

Національний університет харчових технологій

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь «Бакалавр»

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри АКТСУ

ім. проф. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

«28» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ДОБРЯКОВ Микита Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання

керівник роботи доц. МІРКЕВИЧ Роман Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» квітня 2025 р. № 254-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «16» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне

компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонентування 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 28 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Микита ДОБРЯКОВ

_____ (підпис)

Керівник роботи Роман МІРКЕВИЧ

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі наведено опис розробки системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання.

Система автоматизації технологічного процесу створювалась із використанням промислового логічного контролера Modicon M340 виробництва Schneider Electric.

Детально розглянуто принципи встановлення і підключення ємнісного датчика рівня VEGAPULS 61.

За допомогою програмного забезпечення Citect SCADA 7.20 реалізована мнемосхема диспетчеризації для автоматизованого робочого місця оператора.

Ключові слова: вершкове масло, автоматизація, пастеризація, M340, VEGAPULS 61.

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

Annotation

This qualification project presents the development of an automation system for the production process of butter using the batch churning method.

The automation system for the technological process was designed using the Modicon M340 programmable industrial logic controller manufactured by Schneider Electric.

Special attention is given to the installation and connection principles of the VEGAPULS 61 capacitive level sensor.

Using Vijeo Citect 7.20 software, a supervisory mnemonic diagram was implemented for the operator's automated workstation.

Keywords: butter, automation, pasteurization, M340, VEGAPULS 61.

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

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	18
Розділ 2. Система автоматизації.....	20
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	20
2.2. Схема автоматизації.....	34
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	37
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	39
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	39
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	45
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.....	46
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	48
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	51
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.....	58
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.....	58
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	60
Висновки	61
Список використаної літератури	62

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

Вступ

Автоматизація виробничих процесів у харчовій промисловості є одним із найважливіших напрямів науково-технічного прогресу, що забезпечує стабільність якості продукції, зниження витрат ресурсів і підвищення загальної ефективності роботи підприємств. У сучасних умовах інтенсифікації виробництва, жорсткої конкуренції та високих вимог до безпеки й стандартизації продукту, автоматизація не є розкішшю, а необхідною умовою стабільного розвитку підприємств харчового сектора. Особливо це стосується молочної галузі, в якій технологічні параметри є надзвичайно чутливими до змін і похибок, а якість кінцевого продукту значною мірою залежить від точності дотримання заданих режимів.

Молочна промисловість в Україні традиційно є однією з базових галузей агропромислового комплексу. В її структурі виробництво вершкового масла посідає особливе місце, оскільки цей продукт є не лише елементом щоденного раціону споживача, а й важливою сировиною для інших харчових продуктів. Вершкове масло вирізняється високою енергетичною цінністю, добрими органолептичними властивостями, високим ступенем засвоюваності та наявністю в складі комплексу важливих біологічно активних речовин, серед яких вітаміни А, D, Е, фосфоліпіди та насичені й ненасичені жирні кислоти. Попит на нього зберігається стабільно високим як на внутрішньому ринку, так і за кордоном.

Потреба у модернізації та автоматизації технологічного процесу виробництва вершкового масла обумовлена тим, що цей процес складається з багатьох взаємозалежних стадій, кожна з яких потребує точного дотримання технологічних режимів. Порушення параметрів навіть на одному етапі може вплинути на якість готового продукту, його консистенцію, смак, запах та зберігання. Автоматизація дозволяє не лише забезпечити стабільність температурних, гідравлічних і часових режимів, а й зменшити людський фактор, знизити ймовірність помилок і прискорити відновлення роботи після зупинки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розробка систем автоматизованого керування для процесів у молочній промисловості, зокрема для окремих ділянок технологічного процесу виробництва масла, має актуальність як із науково-технічного, так і з економічного боку. В умовах переходу до цифрового виробництва зростає потреба у створенні гнучких, адаптивних систем, здатних в режимі реального часу відстежувати та коригувати ключові параметри. Це включає в себе як впровадження сучасних контролерів і датчиків, так і проектування структур керування, вибір логіки обробки сигналів, а також створення ергономічних і безпечних пультів управління. Така система здатна інтегруватися у загальну інформаційно-керуючу структуру підприємства, забезпечуючи можливість ведення обліку, формування звітності, віддаленого доступу до процесу.

Мета даної дипломної роботи полягає у розробці проектної документації для системи автоматизації ділянки виробництва вершкового масла, що ґрунтується на використанні сучасних апаратних і програмних засобів. Завданням є проведення аналізу технологічного процесу, виявлення ключових параметрів, що потребують контролю, вибір датчиків, виконавчих механізмів і логіки керування, побудова електричних схем підключення, моделювання архітектури системи та складання специфікацій обладнання. При цьому особлива увага приділяється забезпеченню надійності, масштабованості й відповідності нормативно-правовим вимогам у сфері харчової безпеки та автоматизації

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Існують два основні методи отримання вершкового масла – традиційне збивання вершків та обробка концентрованих, високожирних вершків.

Метод перетворення високожирних вершків базується на поєднанні термічного та механічного впливу на вершки з підвищеним вмістом жиру у спеціалізованих безперервних апаратах, а також на їхній подальшій термостатній витримці в стані спокою або без такої витримки. Охолодження й механічна обробка можуть відбуватися одночасно, коли апарат підтримує низьку позитивну температуру під час інтенсивного перемішування, або послідовно — спочатку вершки піддають охолодженню, а потім у вже низькотемпературному стані механічно обробляють для завершення кристалізації.

Суть цього підходу полягає в тому, що жирова фаза молока або вершків концентрується до рівня, необхідного для кінцевого продукту, шляхом сепарування після попереднього нагрівання до приблизно +40...+45 °С (в окремих схемах застосовують нагрів до +60...+80 °С, щоб полегшити розчинення значної частини жирних компонентів). У такий спосіб на проміжному етапі спочатку утворюється продукт, за своїми властивостями схожий на традиційне «масляне зерно», що отримують у процесі збивання вершків.

Надалі виділені високожирні вершки перетворюють на масло за різними розробленими технологічними схемами, які відрізняються хронологією введення охолодження та механічного впливу.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Добряков М.М.</i>				9	11
<i>Керівник</i>		<i>Міркевич Р.М..</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-1