від типу пива, якості солоду і способу затирання приймається густина затору і температура. Набір води на затор повинен вибиратися з урахуванням води, щоб пивна дробина в достатній мірі промивалася і не треба було при кип'ятінні суслу з хмелем випаровувати занадто багато води.

При виробництві світлого пива, як правило, беруть більш рідкі затори. У рідких заторах амілоліз протікає інтенсивніше, ніж в густих заторах і утворюється більше мальтози. Тому пиво з рідких заторів зброджується довше. Екстракт, який затримався в пивній дробині, має більш низьку концентрацію і тому легше вимивається водою, так що обсяг води може бути менше. Це благотворно діє на колір, який стає більш світлим, і на смак – більш тонким. Більш рідкий затор полегшує також переробку погано розчиненого солоду.

Для темного пива вибирається більш густий затор. Враховується більш глибоке розщеплення солоду, яке при виробництві темного солоду відбувається під час пророщування і сушіння. Більш інтенсивне кип'ятіння заторів, звичайне при виробництві темного пива, і пов'язана з ним сильніша клейстеризація крохмалю, також допускають використання більш густих заторних мас. Темне пиво менше зброджується і несприятливий смаковий вплив води не проявляється у нього так чітко, як у світлого пива.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Голік В.І.</i>			<i>Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>				8	23
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-Зск</i>	
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Обсяг води, що використовується на затирання, вираховується згідно з вимогами для даного сорту пива і з урахуванням місцевих умов (виробниче обладнання, інтенсивність кип'ятіння заторів). При виробництві окремих видів пива обсяг затору повинен бути постійним, щоб не змінилася якість пива. Приблизно на 100 кг засипу для світлого пива припадає 5-6 гл води і для темного – 4-5 гл. Концентрація першого сусла при виробництві світлого пива на 2-4% вище, ніж концентрація готового охмеленого сусла (співвідношення від 1,2 до 1,4:1), при виробництві темного пива 6-8% (співвідношення від 1,6 до 1,8:1). [6]

Процеси затирання, яких відомо досить багато, були розроблені на основі практичних даних. Тільки пізніше стали прийматися до уваги міркування теоретичного характеру, а саме при бажанні отримати з солоду якомога більше екстракту у вигляді першого сусла і охмеленого сусла, склад яких найбільше відповідав би виготовляється типу пива. З цих же причин обраний спосіб затирання змінюється в деталях в залежності від типу і якості солоду, складу виробничої води, виробничого обладнання. При переробці однакового сировини і води за допомогою різних способів затирання можна отримати пиво різної якості. Тому не можна проводити затирання за шаблоном, однак, з іншого боку, немає необхідності змінювати без видимих причин виправданий спосіб затирання.

Трьохвідварний спосіб затирання. Цей класичний спосіб зберігся до наших днів і є основою розроблених пізніше способів затирання. Він дає надійні результати і при переробці неякісного солоду, оскільки при поступовому підвищенні температур проявляється дію всіх найважливіших ферментів, а кип'ятіння густих частин заторів полегшує і переробку недостатньо розчиненого солоду. Однак цей спосіб вимагає багато часу, що підвищує витрати.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

При трьохвідварному способі подрібнений солод затирається холодною водою і заторна маса запарюється гарячою водою до 37-38 °С. Цей процес в основному застосовується тільки при виробництві темних сортів пива. Для світлого пива затирання проводять прямо в теплій воді так, щоб температура заторної маси склала 37-38 °С. Тим самим затирання скорочується за рахунок часу, необхідного для запарювання, і весь процес триває 20-25 хв. Відразу ж після закінчення змішування близько 1/3 затору спускають в заторний котел. Необхідно, щоб ця перша частина затору була найбільш густої консистенції. Інша частина затору залишається в заторному чані, якщо він має хорошу теплоізоляцію при 35-37 °С на весь час переробки першої відварки на 1,5-2 години. При цьому відносно низькій температурі не відбувається істотних ферментативних процесів, однак кислотність повільно зростає, частково в результаті діяльності кислотно-утворюючих мікроорганізмів. При досліді з різною виробничою водою був виявлений зростання кислотності в межах, що відповідають зниження рН на 0,1-0,3.

Перша відварка між тим нагрівається в казані приблизно на 1 °С за 1 хв. Між 50-55 °С раніше вводили витримку розщеплення білків, так звану пептонізуючу витримку, триваючу близько 10 хв. Однак в ній немає необхідності, оскільки залишилася в заторному чані після перекачування другий відварки частина затору знаходиться при вказаній температурі досить довго. При затирання погано розчиненого солоду при досягненні температури 68-72 °С або ще вище вводять наступну витримку, при якій очікують поки затор повністю не оцукрився. При переробці добре розчиненого солоду і цю витримку можна виключити, однак, незважаючи на це оцукрювання контролюють реакцією на йод. Після досягнення 75 °С відварка швидко доводять до кипіння. При переробці темного солоду першу відварку кип'ятять, як правило, 30 хв, а в окремих випадках і довше, у світлого солоду 20-30 хв.

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

Подальше кип'ятіння при виробництві темних сортів пива полегшує до оцукрювання заторів і одночасно сприяє більш повному смаку пива. При виробництві світлих сортів пива, навпаки, інтенсивність фарбування повинна бути нижче, а менш тривалий кип'ятіння заторів сприяє також покращенню смакових якостей пива. При кип'ятінні затору в результаті коагуляції виділяється частина білків, знищуються всі присутні ферменти і мікроорганізми, і дещо підвищується кислотність затору.

Після кип'ятіння першої відварки залишилася в чані частина добре перемішується і до неї перекачують прокип'ячену частину затору. Перекачування не можна вести швидко, щоб затор частково не запарився, а тим самим не були зруйновані наявні в ньому ферменти. Перекачування триває зазвичай 10-15 хв. Після ґрунтового перемішування температура затору в чані підвищується до 50-54 °С. Якщо він перемішаний так, що вся частина прокип'яченого затору прийшла в зіткнення з рідким залишком, що містить ферменти, в заторний котел з чана знову перекачують 1/3 затору, найгустішу (друга відварка). Решта 2/3 затору залишають в чані при 50-52 °С на 1 або 1,5 ч; важливо, щоб температура не знижувалася нижче вказаної межі. При цій температурі насамперед діють протеази, проте починається і розщеплення крохмалю. Температури близько 50 °С сприятливі також для фосфатаз, з яких діє головним чином фітаза; при тривалій витримці кислотність затору зростає і утворюються буферні розчини, присутність яких позитивно впливає на перебіг подальших технологічних процесів.

Другу відварку нагрівають в котлі приблизно при тих же умовах, що і першу. Однак розрідження і оцукрювання крохмального клейстеру відбувається швидше, оскільки друга відварка містить прокип'ячені частини першої відварки, а також наступну непрокип'ячену частину затору з активними ферментами.

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

Підігрів йде спочатку повільно до 75 °С, а потім температуру швидко доводять до кипіння. Оцукрювання контролюють реакцією на йод і, якщо процес проводити правильно, немає необхідності чекати повного оцукрювання.

При виробництві темних сортів пива другу відварку кип'ятять 30 хв, для світлих сортів – 15-20 хв. Ще до закінчення кип'ятіння другої відварки в заторному чані включають мішалку і тільки в добре перемішану масу повільно перекачують прокип'ячену другу відварку. Температура повинна піднятися до 64-65 °С. Коли температура всього затору в чані вирівнюється, мішалку зупиняють і в заторний котел з чана перекачують необхідну кількість рідкої третьої відварки.

Обсяг першої і другої відварки досить визначати приблизно; зазвичай випускають близько 1/3 загального обсягу. При цьому не є недоліком, якщо при перекачуванні прокип'яченої відварки в чані досягається необхідна температура, а в казані ще є невеликий залишок. У котлів з прямим обігрівом навіть необхідно, щоб дно залишилося закритим. А ось третю відварку потрібно перекачувати в чан з заторного котла без залишку, і тому необхідно визначати її обсяг більш точно.

Температура Т зазвичай буває на 2-3 °С вище, щоб компенсувати теплові втрати при перекачуванні. Можна також враховувати і температуру прокип'яченого затору, але замість 100 °С не менше 90 °С.

У заторному чані після випуску третьої відварки в заторний котел на 1-1,5 години залишається частина затору при оптимальній температурі для оцукрювання β-амілази (60-65 °С). Тверді частини солоду при кип'ятінні в обох попередніх відварках стали доступними для дії ферментів, і тому при переробці погано розчиненого солоду утворюється надлишок мальтози. Це проявляється зовні в потемнінні поверхні заторної маси.

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

Рідка третя відварка може нагріватися в котлі швидше, так як містить тільки невелику кількість неоцукреного крохмалю і кип'ятиться зазвичай 10-15 хв. При кип'ятінні відбувається руйнування ферментів і призупиняється їх подальша дія. Після перекачування третьої відварки з заторного котла в чані повинна бути досягнута температура 75-78 °С. Більш високі температури непридатні, оскільки інактивуються залишені ферменти і тим самим не забезпечується оцукрювання залишків крохмального клейстеру, які звільняються з солодових оболонки. У чані заторна маса ґрунтовно перемішується, щоб по всьому об'єму вирівнялася температура, і перекачується в фільтраційний чан або фільтр-прес. Тим самим закінчується оцукрювання, яке у трьохвідварному способі триває 5,5 і 6,5 годин.

Трьохвідварний спосіб має деякі технологічно важливі переваги. Ґрунтовне перемішування і кип'ятіння заторів прискорює процеси розчинення. Тривалі витримки, при яких заторна маса і відварки залишаються в заторному чані, сприятливі для хімічних і ферментативних реакцій. Змінюючи відповідним чином час і температуру при цих витягах, а також час кип'ятіння, можна регулювати дію ферментів і тим самим змінювати склад охмеленого суслу головним чином до можливого ступеня зброджування (відношення цукрів до нецукрів) і ступеня розщеплення білків. При затирання дробленого солоду холодною водою і подовженням в зв'язку з цим процесу затирання в розчин переходить більше речовин з оболонки (каучукоподібних і дубильних), які впливають на смак і пінність пива.

При трьохвідварному способі можна переробляти подрібнений солод грубого помелу, а також погано розчинений солод без зниження виходу екстракту. Грубий помел полегшує фільтрацію суслу і дає кращі результати при вилуговуванні дробини.

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

Відзначається, що після перекачування прокип'яченої першої відварки знижується активність ферментів на 77% в порівнянні з заторною масою, другої відварки – на 56% і після третьої – на 26%. Однак цей факт не є вирішальним, оскільки ферменти діють також в період витягів в затором чані і прокип'ячена третя відварка може оцукритися і при зниженій дії ферментів. Великим недоліком трьохвідварного способу є трудомісткість, тривалість і підвищене споживання енергії. Для сучасних солодів високого стандартної якості, одержуваних з тонких селекційних ячменів, не потрібно трьохвідварний спосіб затирання.

Двохвідварний спосіб затирання. Двохвідварний спосіб найбільш прийнятний при виробництві світлих сортів пива. При затирання в теплій воді і кип'ятінні двох відварок замість трьох отримують сусло більш світлого кольору і тонкого смаку.

Двохвідварний спосіб більш вигідний, ніж трьохвідварний і має кілька варіантів.

Як правило, затирання проводять в теплій воді від 35 до 37 °С, а затор нагрівають до 50-52 °С. Першу частину затору (перша відварка) обсягом трохи більше 1/3 всієї маси спускають в заторний котел і повільно нагрівають на 1 °С за 1 хв до 70-74 °С. Після оцукрювання затор доводять до кипіння і кип'ятять 20-30 хв. Залишок затору в чані ретельно перемішують і при постійному перемішуванні до нього повільно перекачують прокип'ячену першу відварку з таким розрахунком, щоб була досягнута необхідна температура 64-70 °С (регулюється обсягом відварки). Після вирівнювання температур в заторний котел спускають другу, теж густу частину затору (друга відварка). Якщо в котлі залишився залишок від першої відварки, його потрібно охолодити холодною водою, щоб перешкодити інактивації ферментів в спущеною в котел другої відварки. Другу відварку можна нагрівати швидше, а якщо оцукрювання задовільне, то швидко доводять її до кипіння і кип'ятять 15-20 хв, а потім перекачують в заторний чан і витримують при 75-78 °С.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Біохімічні процеси носять такий же характер, як і при трьохвідварному способі оцукрювання. Весь процес триває від 4 до 4,5 годин.

При переробці солоду короткого пророщення погано розчиненого краще проводити затирання в холодній воді і повільно нагрівати до 50-52 °С. Залежно від необхідності для першої відварки можна застосовувати подовжену пептонізуючу витримку, витримку на оцукрення для цієї відварки також можна подовжувати і, нарешті, відварку в заторному котлі можна нагрівати повільніше. Одночасно в заторному чані тим самим подовжити час витримки решти затору, яка стимулює процес розчинення. Якщо переробляти добре розчинений солод і необхідно обмежувати розщеплення білків, то витримку в чані при 50-52 °С можна скоротити. Підтримуючи температуру в інтервалі 62-72 °С для перекачування першої відварки, можна змінити співвідношення цукрів і нецукрів. Механічним складом дробленого солоду для двохвідварному способу слід приділяти більше уваги. Подрібнений солод не повинен містити великі фракції великої крупки; їх присутність ускладнює оцукрення і може стати причиною низького виходу екстракту. Двохвідварний спосіб застосовується для виробництва світлих сортів пива у всіх європейських країнах.

Одновідварний спосіб затирання. Одновідварний спосіб затирання рекомендував і докладно описав Баллінг вже в 1854 р. Цей спосіб полягав в наступному: 100 кг подрібненого солоду зтирали в 420 л води, нагрітої до температури 62,5 °С; температуру заторної маси знижували після затирання до температури 58 °С. Близько половини густого затору спускали в котел і повільно нагрівали до температури 75 °С. Потім доводили до кипіння і кип'ятили 30 хв або більше. Після кип'ятіння відварку додавали до затору в заторному чані і затор витримували при температурі 75 °С. В якості ще однієї можливості Баллінг рекомендує проводити затирання половини солоду (співвідношення 50 кг на 210 л води) в заторному чані при температурі 62,5 °С і другу половину в котлі (знову співвідношення 50 кг солоду на 210 л води) при температурі 50-62,5 °С.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заторну масу при постійному перемішуванні повільно нагрівають до 75 °С і потім доводять до кипіння; час кип'ятіння і подальшої витримки затору такі ж, як і в першому варіанті.

Спосіб, запропонував Баллінг, рекомендували з невеликими змінами відомі пивовари Ержічка і Ходоунський.

Одновідварний спосіб затирання має кілька варіантів. Подрібнений солод затирають в чані в холодній воді і нагрівають до температури 50 °С або відразу затирають в теплій воді. Близько половини густої частини затору спускають в заторний котел і нагрівають спочатку до температури оцукрювання 65-68 °С, потім до 75 °С і доводять до повного оцукрювання. Затор кип'ятять 30 хв, перекачують до залишку заторної маси, що знаходиться в чані, весь затор витримують при температурі 75-78 °С.

При іншому способі подрібнений солод затирають прямо в заторний котел при температурі 50 °С. Якщо це необхідно, то вводять пептонізуючу витримку 15-20 хв, потім заторну масу нагрівають до температури 75 °С, і залишають до оцукрювання і осадження дробини. Потім близько половини відстояного суслу зливають з поверхні котла в заторний чан як діастатичну витяжку. Частину, що залишилася в заторному котлі густу частину затору нагрівають до кипіння і кип'ятять 30-45 хв. Тим часом діастатична витяжка в чані охолоджують. Прокип'ячений затор повільно додають до неї так, щоб температура не перевищила 78 °С. Гарного виходу екстракту при такому процесі можна досягти тільки в разі переробки добре розчиненого солоду або пере-розчиненого солоду. Загальний час процесу затирання при одновідварному способі недостатньо для того, щоб процеси розчинення при переробці погано розчиненого або погано подрібненого солоду протікали правильно.

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

Підкислення заторів. При виробництві стійких експортних сортів пива останнім часом велика увага приділяється рН заторів і сусла. При підвищенні кислотності (зниженням рН) прискорюються ферментативні процеси при оцукрюванні і поліпшується фільтрація сусла. Оптимальних величин рН від 5,5 до 5,4 у заторів і 5,2 у охмеленого сусла, не можна досягти при роботі з карбонатними водами або при переробці поганих, бідних ферментами солодів. У таких випадках добавка тільки кислотно утворюючої витримки недостатнє. Необхідно або обробити виробничу воду для зниження її тимчасової жорсткості або штучно підвищити кислотність затору.

На практиці кислотність затору підвищують або шляхом додавання протеолітичного солоду, або за рахунок отримання в заторі біологічним шляхом молочної кислоти, або прямою добавкою мінеральних кислот.

При біологічному підкисленні молочну кислоту отримують таким чином, що необхідний обсяг першого сусла або прямо затор зброджують чистою культурою. Бродіння проводять при 45-47 °С, так що кислий затор містить приблизно 1 % молочної кислоти (це триває максимум 24 годин), потім необхідну частину додають прямо до заторної маси. Цей спосіб складний і його використовували тільки в Німеччині.

У Бельгії і Франції при застосуванні цього способу кислоту додають безпосередньо. При цьому використовують сірчану, соляну і молочну кислоти. Сірчана кислота надає пиву більш різкий смак, в той час як при використанні соляної або молочної кислот смак пива стає більш м'яким.

Дозу кислоти для зміни рН встановлюють титруванням методом (колориметричним або електрометричним) шляхом визначення кількості розчину кислоти, необхідної для зсуву рН до необхідної величини.

Добавка відносно невеликої кількості кислоти до затору або відварки не складає труднощів. Кислота швидко нейтралізується в результаті реакції з лужними компонентами виробничої води. Однак підкислення завжди є неприродним втручанням і його результат буде проблематичним, якщо в разі добавки кислоти утворюється занадто багато солей, які залишаються в суслі. [7]

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Котли, що входять до варильних агрегатів, служать для кип'ятіння заторів і для варіння сусла з хмелем. Зазвичай це циліндричні апарати з плоским, напівкруглим або увігнутим всередину дном, які можна обігрівати. Форма дна різна в залежності від способу обігріву та конструкції котла. Котли виготовляють зі сталі або з міді, іноді зі сталевим циліндром і мідним дном. Мідь є найкращим провідником тепла і краще формується. Котли покривають сферичними кришками, забезпеченими витяжною трубкою і дверцятами. Кришки всередині швидко піддаються корозії і тому їх теж часто виготовляють з міді.

Витяжна труба повинна бути добре розрахована, щоб забезпечити правильну тягу і випарювання; її діаметр повинен відповідати $1/30$ або $1/40$ площі поверхні. Внизу витяжна труба забезпечена жолобком для уловлювання конденсату, який відводиться за допомогою трубки для відходів (він не повинен стікати в затор або сусло). Тепло вторинних парів, що йдуть через витяжну трубу суслотварильних котлів, використовують в випарних конденсаторах. Однак треба мати на увазі, що через недосконалість конструкції конденсатора може знижуватися тяга в витяжній трубі.

Заторний котел так само, як заторний чан, забезпечений пропелерної мішалкою (25-35 об/хв), за допомогою якої затори перемішуються при нагріванні, іноді і при кип'ятінні, щоб не підгорали. У котлів, що обігриваються паром, мішалка приводиться в дію електромотором знизу через коробку передач. У суслотварильному котлі, в який надходить тільки прозоре сусло, мішалка не потрібна. Проте і в суслотварильному котлах часто монтують мішалку, щоб можна було перемішувати хміль, головним чином при перекачуванні сусла або для того, щоб при русі сусла підвищувався випаровування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сусловарильних котлів, які повинні вмещувати весь обсяг сусла до кип'ятіння (перше сусло і промивні води), приймають обсяг 7-9 гл на 100 кг засипу. Якщо виробляють більш слабкі сорти пива, то краще розраховувати обсяг котла на обсяг готового холодного сусла. Однак при цьому треба враховувати, що обсяг гарячого сусла в порівнянні з об'ємом холодного сусла майже на 4% більше і, крім того, в процесі кип'ятіння підлягає випаровуванню 12-15% від початкового об'єму набраного сусла. Необхідно також передбачити вільний простір над поверхнею сусла в котлі при інтенсивному кип'ятінні його приблизно 20% від обсягу котла. В результаті практично повний обсяг сусловарильного котла повинен на 40-50% перевищувати обсяг готового холодного сусла. Щоб сусло добре прокип'ятити, воно не повинно бути в котлі в занадто високому шарі. Зараз потрібно, щоб висота шару сусла була не більша радіуса котла і співвідношення висоти шару сусла до діаметру котла було 1:2.

Варильні котли повинні бути забезпечені термометром. Обсяг затору або сусла визначається за допомогою поплавкового рівнеміра. Зазвичай всередині котла в верхній частині циліндра ближче до дверцят закріплено також направляючий пристрій для вимірювальної штанги для контролю обсягу сусла, незалежно від поплавкового рівнеміра. Розміщення решти арматури і загальна будова котла наводяться на рис. 1.1.

Важливо, щоб в котлах досягалось інтенсивне кип'ятіння, яке зазвичай контролюється по виділенню пари. Воно залежить від способу обігріву, розміру поверхні, що обігрівається і конструкції котла. Котли, які використовуються в основному мають виділення пари 5-8 % на годину, високопродуктивні котли з додатковими обігрівальними елементами – 12-15% на годину. Кип'ятіння сусла з хмелем має бути вихровим, щоб в суслі добре коагулювали гарячі суспензії і сусло виходило блискуче. Це забезпечується лінзо-образною формою дна або всього котла та місцевим підігрівом (рис. 1.2).

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

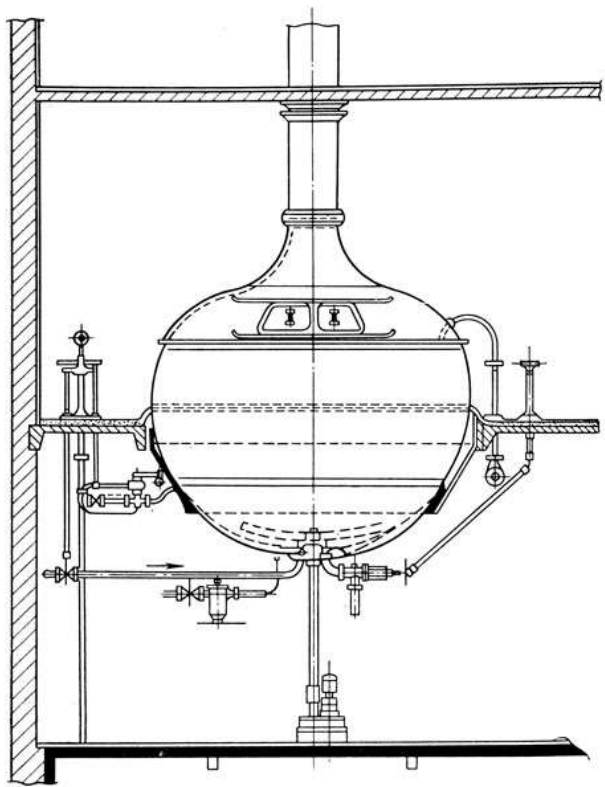


Рис. 1.1. Загальна будова котла.

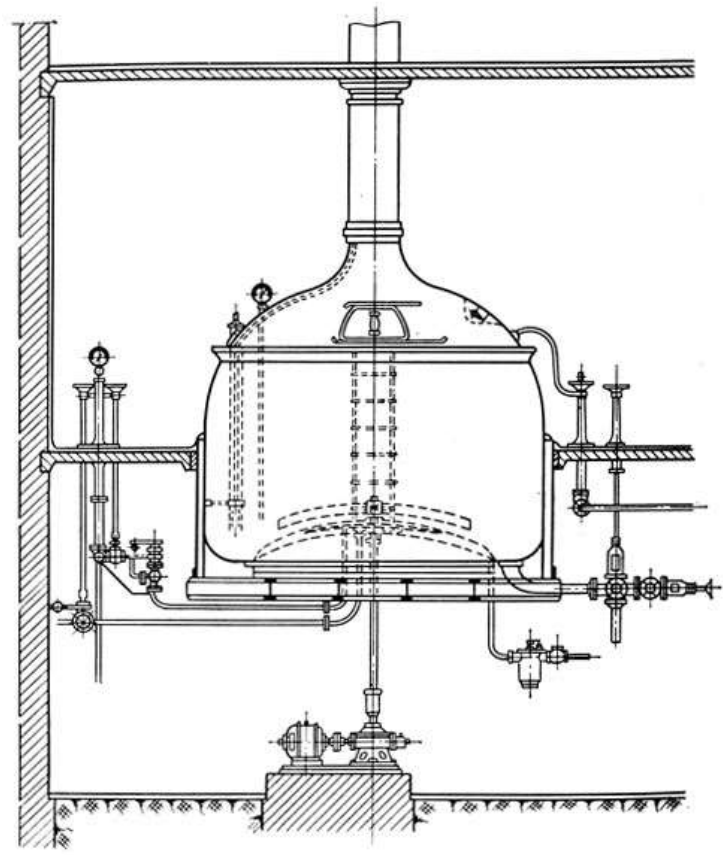


Рис. 1.2. Загальна будова котла.

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

Варильні котли можна обігрівати або безпосередньо вогнем (вугілля, масло, газ) або парою, іноді перегрітої водою. Раніше використовувалося виключно опалення прямим вогнем. Однак цей спосіб неекономічний, оскільки потрібно одночасно обігрівати топку і кладку котла. Іншим його недоліком є те, що після перекачування затору котел не можна швидко охолодити, обслуговування його потребує занадто багато роботи і дно швидко прогорає так, що підвищуються витрати на ремонт. При прямому спалюванні використовується тільки 40-50% калорійного еквівалента вугілля. Покращення не можна домогтися навіть шляхом використання тепла димових газів в підігрівачі або циркуляцією теплої води, не кажучи вже про те, що ці пристрої швидко піддаються корозії і їх потрібно часто чистити.

Опалення вугіллям, крім того, можна використовувати тільки для котлів невеликого обсягу (до 300 гл), оскільки площа обігріву можна збільшувати пропорційно обсягу котла. Використовуючи масло або газ, прямий нагрів спрощують, і їм легше управляти. Однак вартість, яка розраховується на калорійний еквівалент, перевищує у цих двох видів палива вартість вугілля, і тому їх використовують тільки там, де для цього існують сприятливі умови. З цих же причин не знайшов поширення обігрів електрикою, який має, крім того, такий же недолік, як і опалення прямим вогнем. Нагрівальна система акумулює тепло і дуже повільно охолоджується. Газові котли нової конструкції можна досягти КПД 78% при випаровуванні 11,7 гол/год.

Два різних способу обігріву варильних котлів рідким паливом і газом схематично зображено на рис. 1.3 та 1.4.

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

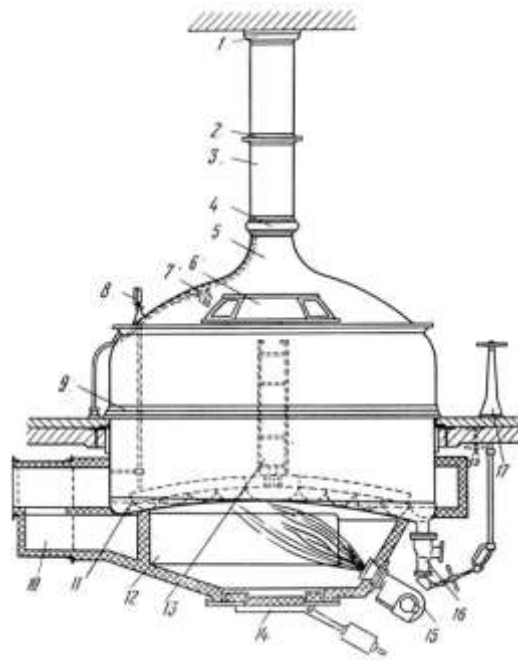


Рис. 1.3. Опалення суслварильного котла рідким паливом: 1-5 – витяжна труба і кришка котла; 6 – дверцята; 7 – оглядове скло; 8 – термометр; 9 – ізоляція; 10 – повітряні канали та відведення газів згоряння; 11 – мішалка; 12 – ударна пластина; 13 – сходи; 14 – запобіжний клапан; 15 – масляний пальник; 16 – вихідний отвір; 17 – регулювання випуску.

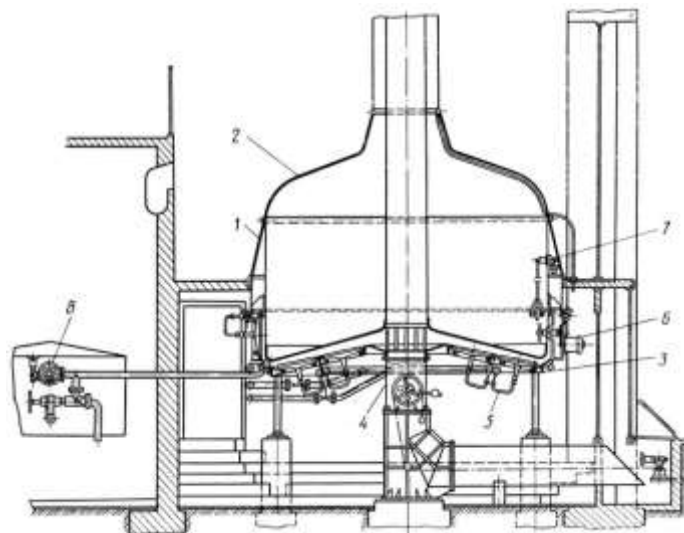


Рис. 1.4. Газовий варильний агрегат: 1 – ізоляція котла; 2 – котел; 3 – рама з інфрачервоним обігрівачем; 4 – запобіжний клапан; 5 – розподіл газу в інфрачервоних обігрівачів; 6 – газова арматура; 7 – відведення сусли; 8 – керований на відстані клапан.

Більш економічним, а також технічно більш вигідним є нагрів парою. Подачу пари легко регулювати, сусло можна легко довести до кипіння і, якщо припинити подачу пара, кипіння швидко припиняється. Конструкція парових котлів простіша, обслуговування легше і тепло використовується краще. У котлів сучасної конструкції з поверненням конденсату в паровий котел пар використовується на 90-95%. При розрахунку втрат, що виникають при виробництві пара, використання тепла парових котлів коливається від 65 до 67%. Підведення тепла варильних котлів з паровим обігрівом краще, ніж у котлів з нагріванням вогнем.

З технологічної точки зору краще обігрів прямим вогнем. У старих чотиригранних котлів прямо над топкою виникав місцевий перегрів, що викликає інтенсивний рух охмеленого сусла, кипить в котлі. Випаровування в цих котлах дуже велике і виходить з блиском. У топок новітніх конструкцій підведення тепла розподілений краще для того, щоб дно котла так швидко не прогорало. Дно котла для прямого вогню було спочатку прямим; новітні конструкції мають сферичне дно, помірно увігнуте всередину. Для кращого використання тепла у котлів з прямим підігрівом вогнем обігрівається також низ циліндричної частини котла.

За даними різних авторів, температура безпосередньо під дном котла коливалася в межах 700 °С (в деяких випадках близько 1000 °С), в циліндричній частині близько 400 °С. Виникло припущення, що високі температури є причиною часткової карамелізації цукрів, з чим пов'язаний більш повний смак і темніший колір сусла, звареного в цих котлах. Однак охмелене сусло переміщається над дном і тому його температура тільки на кілька градусів (1-3 °С) вище, ніж температура решти сусла. Високі температури в топці не можуть бути причиною карамелізації, а можуть викликати тільки більш інтенсивне кипіння сусла. Інакше діє прямий нагрів в заторному котлі.

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

У ньому дно і стінки циліндра порожнього або частково наповненого котла після відкачування затору перегріваються в результаті тепла, що виділяється з кладки топки. При повторному спуску затору перші частини його, що приходять в безпосереднє зіткнення з перегрітими місцями, можуть швидко випаруватися і піддатися іншим змінам, головним чином в кольорі і смаку. Ці зміни, хоча і несуттєві, є причиною того, що деякі пивоварні заводи ще дотримуються прямого опалення котлів. А взагалі від підігріву прямим вогнем відмовляються, і на великих заводах ним користуються в рідкісних випадках.

Техніка обігріву котлів паром постійно вдосконалюється і відшукуються способи, найкраще задовольняють технологічним вимогам. Спочатку при переході на підігрів паром в старих котлах встановлювалися мідні обігрівальні змійовики, в які впускали пар, а з них відводили конденсат. Використання тепла при застосуванні змійовиків хоча і дуже гарне, однак сусло нагрівалася повільно і навіть при кип'ятінні з хмелем не прогривається по всьому об'єму рівномірно, і повинно було перемішуватися мішалкою. До тих пір, поки вся нагрівальна система не виявлялася зануреною в сусло, загрожувала небезпека, що затор або сусло підгорять навіть при перемішуванні. Випробували також опалення обертається парової спіраллю з мідних трубок діаметром 60-90 мм, однак цей спосіб не виправдав себе. Варильні котли, обігриваються одним тільки паровим змійовиком не застосовуються; іноді змійовик служить тільки для додаткового підігріву сусла при кип'ятінні.

У трубки пар може підводитися під більш високим тиском, отже, і при більш високій температурі.

Дно казана, що обігривається парою, зазвичай сферичне або увігнуто всередину; воно здвоєне і складається з власне дна і зовнішнього кожуха. Обидві частини міцно з'єднані заклепками і забезпечені чавунним центром, через який проходить вал мішалки, а сферичне дно має також вихідний отвір. До паровій сорочці підводиться пар надлишковим тиском від 0,15 до 0,25 МПа, чому відповідає температура від 127 до 138 °С.

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

При впуску пари в парову сорочку повітря виводиться через відповідний продувний вентиль. Конденсат відходить в спеціальний уловлювач, парова сорочка повинна бути забезпечена запобіжним клапаном для випуску, якщо тиск піднімається вище допустимого максимуму.

Для підвищення ефективності парову сорочку і дно котла іноді виготовляють у вигляді лінзи; в цих випадках парова сорочка ділиться на дві частини: в нижню частину підводиться пар низьким надлишковим тиском 0,15-0,2 МПа, в увігнуту частину (лінза) пар тиском 0,4-0,5 МПа і температурою 164 °С. Різниця в температурі дна і лінзи разом з увігнутістю дна призводять до того, що кипляче сусло "перекочується", тим самим полегшується підведення тепла і запобігає перегріванню сусла.

Варильні котли, головним чином їх дно, повинні бути добре ізольовані, щоб запобігти втраті тепла. У котлах великої місткості шар сусла буває таким високим, що при підігріві тільки знизу воно не могло б досить перегрітися. Тому в центрі котла монтують різні додаткові пристрої (циліндри, спіралі), в які підводиться пар більш високого тиску (рис. 1.5).

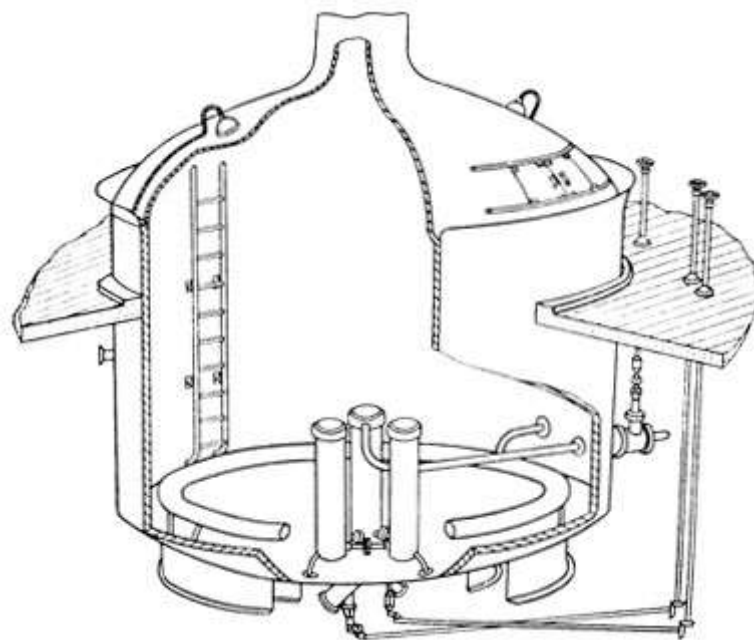


Рис. 1.5. Загальний вид котла.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Новим способом є опалення котлів перегрітою водою. На дно котла приварюють трубки, по яких циркулює перегріта вода. При надмірному тиску 0,4-0.7 МПа вода має температуру 130-160 °С і закачується прямо з парового котла в систему, обігрівуючу дно варильного котла. Помірно охолоджена вода потім знову повертається в паровий котел. При хорошій ізоляції дна і всієї системи коефіцієнт використання тепла досить високий і регулювання температури не представляє труднощів. Витрати дещо зростають через перекачування перегрітої води з котла в систему і назад. [8]

Для успішної фільтрації дуже важлива правильна конструкція чана і власне фільтраційного пристрою. Думки щодо конструкції чана і головним чином його фільтраційного дна змінювалися з часом. Однак в даний час ці думки встановилися настільки, що між конструкціями фільтраційних пристроїв на окремих підприємствах різниці практично не існує.

Фільтраційні чани (рис. 1.6) – це сталеві циліндри, сконструйовані так, щоб вони не деформувалися при великому діаметрі. Чан повинен бути встановлений горизонтально і мати рівне дно. Циліндрична частина чана має висоту від 1,5 до 2 м. Циліндрична частина чана повинна бути добре ізольована, а ізоляція захищена металевим кожухом, щоб уникнути пошкоджень. Хороша ізоляція чана потрібна для того, щоб вміст його при фільтрації не охолоджувався. Розмір чана залежить від маси засипу. На 1 м² поверхні, що фільтрує доводиться 150-200 кг засипу. Залежно від механічного складу дробленого солоду шар дробини має висоту від 30 до 45 см. При більш високому шарі фільтрація відбувається повільніше і дробина важче вилуговується. Занадто низький шар дробини, навпаки, легко проривається і фільтрація буває недосконалою.

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

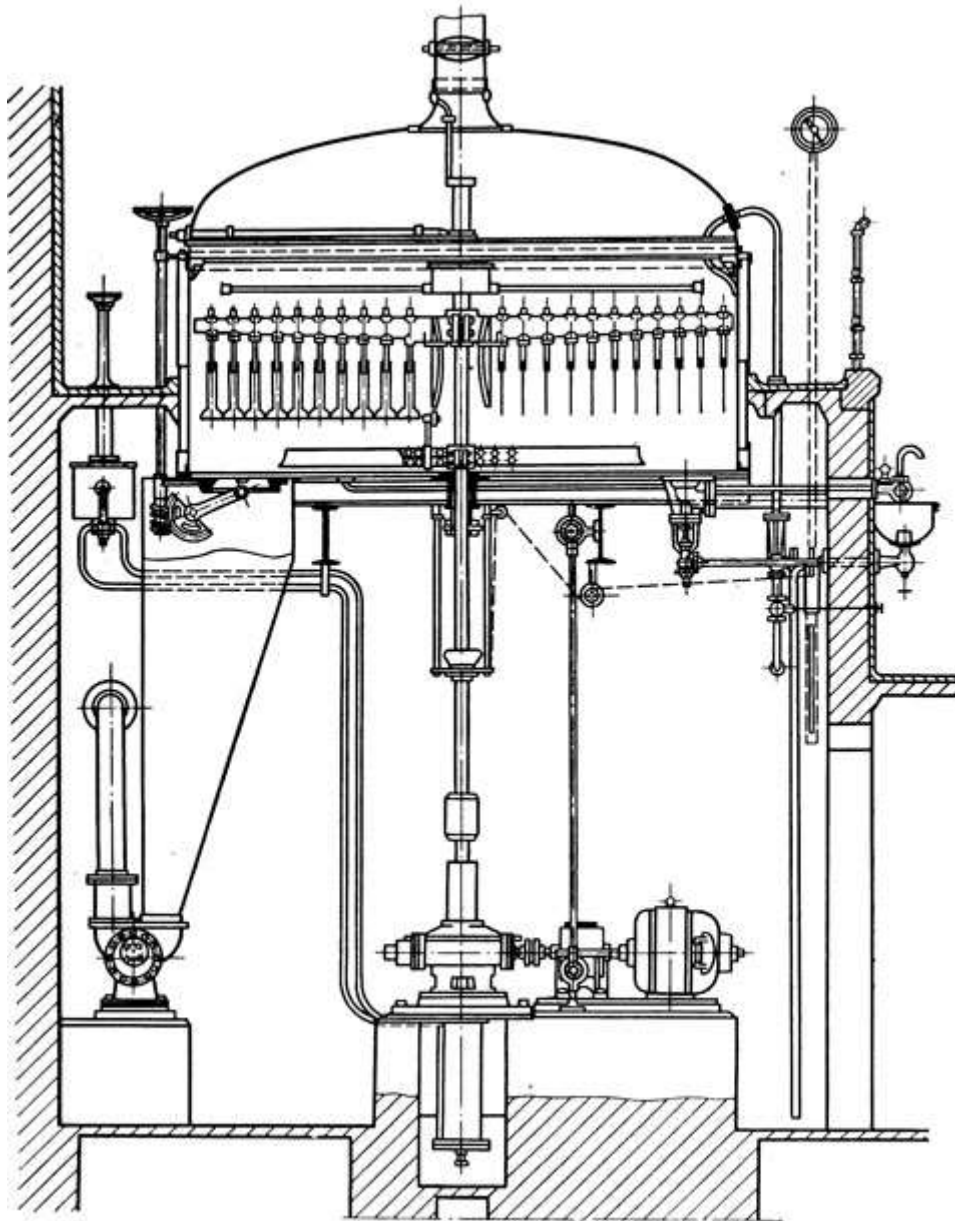


Рис. 1.2. Загальна будова фільтраційного чану.

Дно чана має кілька отворів, які виведені в відповідні трубки. Зазвичай на 1,5 м² поверхні, що фільтрує доводиться одна відповідна трубка. Отвори повинні бути розташовані так, щоб на кожен отвір припадала приблизно однакова зона фільтрації. У дні чана є також отвір для вивантаження дробини.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Найважливішою частиною фільтраційного чана є фільтраційне сито і система фільтрації. Фільтраційне сито займає всю поверхню дна чана. В даний час фільтраційне сито виготовляють з фосфористої бронзи товщиною від 3,5 до 4,8 мм. Воно складається з окремих сегментів, з яких кожен має площу приблизно 0,75 м². Ці сегменти по периметру чана спираються на тонкий борт, а посередині – на поверхню, через яку проходить вал розпушувача. До дна вони кріпляться гвинтами з плоскими шайбами. Залежно від діаметра отворів для відповідних трубок сегменти забезпечені ніжками різної висоти, які визначають висоту зазору між фільтраційним ситом і дном чана і одночасно перешкоджають прогинанню сегментів.

Фільтраційне сито раніше виготовляли також зі сталі і живий перетин створювали круглі отвори діаметром від 0,8 до 1 мм, що розширюються донизу у вигляді конуса. Однак ці отвори легко засмічувалися, насилу очищалися і живий перетин такого сита було невеликим (близько 2%). Сучасні бронзові сита мають вузькі щілиноподібні отвори від 0,6 до 0,7 мм шириною і від 30 до 40 мм довжиною. Оскільки сито зношується, щілини повинні мати глибину хоча б 1 мм і тільки потім розширюватися на 3-4 мм. На 1 м² поверхні припадає близько 2500 отворів і живий перетин має становити 6-8% від загальної поверхні сита.

Для розпушування і вивантаження дробини в фільтраційному чані є розпушувальний механізм, що складається з двох масивних плечей з вмонтованими в них ножами. Плечі укріплені на вертикальному валу, який проходить через дно і внизу закінчується поршнем, що рухається в гідравлічному циліндрі, куди нагнітається масло. Завдяки цьому плечі з ножами піднімаються над поверхнею дробини. При повільному випуску масла в масляний збірник розпушувальний механізм опускається і своїм рухом розрізає шар дробини. При розпушуванні ножі встановлюються в напрямку руху механізму, а при вивантаженні дробини вони повертаються важільним механізмом поперек руху.

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

Розташування ножів над фільтраційним ситом можна визначати за вказівником висоти, який повинен розміщуватися так, щоб обслуговуючий персонал міг легко контролювати роботу механізму. Розпушувальний механізм приводиться в обертання електродвигуном знизу і має дві швидкості; для розпушування від 1/3 до 1/2 об./хв. і для вивантаження дробини від 10 до 15 об./хв.

Для вилучення дробини служить промивний апарат, розміщений над розпушувальним механізмом. Це по суті справи колесо, що складається з циліндричної посудини яка розміщена посеред чана над валом; в посудині закріплені дві латунні трубки, закриті на кінцях. Ці трубки по всій довжині проти напрямку обертання забезпечені отворами. Промивний апарат закріплений під посудину на кульковому підшипнику. Він приводиться в обертання впусканням води в посудину. Обертання має бути повільним, щоб вода не розбризкується і рівномірно зрошувала всю поверхню дробини (близько 5 об./хв.). Іноді промивний апарат розміщують прямо на розпушувальному механізмі. Але в цьому випадку він може зрошувати лише тоді, коли механізм знаходиться в дії.

Отвір для вивантаження дробини розташований в дні чана і має відкидний затвор з гумовою прокладкою. Відкривається воно вручну з верхнього майданчика. Під отвором знаходиться бляшана воронка, через яку дробина відводиться в приймач або в шнек. Воронка і транспортні пристрої повинні бути гладкі, щоб легко піддавалися чищенню. [9]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						29
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 води	500 л	Управління	Стан	Вплив на стан роботи насоса М3	
		Облік солоду	100 кг	Управління	Стан	Вплив на клапан подачі солоду	
2	Заторний чан	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на насоси М1 і М3 та клапан подачі солоду	
		Температура	55-78 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі гарячої води	
		рН	5,5 од. рН	Контроль	Відображення, реєстрація	АРМ оператора	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М4	
3	Фільтр-чан	Рівень	80 %	Управління	Стан	Вплив на насоси М1-М2 та клапан подачі гарячої води	
		Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М5	

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимірювання температури в заторному чані

Температура затору в заторному чані визначається датчиком температури KOBOLD MWD. Зовнішній вигляд датчиків температури KOBOLD MWD наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд датчиків температури KOBOLD MWD.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Голік В.І.			Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					31	26
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Датчики температури KOBOLD складаються з міцного монтажного фітинга з нержавіючої сталі з різьбленням, фланцевим з'єднанням, з'єднувальною головкою та вимірювальним елементом.

Датчик температури Pt100 відповідно до ІЕС 751, клас А, В, 1/3 DIN або 1/10 встановлюється в вимірювальний елемент. За бажанням, вимірювальний елемент може бути знімним, таким чином, що дозволяє видалити вимірювальний елемент без переривання процесу, так як індивідуальна гільза залишається в установці і не перериває процес.

Альтернативно, ці датчики можуть бути розроблені як одно- або двомісні термометри опору, за винятком 4-провідної версії, яка може бути побудована тільки з одним Pt100 через відсутність простору.

Як варіант, термометри опору можуть поставлятися з головним передавачем. Передавач зі стандартним сигналом 4-20 мА, з протоколом HART® або з Profibus®/Fieldbus®.

Термометри опору з головним передавачем використовуються всякий раз, коли вимірювальний сигнал повинен транспортуватися на великі відстані без будь-яких порушень.

Головний передавач, інкапсульований у смоли епоксидних смол, розташований безпосередньо в з'єднувальній головці і забезпечує температурно-лінійний вихідний сигнал 4-20 мА.

Головний передавач доступний зі стандартизованими системами зв'язку, як протокол HART® або Profibus® / Fieldbus®. [10]

					<i>Дипломний проект</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця вибору моделі датчика температури KOBOLD MWD представлена на рис. 2.2.

Model	Protection tube diameter (D)	Process connection	Sensor type / category	RTD wiring	Terminal head	Head transmitter	Options
MWD-L	3 = tube Ø3 4 = tube Ø4 5 = tube Ø5 6 = tube Ø6 8 = tube Ø8 9 = tube Ø9 A = tube Ø10 C = tube Ø12 X = special options	G08 = G ¼-M G15 = G ½-M G20 = G ¾-M G25 = G1-M N08 = ¼" NPT-M N15 = ½" NPT-M N20 = ¾" NPT-M N25 = 1" NPT-M XXX = special options	A = 1 x Pt100 class B (-70...+250°C) B = 2 x Pt100 class B (-70...+250°C) C = 1 x Pt100 class A (-70...+250°C) D = 2 x Pt100 class A (-70...+250°C) E = 1 x Pt100 class B (-70...+400°C) F = 2 x Pt100 class B (-70...+400°C) G = 1 x Pt100 class A (-70...+400°C) H = 2 x Pt100 class A (-70...+400°C) I = 1 x Pt100 class B (-70...+600°C) J = 2 x Pt100 class B (-70...+600°C) K = 1 x Pt100 class A (-70...+600°C) L = 2 x Pt100 class A (-70...+600°C) M = 1 x Pt100 class ½ DIN (-70...+250°C) N = 1 x Pt100 class ¼ DIN (-70...+250°C) O = 1 x Pt100 class ⅓ DIN (-70...+400°C) P = 1 x Pt100 class ¼ DIN (-70...+400°C) Q = 1 x Pt100 class cryogenic (-198...+100°C) X = special options	2 = 2-wire 3 = 3-wire 4 = 4-wire	G = screw-cap with chain, aluminium I = screw-cap with chain, stainless steel 1.4401 P = screw-cap with chain, PP M = mini head screw-cap with chain, aluminium K = head screw-cap, stainless steel 1.4401 B = DIN B screwed cover, aluminium Z = BUZ hinged cover, aluminium H = BUZ-H high model with hinged cover, aluminium E = aluminium head with LCD display and HART® transmitter included D = with LCD display, stainless steel 1.4301 R = as D + 2 relay X = special options	0 = without, only with ceramic terminal A = 5333D transmitter 4-20 mA 2-wire B = 5337D transmitter 4-20 mA with HART® protocol 2-wire C = 5350A transmitter Profibus®/Fieldbus® D = prepared for subsequent mounting of transmitter	0 = without Y = acc. to specifications

Рис. 2.2. Таблиця вибору моделі датчика температури KOBOLD MWD.

Габаритні розміри датчика температури KOBOLD MWD представлені на рис. 2.3-2.4.

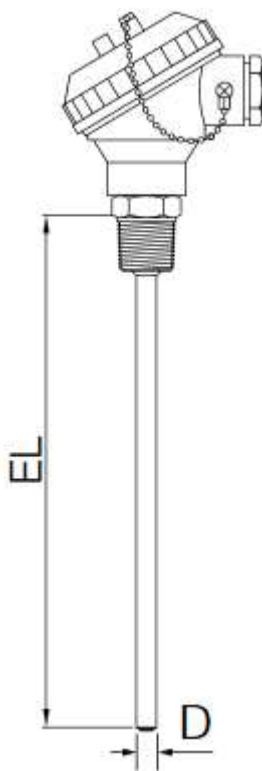


Рис. 2.3. Габаритні розміри датчика температури KOBOLD MWD.

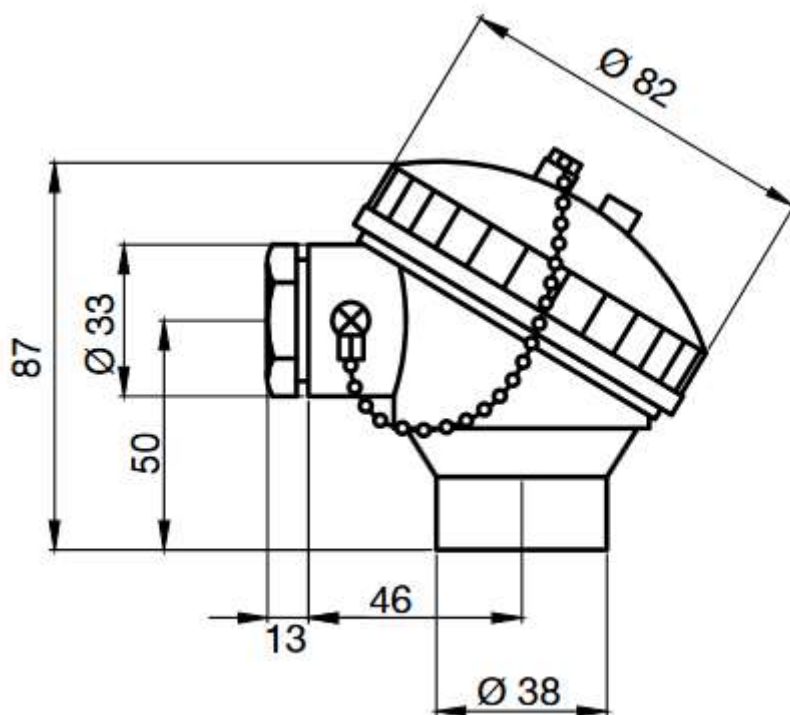


Рис. 2.4. Габаритні розміри головки датчика температури KOBOLD MWD.

					Дипломний проект	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Електропневматичні перетворювачі

Для управління пневматичними клапанами в процесі приготування затору задіяні електропневматичні перетворювачі (ЕПП) ASCO NUMATICS Sentronic LP Зовнішній вигляд ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP [11] наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

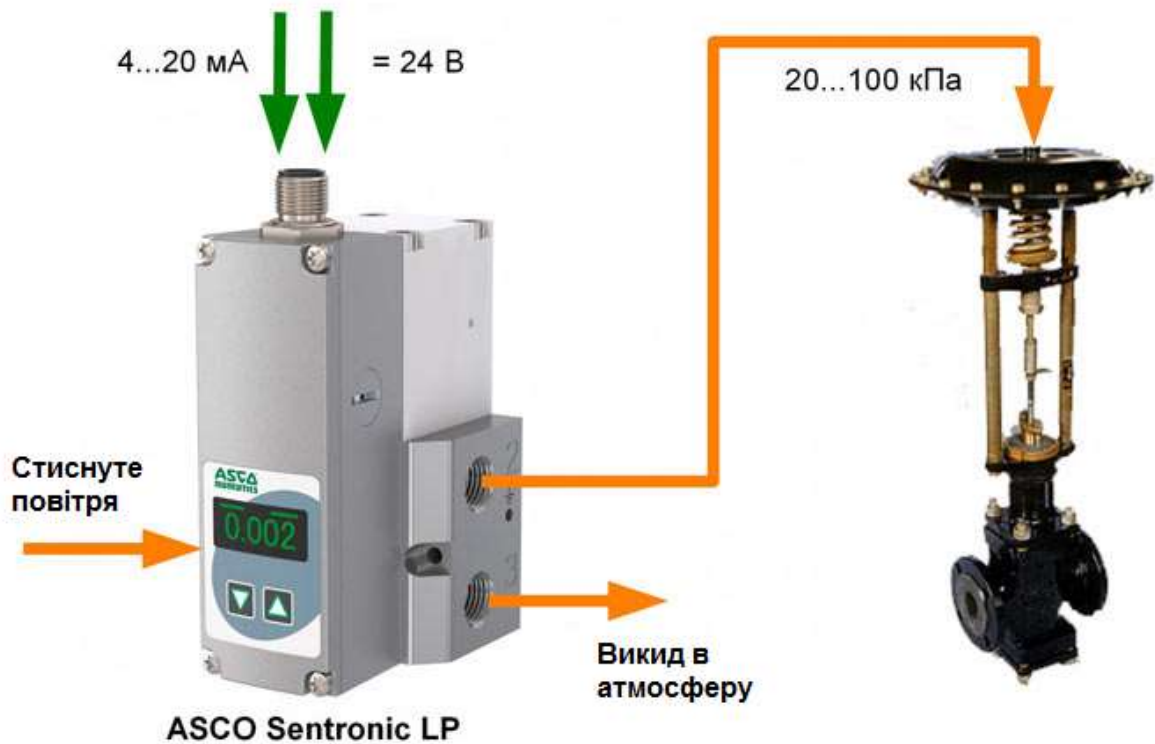


Рис. 2.6. Схема з'єднання ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP і регулюючого клапана.

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 Nl/min
Setpoint	0 - 10 V (Impedance 100 k Ω) 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

\varnothing port	\varnothing orifice DN (mm)	flow	
		K_v -coefficient (Nm ³ /h)	at 6 bar (Nl/min)
G 1/4	4	0,43	470

Рис. 2.7. Технічні характеристики ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP.

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

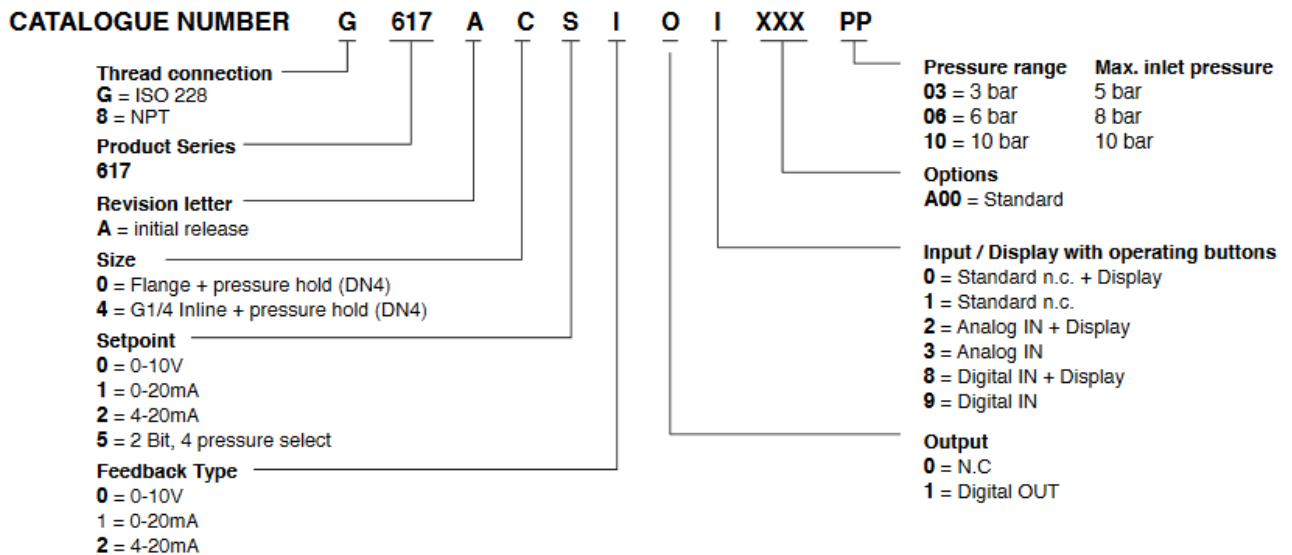
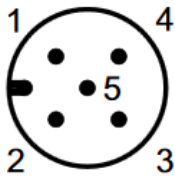


Рис. 2.8. Специфікація ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP.

CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING



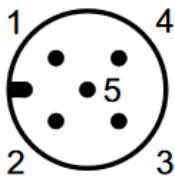
View from soldering side

pin	description	5-wire cable (2m)	6-wire cable (5m, 10m)
1	24V voltage supply	brown	brown
2	Analog setpoint input	white	white
3	Supply ground	blue	green
	Analog ground *		yellow
4	Analog output (feedback) 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. 2.9. Схема електричних контактів ЕПП ASCO NUMATICS Sentronic LP.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

37

Пневматичні клапани

Для управління подачею води в процесі приготування затору задіяно пневматичні клапани виробника Valsteam ADCA – ADCATrol PV25G. Зовнішній вид пневматичного клапана ADCATrol PV25G наведено на рис. 2.10.



Рис. 2.10. Зовнішній вид пневматичного клапана ADCATrol PV25G.

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

Регулюючі клапани PV25G є двоходові односідельними клапанами з прямими з'єднаннями. Клапани можуть поставлятися з пневматичними приводами мембранного типу серії PA прямої дії DA (подача повітря закриває клапан) або зворотної дії RA (подача повітря відкриває клапан). Регулюючі клапани PV25G були розроблені для забезпечення точного управління в будь-яких умовах процесу. Широкі діапазони застосування регулюючих клапанів дозволяють використовувати їх з найбільш поширеними технологічними рідинами, такими як вода, перегріта вода, насичений і перегрітий пар, повітря, газ і іншими неагресивними рідинами.

Верхній фланець клапана міцно прикріплений до корпусу. Заміна приводу може проводитися без вилучення клапана з лінії трубопроводу. Клапани випускаються з м'якими сідлами або сідлами метал-по-металу. Додатково клапани можуть випускатися з перфорованим плунжером (з низьким рівнем шуму). В якості опції доступні датчик положення, пневматичні і електропневматичні позиціонери. Клапани випускаються з плунжерами, які забезпечують рівнопропорційна або лінійну характеристику. Корпус клапанів випускається з чавуну, кришка – з вуглецевої сталі, внутрішні деталі – з нержавіючої сталі. Максимально допустима робоча температура – +220 ° С. Максимальний робочий тиск – 40 бар. Приєднання – фланцеві по EN 1092-1 PN40.

Функціональні можливості пневматичного клапана ADCATrol PV25G:

- збалансоване сідло (DN15-DN100);
- показчик положення 4-20 мА;
- пневматичний позиціонер;
- електропневматичний позиціонер;
- фільтр-регулятор;
- ручний дублер;
- виконання з нержавіючої сталі.

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

Робоче середовище:

- насичений або перегрітий пар;
- гаряча або перегріта вода;
- інші неагресивні середовища.

Типорозміри: DN15 - DN100.

Приєднання: фланцеве EN 1092-2 PN40.

Пневмоприводи: PA-205; PA-280; PA-340; PA-435.

Підведення повітря: 1/4 " NPT-F.

Керуючий сигнал: 0,2 - 1 бар; 0,4 - 1,2бар; 0,4 - 2бар.

Технічні характеристики:

- тиск умовний: PN40;
- мінімальна. робоча температура: -5°C.

Максимальний тиск повітря: 3,5 бар

Температура навколишнього середовища: -20°C ... + 70°C

Робоча температура: стандарт від -5°C до + 220°C (стандарт)

Ущільнення по штоку:

- PTFE / GR V-кільця - 220 ° C (стандартна кришка);
- графіт – 400 ° C (стандарт для DN125-200).

Регулююча характеристика:

- EQP – рівнопропорційна;
- PL – лінійна;
- PT – запірний клапан.

Тип плунжера:

- профільний;
- V-порт;
- перфорований (малозумний антикавітаційний). [12]

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

Вимірювання кількості води

Для вимірювання кількості води, що надходить для приготування затору задіяно лічильник KOBOLD DPE. Зовнішній вид лічильника KOBOLD DPE наведено на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Зовнішній вид лічильника KOBOLD DPE.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Лічильник KOBOLD DPE використовуються для вимірювання та контролю витрати рідини. Виріб працює по добре відомому принципу лопатевого колеса. 6-лопатеве колесо аксіально (по осі) кріпиться в високоякісному сапфіровому підшипнику. Прилад поставляється в готовому для установки вигляді з трубопровідною арматурою або приварними патрубками (фланцями).

Лопатеве колесо приводиться в рух поточним середовищем. По краях лопатей герметично вбудовані магніти. Магніти виробляють і посиляють електричні імпульси в датчик Холла, встановлений поза зони потоку середовища. [13]

Специфікація для вибору лічильника KOBOLD DPE наведено на рис. 2.12.

Order Details (Example: DPE-1105 G4 F300)

Measuring range max. 3 m/s		Flow rate max. 10 m/s approx. [l/min water]	Model		Connection		Evaluating electronics			
[l/min water]	approx. Frequenz [Hz] at FS		Material brass	Material st. steel	Standard female	Special female	Frequency output ..F300 = frequency output, plug connector M12 x 1 ..F320 = frequency divider 1: 2, plug connector M12 x 1 ..F340 = frequency divider 1: 4, plug connector M12 x 1 ..F390 = frequency divider 1... 1/125, plug connector M12x 1			
5-30	80	100	DPE-1105..	DPE-1205..	..G4..=G½	..N4..=¼NPT	Analogue output ..L303 = 0-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L342 = 4-20 mA output, 2-wire, M12 x 1 plug connector ..L343 = 4-20 mA output, 3-wire, M12 x 1 plug connector ..L442 = 4-20 mA output, 2-wire, plug connector DIN 43 650			
10-50	80	180	DPE-1110..	DPE-1210..	..G5..=G¾	..N5..=½NPT	Compact electronic ..C30R = LED display, 2 x open collector, PNP, plug connector M12 x 1 ..C30M = LED display, 2 x open collector, NPN, plug connector M12 x 1 ..C34P = LED display, 4-20 mA, 1 x open collector PNP, plug connector M12 x 1 ..C34N = LED display, 4-20 mA, 1 x open collector NPN, plug connector M12 x 1			
20-80	65	230	DPE-1115..	DPE-1215..	..G6..=G1	..N6..=1NPT	Pointer indication, 240° ..Z300 = 240°-pointer indication, 0-20 mA, plug connector M12x1 ..Z340 = 240°-pointer indication, 4-20 mA, plug connector M12x1			
25-250	140	600	DPE-1120..	DPE-1220..	..G8..=G1 ½	..N8..=1 ½NPT	Counter electronics ..E34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays			
30-350	135	1000	DPE-1125..	DPE-1225..	..G9..=G2	..N9..=2NPT	Dosing electronics ..G34R = LCD, 0(4)-20 mA, 2 x relays			
50-750	110	1600	DPE-1130..	DPE-1230..	..GB..=G3	..NB..=3NPT	ADI electronics			
With installation adapter not available with compact / ADI electronics							Display	Supply	Output	Contacts
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		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
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					

Рис. 2.12. Специфікація вибору лічильника KOBOLD DPE.

Габаритні розміри лічильника KOBOLD DPE наведено на рис. 2.13.

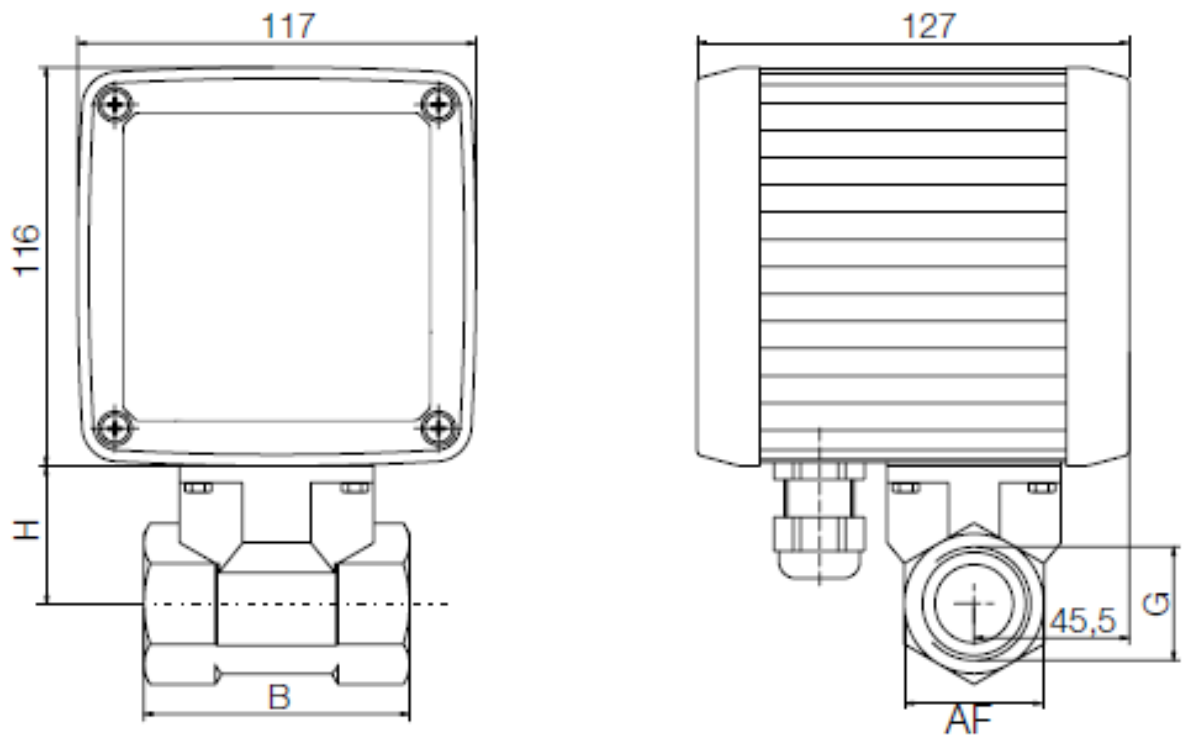


Рис. 2.13. Габаритні розміри лічильника KOBOLD DPE.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

43

Вимірювання кількості дробленого солоду

Для вимірювання кількості дробленого солоду, що надходить для приготування затору задіяно лічильник SolidFlow. Зовнішній вид лічильника SolidFlow наведено на рис. 2.14.



Рис. 2.14. Зовнішній вид лічильника SolidFlow.

SolidFlow – це прилад, спеціально розроблений для вимірювання витрати сипучих речовин, що транспортуються по металевих трубопроводах.

Він успішно був випробуваний при вимірах:

- різних видів пилю, порошоків і гранулятів з розміром частинок від 1 нм до 1 см;
- матеріалів, що пневматично транспортуються;
- при вільному падінні матеріалів після механічних конвеєрних систем.

SolidFlow має зносостійкий дизайн і дуже простий в інсталяції та налаштування.

Прилад використовує у своїй роботі останні досягнення мікрохвильових технологій. Він використовується тільки в металевих трубопроводах. Вимірювальне поле утворюється при спеціальній взаємодії мікрохвиль з стінками трубопроводу (рис. 2.15). Електромагнітна енергія розсіюється частками матеріалу і приймається сенсором. Потім цей сигнал обробляється по частоті і амплітуді.

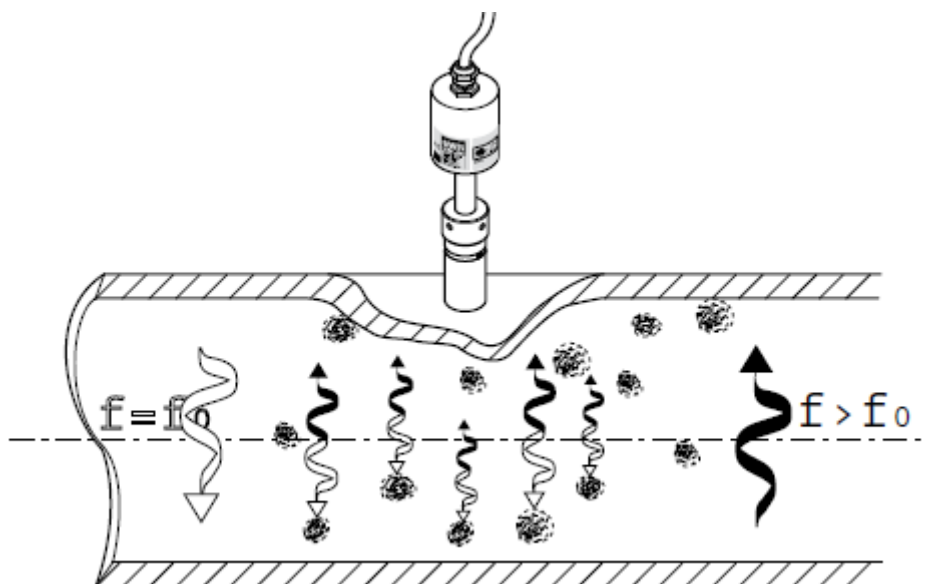


Рис. 2.15. Принцип дії лічильника SolidFlow.

Сенсор працює в режимі лічильника, який підраховує кількість рухомих частинок в одиницю часу. Завдяки частотній селекції сигналу, вимірюються тільки рухомі частинки, а сигнал від нерухомих часточок пригнічується.

Калібрування приладу виробляється на місці інсталяції простим натисканням кнопки і введенням відомої калібрувальної дози.

Повна вимірювальна система складається з наступних компонентів (рис. 2.16):

- муфта з заглушкою для монтажу сенсора;
- FMS-сенсор з 2-метровим з'єднувальним кабелем;
- модуль обробки FME з лічильником;
- монтажна коробка C-бокс для з'єднання сенсора з модулем обробки.

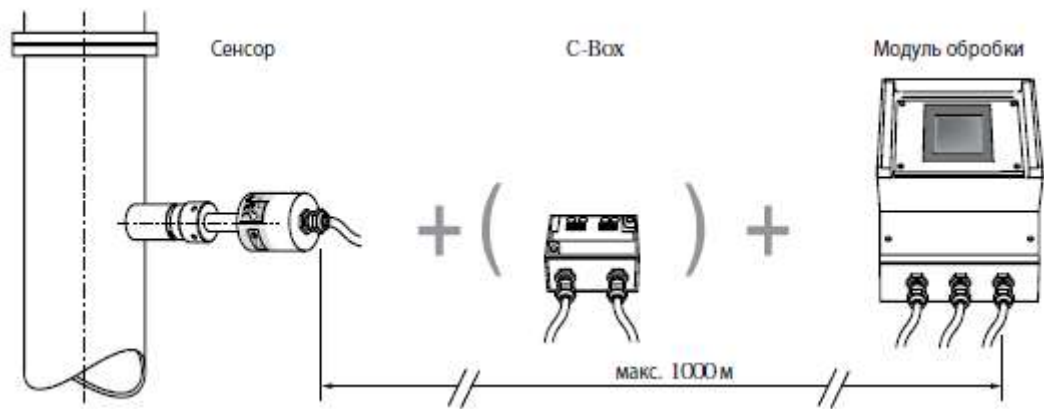


Рис. 2.16. Комплект лічильника SolidFlow.

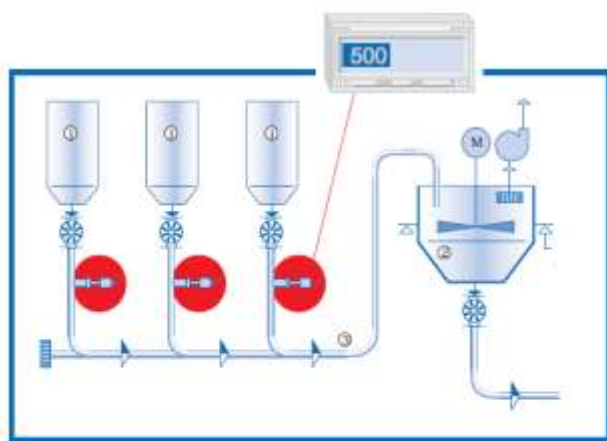
Використання коробки С-box необов'язково, користувачем можуть бути застосовані інші подібні модулі. Однак С-box гарантує захист сенсора від неправильного електричного підключення.

Приклади застосування лічильника SolidFlow:

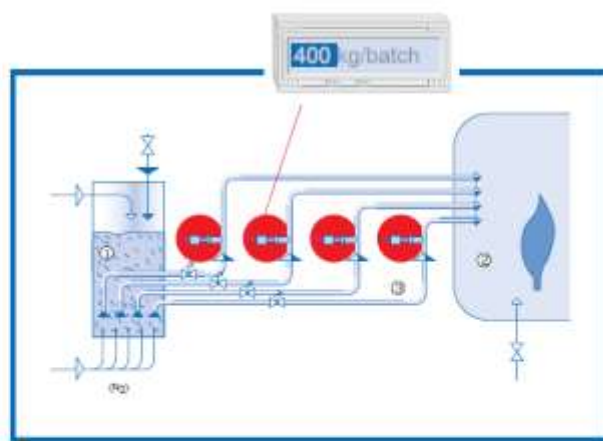
- **Система пропорційного дозування (рис. 2.17 а).** Інгредієнти насипаються у ваговий бункер шарами подібно сендвіч. Існують проблеми з дозуванням малих кількостей додаткових інгредієнтів. Для малих доз ваги виявляються занадто грубими, тому важко домогтися відтворюваності дозуючої кількості. **Перевага:** Використання SolidFlow дозволяє домогтися більш точного балансу і кращої відтворюваності в суміші інгредієнтів.
- **Системи подачі вторинного палива (рис. 2.17 б).** У бойлерах різні типи пилу подаються в камеру згоряння як вторинне паливо. Поки немає інформації про розподіл палива по різних трубопроводах, неможливо домогтися його оптимального згоряння. **Перевага:** Проводиться моніторинг кожного трубопроводу за допомогою SolidFlow і регулюється кількість палива, що подається. Таким чином, гарантується точний розподіл палива по трубопроводах, що є найважливішою умовою оптимального згоряння.

- **Облік (рис. 2.17 в).** Кількість матеріалу, що подається з силосу в сепаратор, сильно коливається. **Перевага:** З використанням SolidFlow масовий потік матеріалу може бути визначений і задокументований. Якщо необхідно, можна передбачити відповідні регулювання потоку. Також вимірюючи потік великих частинок, що надходять з сепаратора на млин, можна зробити висновок про якість помелу.
- **Вимірювання при вільному падінні (рис. 2.17 г).** Переміщення по конвеєру кількості цементу вимірюється стрічковими вагами. Виміряна таким чином величина використовується як опорне значення для дозування сульфату заліза. Пропорція повинна витримуватися в межах 0,2 ... 0,3%. **Перевага:** З використанням SolidFlow дійсне значення сульфату заліза вимірюється і регулюється шляхом зміни швидкості шнекового живильника. В результаті досягається сталість якості продукту.
- **Дозування полістиролу (рис. 2.17 д).** Маленькі кульки полістиролу додаються як додатковий будівельний матеріал в міксер. Кількість визначається за відомим об'ємом дозуючого кошика. **Перевага:** З використанням SolidFlow можливо пряме вимірювання кількості полістиролу. Складне, стрибкоподібне об'ємне регулювання більше не потрібно. При досягненні встановленого кількості подача припиняється. В результаті досягається істотна економія і поліпшення якості продукту.
- **Змішування грануляту (рис. 2.17 е).** Існуючі вагові системи пропорційного змішування занадто неточні і допускають використання тільки в дискретному режимі. **Перевага:** З використанням SolidFlow моніторинг дозованих кількостей стає легко доступним і процес пропорційного змішування може бути переведений в безперервний режим. [14]

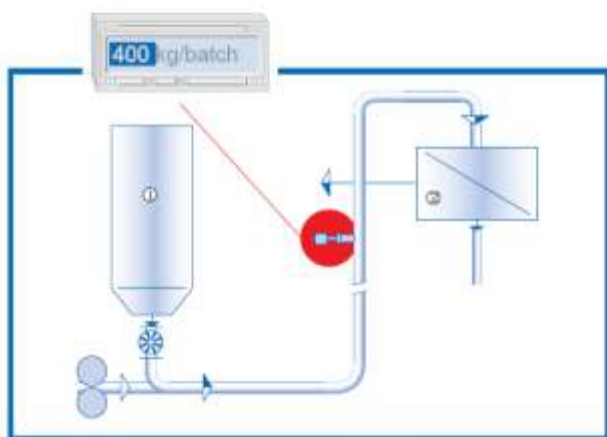
					Кваліфікаційна робота	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



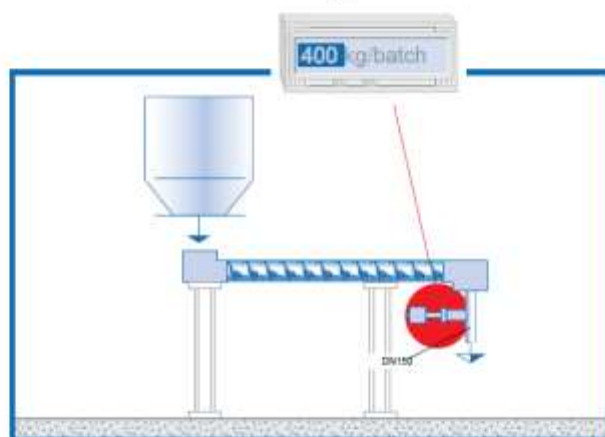
а



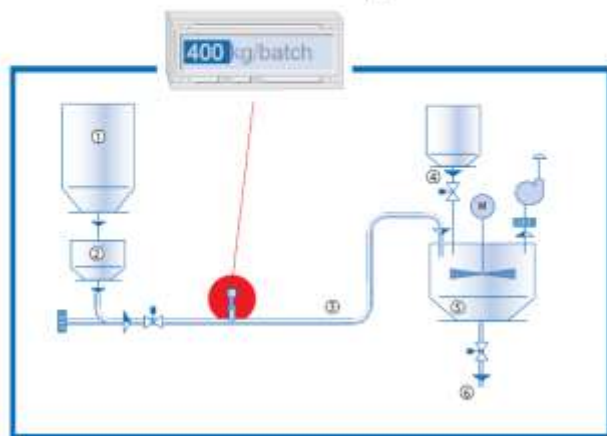
б



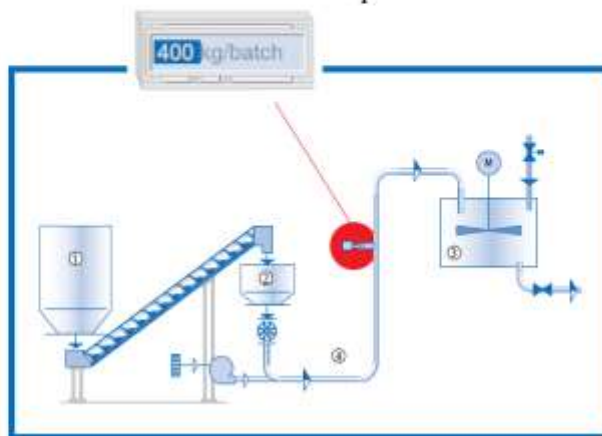
в



г



д



е

Рис. 2.17. Приклади використання лічильника SolidFlow.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вимірювання рН затору

Для вимірювання рН затору під час приготування затору задіяно аналізатор HORIBA HP-480. Зовнішній вид аналізатора HORIBA HP-480 наведено на рис. 2.18.



Рис. 2.18. Зовнішній вид аналізатора HORIBA HP-480.

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

Аналізатор HORIBA HP-480 охоплює широкий спектр застосувань, таких як моніторинг промислових стоків, моніторинг виробничих процесів у різних галузях промисловості та перевірка якості.

Особливості аналізатора HORIBA HP-480:

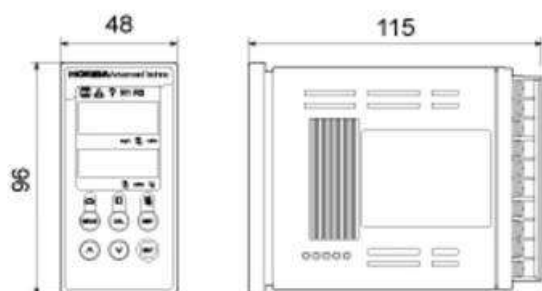
- ***легка корекція рН:*** після занурення полюсів рН у стандартну рідину просто дотримуйтесь наведених інструкцій та натисніть клавішу ENT; процес автоматичної корекції простий і зручний;
- ***функція автоматичної діагностики неполадок у властивостях електрода:*** якщо в корекції є потенціал асиметрії, чутливості або швидкості реакції, HP-480 автоматично визначає, чи є несправності в рН-електродах, і відображає повідомлення про помилку;
- ***сумісний з п'ятьма типами елемента компенсації температури:*** підтримується п'ять типів елемента компенсації температури: 500 Ом, 6,8 кОм, 1 кОм, 10 кОм і 350 Ом.
- ***склади електродів без рН свинцю:*** використовує свинцеве скло; крім того, майже всі секції рН-електродів, включаючи дроти та паяні з'єднання, не містять свинцю.
- ***використовується припої без свинцю:*** щоб зменшити навантаження на навколишнє середовище, для монтажу компонентів на друкованій платі використовували припої без свинцю. [15]

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

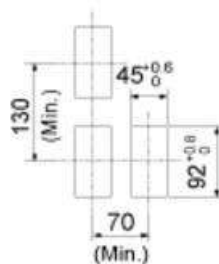
Габаритні розміри аналізатора HORIBA HP-480 та вимірювального електрода 6108G-50B наведено на рис. 2.19.

HP-480(W)

■ Converter



Panel cut size



Unit: mm

■ Electrode

6108-50B

6108G-50B

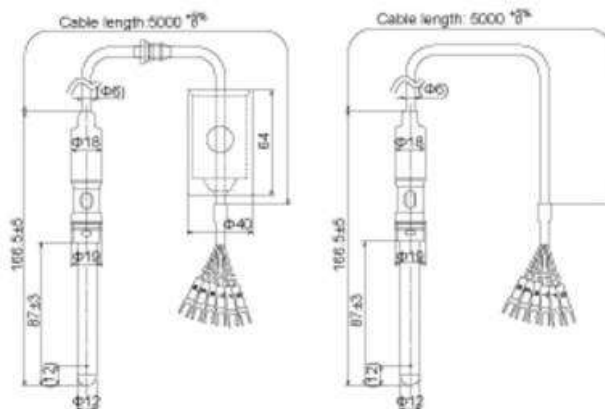


Рис. 2.19. Габаритні розміри аналізатора HORIBA HP-480 та вимірювального електрода 6108G-50B.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Схема автоматизації

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

- регулювання температури затору в заторному чані;
- управління кількістю води та дробленого солоду в заторному чані;
- управління клапанами та насосами в залежності від рівня затору в чанах та управління змішувачами;
- контроль: рівня та рН затору в заторному чані.

Температура затору в заторному чані вимірюється датчиком температури KOBOLD MWD (поз. 1а) та регулюється пневматичним клапаном Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз. 1в) подачі гарячої води, який приводиться в дію електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 1б), що отримує уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Визначення кількості води, що надходить в заторний чан, здійснюється лічильником KOBOLD DPE (поз. 5а). В залежності від кількості води, що поступила в заторний чан, ПЛК управляє магнітним пускачем Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. КМ3), що включає чи виключає насос Grubdfos TP-150-110/6 (поз. М3).

Визначення кількості подачі дробленого солоду, що надходить в заторний чан, здійснюється сенсором (поз. 4а) та модулем обробки (поз. 4б) SolidFlow та управляється пневматичною заслінкою Samson 3335 (поз. 4г) подачі дробленого солоду, яка приводиться в дію електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 4в), що отримує сигнал від ПЛК.

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

Вимірювання та контроль рН затору в заторному чані здійснюється електродами 6108G-50В (поз. 6а), та перетворювачем HORIBA HP-480 (поз. 6б) що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК.

Контроль рівня в заторному чані здійснюється ємнісним рівнеміром KOBOLD NMC (поз. 2а), що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК.

Вимірювання рівня в фільтр-чані здійснюється ємнісним рівнеміром KOBOLD NMC (поз. 3а), що відправляє уніфікований електричний сигнал 4-20 мА до ПЛК. В залежності від рівня здійснюється управління насосами (поз. М1 та М2) від магнітних пускачів Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. КМ1 та КМ2), що отримують дискретний сигнал від ПЛК. Також здійснюється управління пневматичним клапаном Valsteam ADCA ADCATrol PV25G (поз. 3в) подачі води, який приводиться в дію електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 3б), що отримує уніфікований електричний сигнал 4-20 мА від ПЛК.

Управління змішувачами (поз. М4 та М5) здійснюється від магнітних пускачів Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. КМ4 та КМ5), що отримують дискретний сигнал від ПЛК.

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації.

№ п/п	№ поз. за схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань -70...+250 °С	MWD-L C G25 A 2 G B 0	1	КОВІЛД, Німеччина
2	1б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A42 200A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
3	1в	по місцю	Пневматичний клапан, Pвх. = 20-100 кПа.	ADCA Trol PV.25G.11L 100.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
4	2а, 3а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань 0...2 м	NMC-N 2 2G6 0 3	2	KOBOLD, Німеччина
5	3б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 V в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A4520 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
6	3в	по місцю	Пневматичний клапан, Рвх. = 20-100 кПа.	ADCATrol PV.25G.11L10 0.1R15	1	Valsteam ADCA, Португалія
7	4а, 4б	по місцю	Сенсор та модуль обробки для обліку сипучих речовин, напруга живлення 220 V AC	SolidFlow	1	SWR engineering, Німеччина
8	4в	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 V в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Уживл.=24 V.	Sentronic LPG617A4520 0A0003	1	ASCO Numatics, Ірландія
9	4г	по місцю	Пневматична заслінка, Рвх. = 20-100 кПа.	Samson 3335	1	Samson, Німеччина

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
10	5a	по місцю	Лічильник з уніфікованим вихідним дискретним сигналом: 0-24 V, Уживл.=24 V.	DPE-1120 G8 F300	1	КOBOLD, Німеччина
11	6a	по місцю	Електрод для вимірювання рН	6108G-50B	1	HORIBA, Японія
12	6б	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	KM1- KM5	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В AC, струм комутації 40 А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	5	СВ «Альтера» м. Київ
14	M1- M3	по місцю	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP 150-110/6	3	Насос- Монтаж м. Київ
15	M4- M5	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380 В	AIP90L2	2	ООО "Систе- макс" м. Київ

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Розробка системи процесу приготування затору при виробництві пива виконувалася з промисловим логічним контролером (ПЛК) Schneider Electric M340.

Вибрані модулі для ПЛК M340 наведено в таблиці 3.1 та на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Вибрані модулі для ПЛК M340.

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

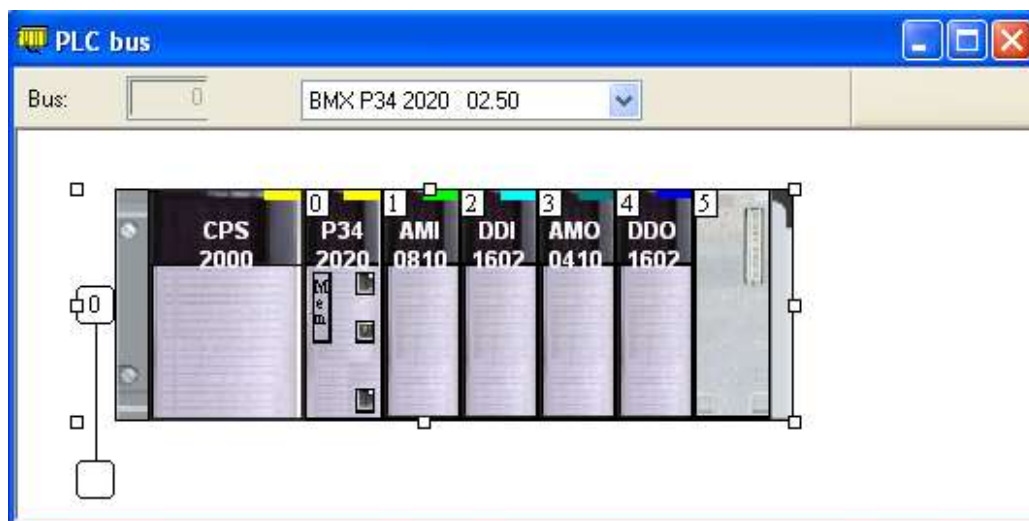


Рис. 3.1. Вибрані модулі ПЛК M340.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Голік В.І.			Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					57	8
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Аналогові входи. До 8-ми канального модуля аналогових входів ВМХ АМІ 0810 підключаються датчики рівня, температури та аналізатор рН з уніфікованими струмовими сигналами 4-20 мА для зчитування показів технологічного процесу.

Аналогові виходи. До 4-х канального модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0410 підключається електропневматичний перетворювач з уніфікованими струмовими сигналами 4-20 мА для управління пневматичним клапаном, що управляє подачею гарячої води.

Дискретні входи. До 16-ти канального модуля дискретних входів ВМХ DDO 1602 підключаються імпульсні лічильники для визначення кількості води та дробленого солоду, що надходить в заторний чан.

Дискретні виходи. До 16-ти канального модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602 підключаються магнітні пускачі для управління насосами та змішувачами та електропневматичні перетворювачі для управління пневматичними клапанами.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

На принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК процесу приготування затору при виробництві пива використані наступні елементи:

- автоматичні вимикачі з захистом по струму: QF1-QF5 – для подачі живлення на блоки живлення, аналізатори рН молока та модуль живлення ПЛК;
- блоки живлення: БЖ1-БЖ2 – для живлення датчиків, електропневматичних перетворювачів та модулів дискретних входів та виходів ПЛК постійною напругою 24 В.

На принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК процесу приготування затору при виробництві пива використана така нумерація провідників:

- 800-813: провідники з змінним струмом;
- 900-903: провідники з постійним струмом;
- 100-105: провідники з вимірювальним сигналом від датчиків;
- 200-208: провідники з сигналом управління;
- 0800: провідники з пневматичним сигналом живлення;
- 0200-0202: провідники з пневматичним сигналом управління.

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

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання подачі води в заторний чан

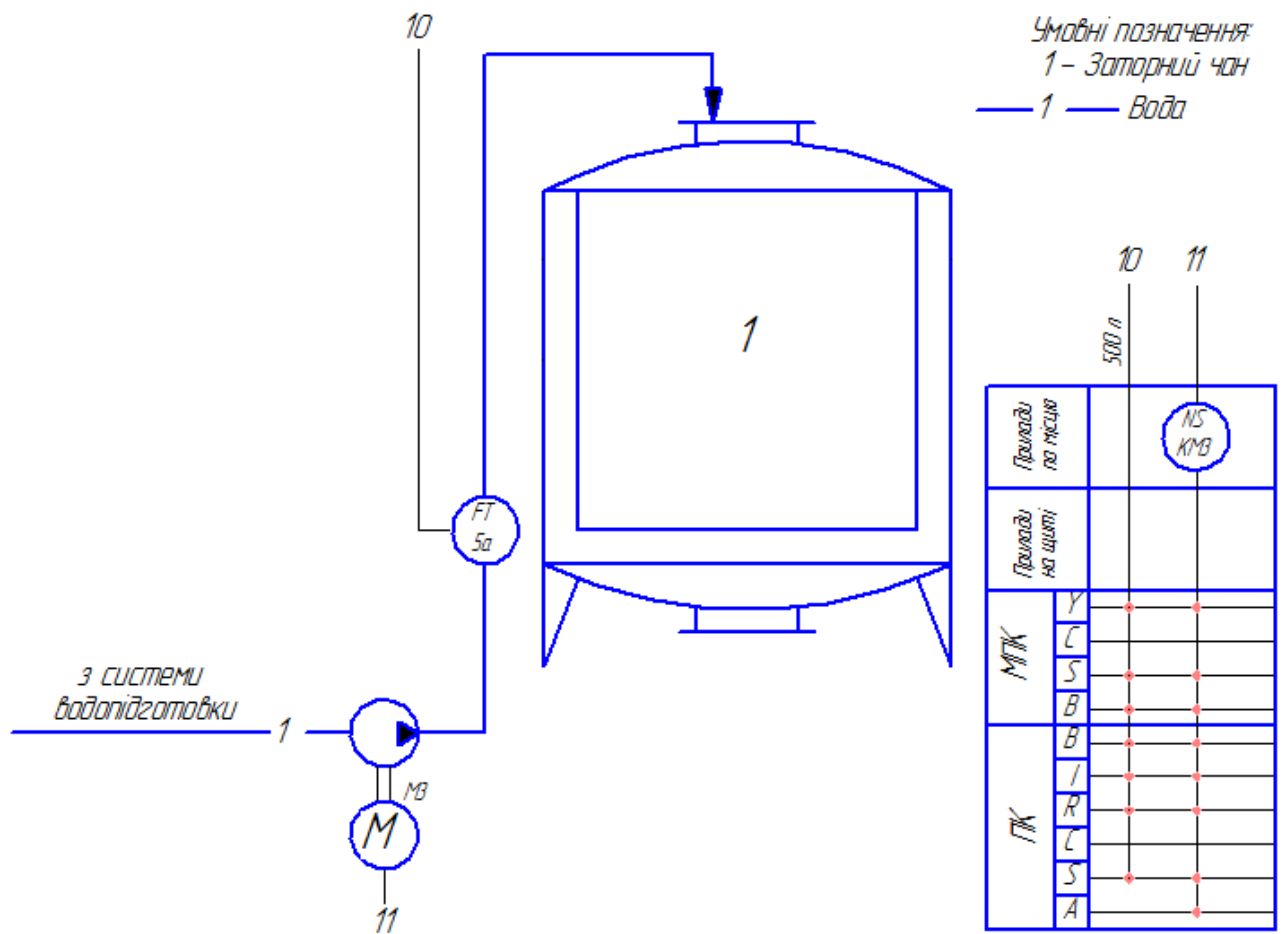


Рис. 3.2. Функціональна схема автоматизації контуру регулювання подачі води в заторний чан.

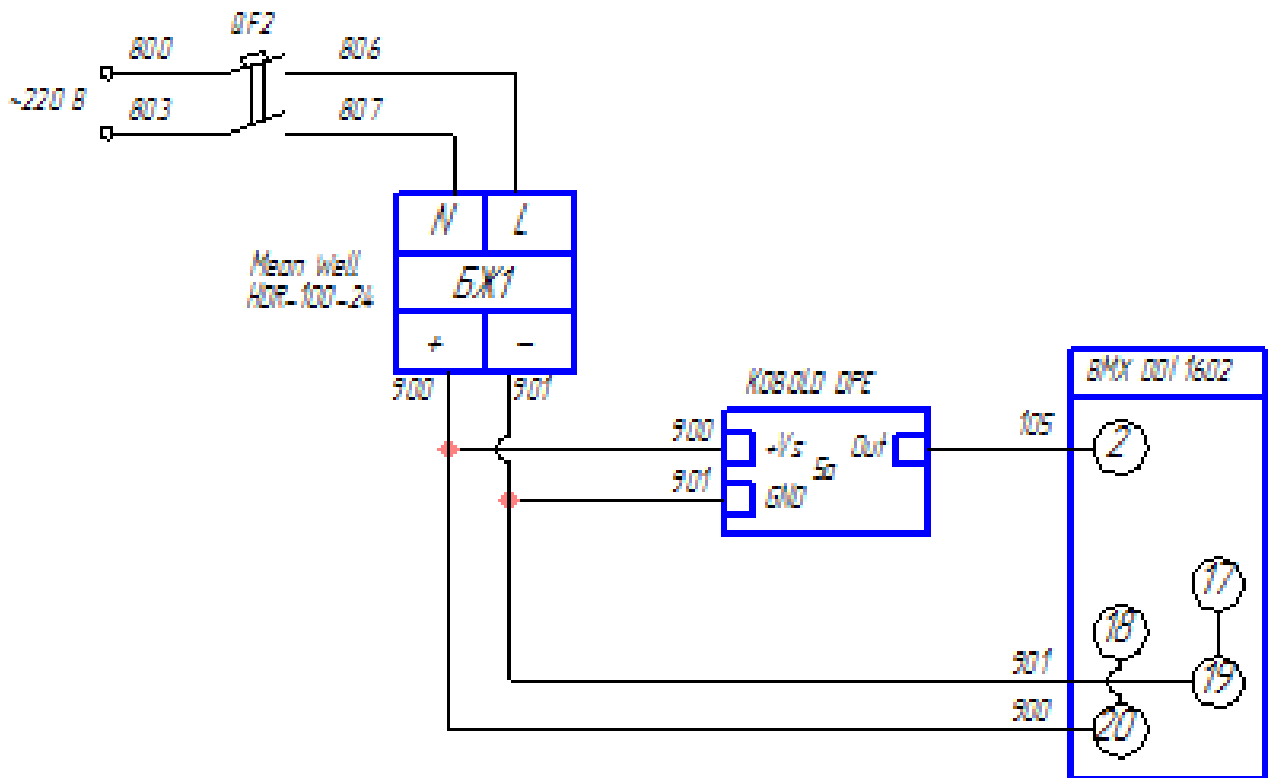


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення лічильника KOBOLD DPE до модуля дискретних входів BMX DDI 1602.

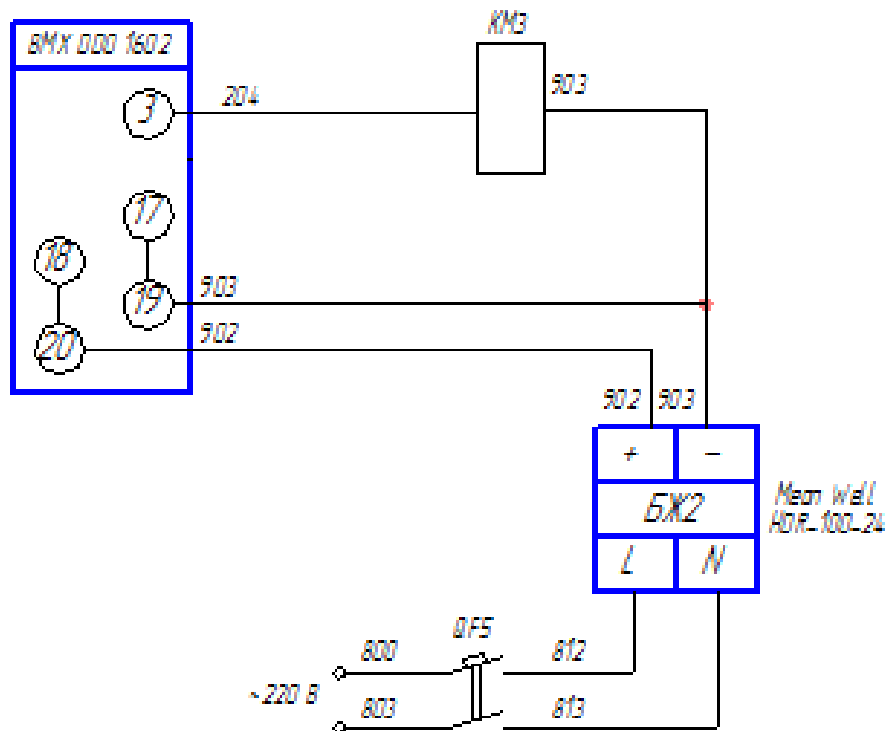


Рис. 3.4. Принципова розширена схема магнітного пускача до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

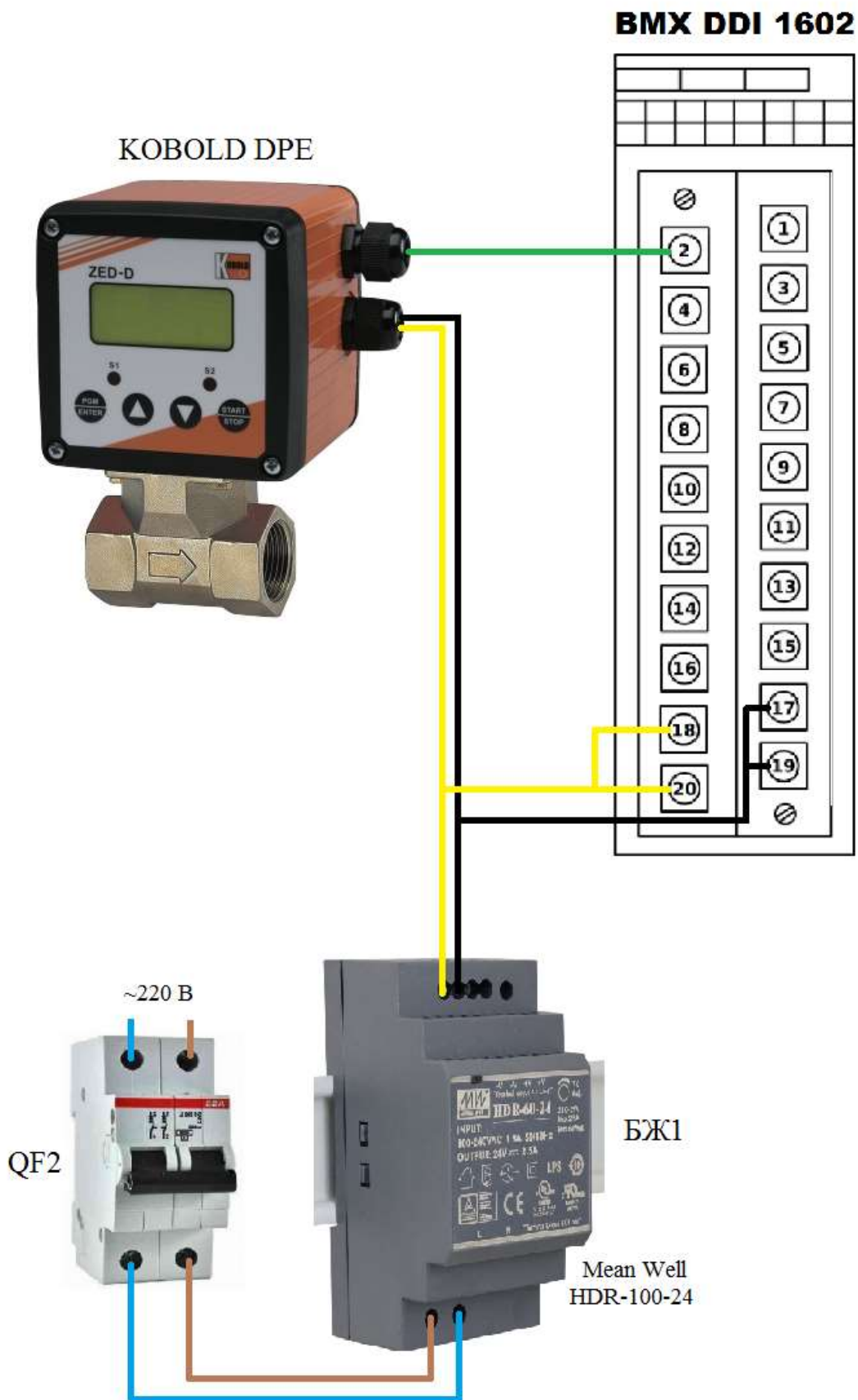


Рис. 3.5. Графічна схема підключення лічильника KOBOLD DPE до модуля дискретних входів BMX DDI 1602.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BMX DDO 1602

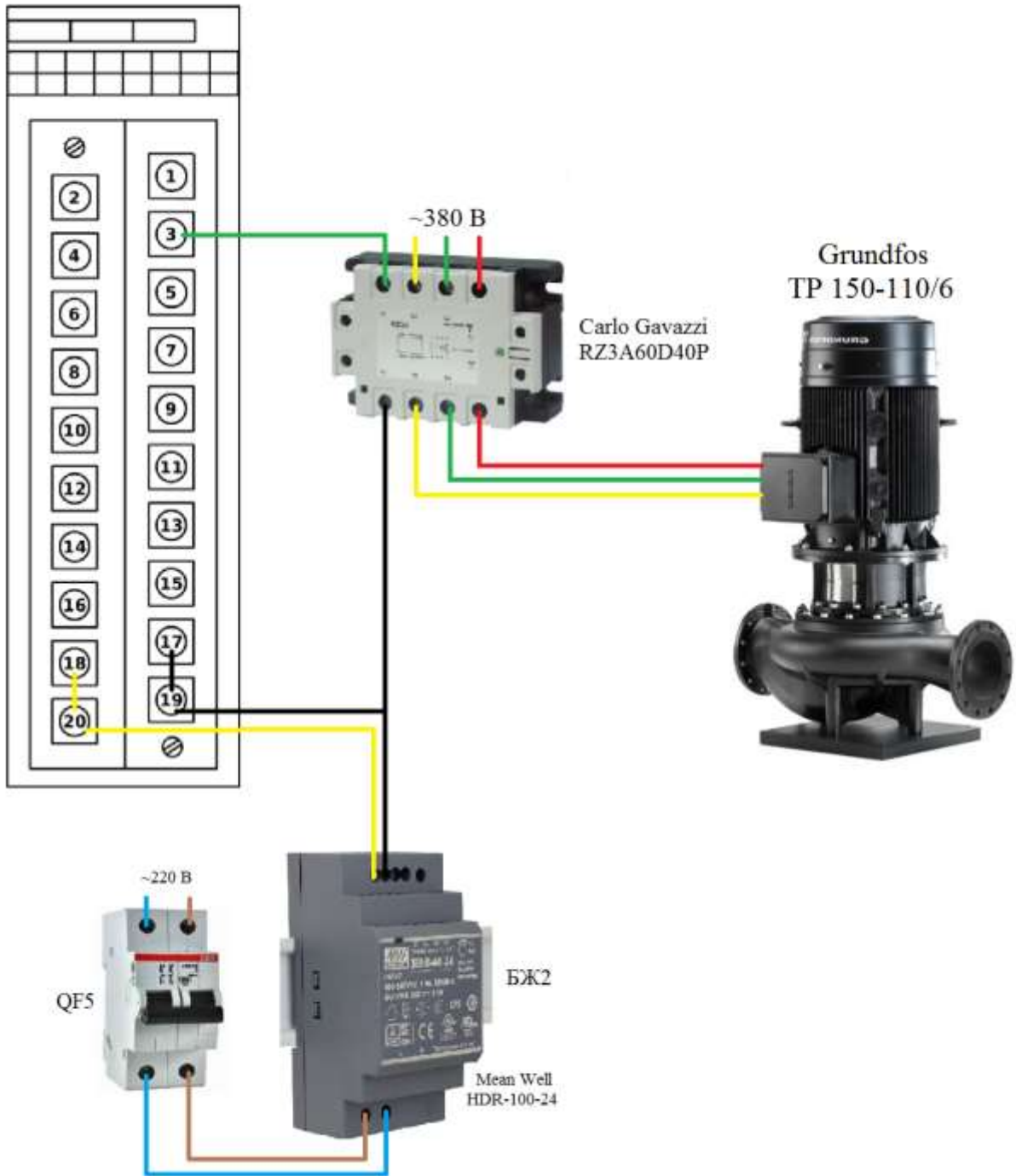


Рис. 3.6. Графічна схема підключення магнітного пускача та насосу до модуля дискретних виходів BMX DDO 1602.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

63

Кількість води, що поступає в заторний чан визначається лічильником KOBOLD DPE (поз. 5а). Лічильник генерує імпульсні сигнали, що підраховується модулем дискретних входів BMX DDI 1602.

В залежності від кількості води, що поступила в заторний чан, ПЛК через модуль дискретних виходів BMX DDO 1602 управляє магнітним пускачем Carlo Gavazzi RZ3A60D40P (поз. KM3), що включає чи виключає насос Grubdfos TP-150-110/6 (поз. M3).

Лічильник KOBOLD DPE та модулі дискретних входів/виходів живляться постійною напругою 24 В, що надходить від блоків живлення Mean Well HDR-100-24 (поз. БЖ1 та БЖ2). Напруга на блоки живлення подається через автоматичні вимикачі QF2 та QF5 з вбудованим захистом по струму.

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

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу.

Ємнісний рівнемір моделі KOBOLD NMC (рис. 4.1) є двохпровідним датчиком місткості рівня, призначеним для вимірювання суцільного рівня рідких середовищ в резервуарах і ємностях.



Рис. 4.1. Ємнісний рівнемір моделі KOBOLD NMC.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Голік В.І.			<i>Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					65	4
Зав. каф.		Ельперін І.В.				<i>НУХТ АК-4-Зск</i>		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Існує чотири базових моделі виробу:

- **NMC-N.** Жорсткий чутливий елемент з покриттям PTFE для звичайної експлуатації в металевих резервуарах. Різьба 1 "BSP – з нержавіючої сталі.
- **NMC-T.** Жорсткий чутливий елемент з покриттям PTFE з концентричною трубкою з нержавіючої сталі (заземлювальна трубка) і нержавіючим різьбленням 1 "BSP для експлуатації в неметалічних резервуарах.
- **NMC-H.** Жорсткий чутливий елемент з покриттям PTFE для звичайної експлуатації та різьбленням 1 "BSP з нержавіючої сталі для високотемпературних застосувань (125 °C).
- **NMC-S.** Здвоєний жорсткий чутливий елемент з покриттям PVDF для експлуатації в неметалічних резервуарах, що містять агресивні рідини.

Принцип роботи. Контроль і вимір рівня рідини ґрунтується на методі ємнісного виміру. Вимірювальний зонд (чутливий елемент) і стінка резервуара або другий електрод відповідно, утворюють обкладки конденсатора. Ємність безпосередньо залежить від вимірюваного середовища. чим триваліше чутливий елемент контактує з вимірюваним середовищем, тим більше зростає ємність. Ця зміна значення ємності реєструється вбудованим програмованим модулем електроніки і видається у вигляді процентного співвідношення або ж електричного сигналу в діапазоні 4-20 мА. Аналогове значення може бути налаштоване на будь-який діапазон в межах діапазону вимірювань. [16]

На рис. 4.2 та 4.3 вказано принцип встановлення та габаритні розміри ємнісного рівнеміра моделі KOBOLD NMC, на рис. 4.4 представлено специфікацію на замовлення ємнісного рівнеміра моделі KOBOLD NMC.

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

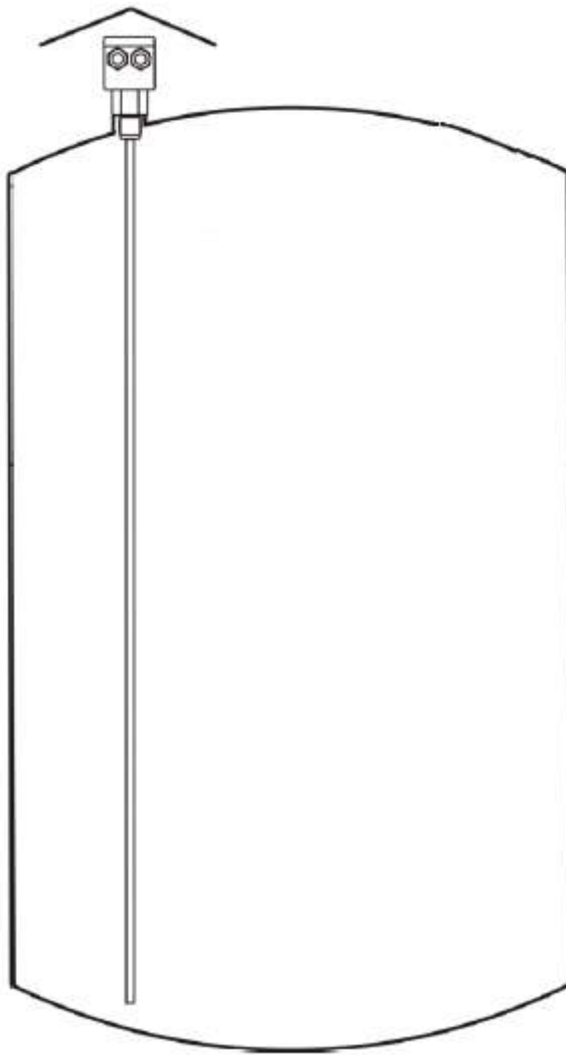


Рис. 4.2. Принцип встановлення ємнісного рівнеміра моделі KOBOLD NMC.

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

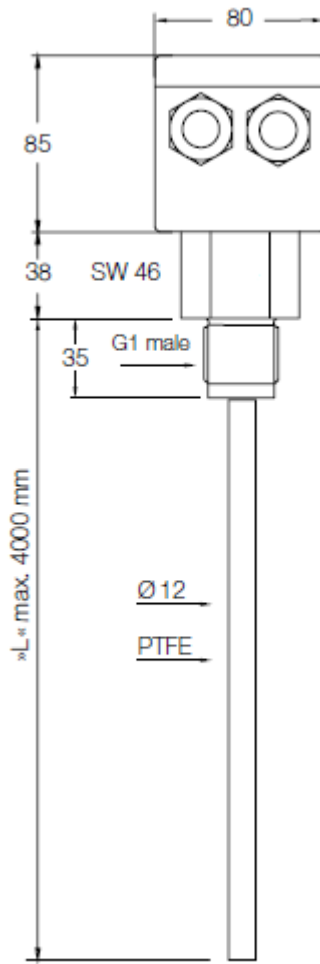


Рис. 4.3. Габаритні розміри ємнісного рівнеміра моделі KOBOLD NMC.

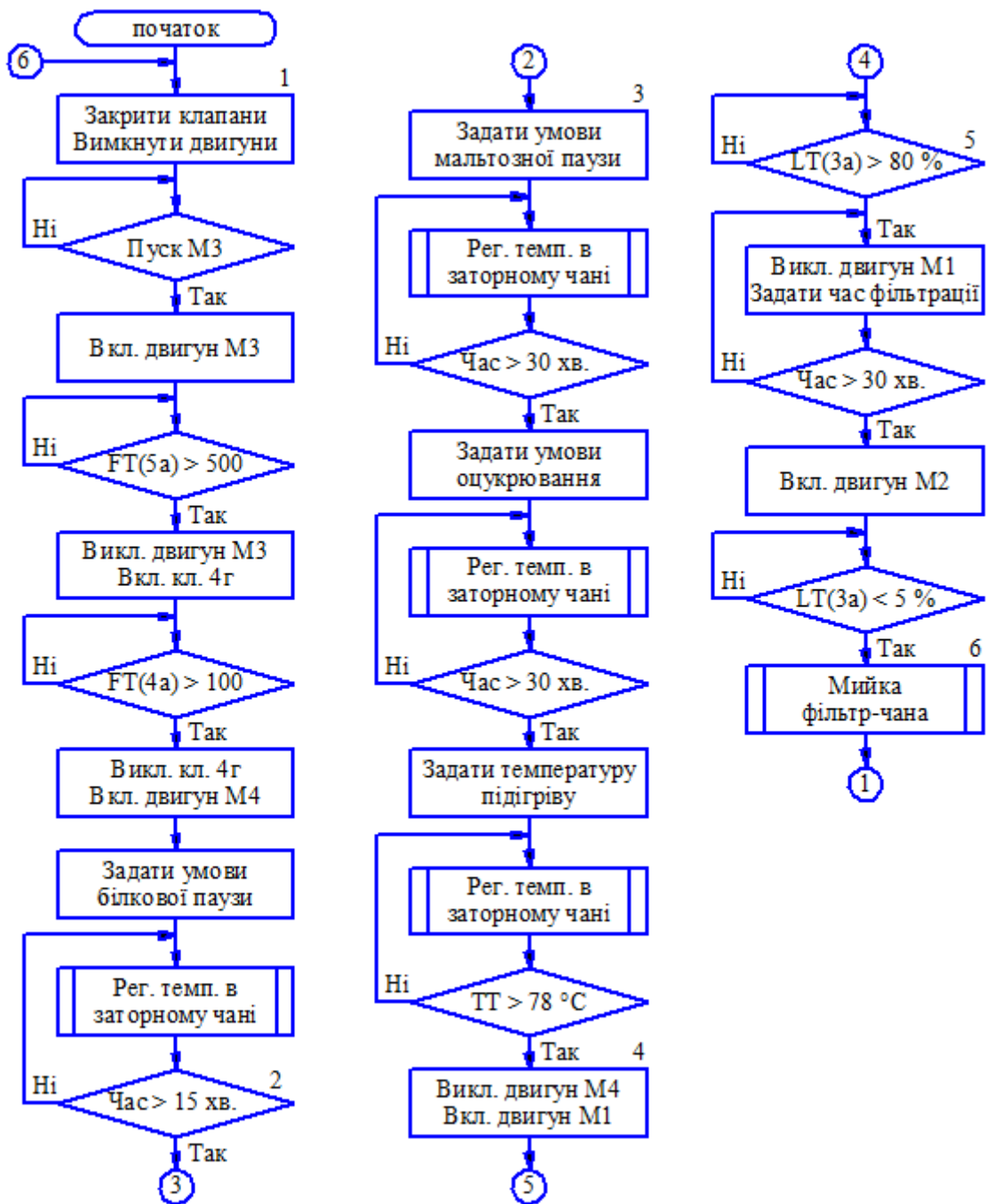
Order Details (Example: NMC-N 1 2G6 0 3)

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

ЦНМС.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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



					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Голік В.І.			Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Проскурка Є.С.					69	5
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

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
TCh	%IW0.1.0	Температура в заторному чані
LCh	%IW0.1.1	Рівень в заторному чані
LF	%IW0.1.2	Рівень в фільтр-чані
QCh	%IW0.1.3	pH в заторному чані
FS	%I0.2.0	Лічильник кількості дробленого солоду
FV	%I0.2.1	Лічильник кількості води
kIT	%QW0.3.0	Клапан подачі гарячої води
NM1	%Q0.3.0	Насос M1
NM2	%Q0.3.1	Насос M2
NM3	%Q0.3.2	Насос M3
ZM4	%Q0.3.3	Змішувач M4
ZM5	%Q0.3.4	Змішувача M5
kIV	%Q0.3.5	Клапан подачі води в фільтр-чан
kIS	%Q0.3.6	Клапан подачі дробленого солоду

Програма, що описує функціонування процесу первинного оброблення молока на мові програмування ST (Structured Text) для ПЛК М340, представлена нижче:

!%L1: (*Початок*)

REPEAT

 kIT:=0;

 RESET NM1;

 RESET NM2;

 RESET NM3;

 RESET ZM4;

 RESET ZM5;

 RESET kIV;

 RESET kIS;

UNTIL (NOT %M1)

END_REPEAT;

IF %M1 THEN (*Ввімкнено насос M1 з SCADA*)

 SET NM1;

 RESET %M1;

END_IF;

IF FV > 500 THEN (*Води більше 500 л*)

 RESET NM1;

 SET kIS;

END_IF;

IF FS > 100 THEN (*Дробленого солоду більше 100 кг*)

 RESET kIS;

 SET NM4;

 SET %M2;

END_IF;

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

```

IF %M2 THEN (*Білкова пауза*)
    %MW1:=1581; (*установка 51 °C*)
    START %TM1;
    REPEAT
        PID(' ' ', TCh, kIT, %M10, %MW1:43);
    UNTIL %TM1.V > 15
    DOWN %TM1;
    SET %M3;
END_IF;

IF %M3 THEN (*Мальтозна пауза*)
    RESET %M2;
    %MW1:=1953; (*установка 63 °C*)
    START %TM2;
    REPEAT
        PID(' ' ', TCh, kIT, %M10, %MW1:43);
    UNTIL %TM2.V > 30
    DOWN %TM2;
    SET %M4;
END_IF;

IF %M4 THEN (*Оцукрювання*)
    RESET %M3;
    %MW1:=2232; (*установка 72 °C*)
    START %TM3;
    REPEAT
        PID(' ' ', TCh, kIT, %M10, %MW1:43);
    UNTIL %TM3.V > 30
    DOWN %TM3;
    SET %M5;
END_IF;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

```

IF %M5 THEN (*Підігрів*)
    RESET %M4;
    %MW1:=2418; (*уставка 78 °C*)
    REPEAT
        PID(' ', ' ', TCh, kIT, %M10, %MW1:43);
    UNTIL TCh > 2418
    RESET ZM4;
    SET NM2;
END_IF;

IF LF > 8000 THEN (*Рівень в фільтр-чані > 80 %*)
    RESET NM2;
    START %TM4;
END_IF;

IF %TM4.V > 30 THEN (*Час фільтрації*)
    DOWN %TM4;
    SET NM3;
    SET %M6;
END_IF;

IF LF < 500 AND %M6 THEN (*Рівень в фільтр-чані < 5 %*)
    RESET NM3;
    RESET %M6;
    JMP %L1;
END_IF;

```

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

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 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
TCh	%IW0.1.0	0	10000	-70	250	INT
LCh	%IW0.1.1	0	10000	0	2000	INT
LF	%IW0.1.2	0	10000	0	2000	INT
QCh	%IW0.1.3	0	10000	0	14	INT
FS	%IO.2.0	0	1	0	1	BOOL
FV	%IO.2.1	0	1	0	1	BOOL
kIT	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
NM1	%Q0.3.0	0	1	0	1	BOOL
NM2	%Q0.3.1	0	1	0	1	BOOL
NM3	%Q0.3.2	0	1	0	1	BOOL
ZM4	%Q0.3.3	0	1	0	1	BOOL
ZM5	%Q0.3.4	0	1	0	1	BOOL
kIV	%Q0.3.5	0	1	0	1	BOOL
kIS	%Q0.3.6	0	1	0	1	BOOL

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Голік В.І.			Розробка системи автоматизації приготування затору при виробництві пива	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					74	2
Зав. каф.		Ельперін І.В.				НУХТ АК-4-Зск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

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.

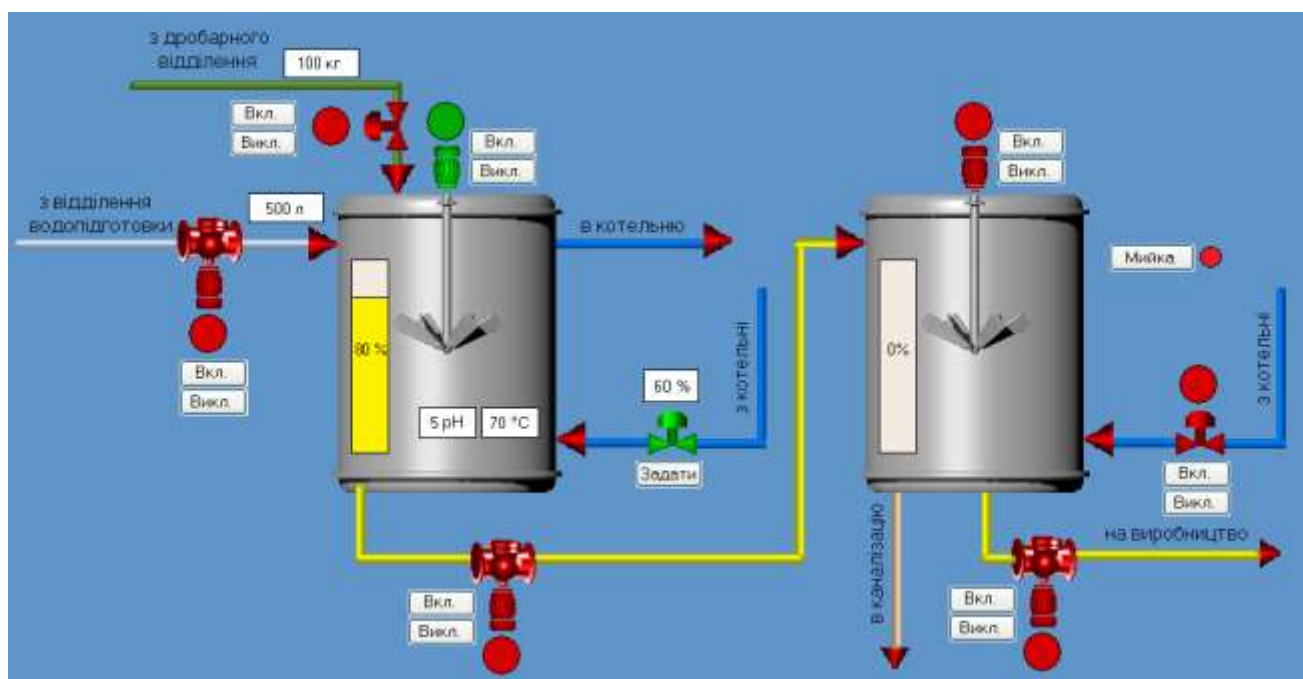


Рис. 6.2. Дисплейна мнемосхема процесу приготування затору при виробництві пива.

Висновок

В кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива.

При розробці системи автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива задіяні новітні технічні засоби автоматизації та промисловий логічний контролер (ПЛК).

При автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива вибрано промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340. Дисплейна мнемосхема процесу первинного оброблення молока розроблялася в програмному забезпеченні Citect SCADA 2015.

Розроблена система автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива з задіянням новітніх технічних 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 технічних засобів автоматизації. Все це призведе до збільшення прибутковості виробництва пива.

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

Список використаної літератури

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
5. 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.
6. Затирание. Набор затора. URL:
<http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st046.shtml>
7. Способы затирания. URL:
<http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st055.shtml>
8. Варочные котлы. URL:
<http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st050.shtml>
9. Фильтрационный чан. URL:
<http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st057.shtml>
10. Resistance Thermometers MWD. URL:
<https://www.kobold.com/dynamic/dlFile/91aab86c6cb2673bec7f5d126bc6aed4/mwd-gb-temperature.pdf>
11. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL: https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
12. PV25(EN) Клапан регулирующий с пневмоприводом DN15-100. URL:
http://www.irimex.ru/services/catalog/armatura/adca/regulirujuschie_klapany/pv25_en/

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

13. Расходомер турбинный DPE (KOBOLD). URL: <http://www.koboldgroup.ru/opisanie/raskhodomer-turbinniyy-dpe>
14. Расходомер SolidFlow. URL: <https://rusautomation.ru/rashodomer-solidflow>
15. HP-480. Industrial pH meter. URL: https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/hp-480-413/
16. Capacitive Level Meter for Liquids. URL: <https://kobold.com/uploads/files/nmc-gb-level.pdf>
17. Автоматизация виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
18. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
19. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
20. Гончаренко Б.М. Автоматизация виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
21. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
22. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
23. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
24. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.—160 с.
25. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп'ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

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

- 26.Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
- 27.Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
- 28.Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
- 29.Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
- 30.Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
- 31.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
- 32.Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
- 33.Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
- 34.Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskiy, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.

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

35. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
36. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
37. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
38. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
39. Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
40. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
41. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
42. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
43. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
44. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д. Кишенько, О.В. Грабовська. – К.: ЦП “Компринт”, 2019. – 479 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

45. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
46. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
47. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
48. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
49. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
50. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						81
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		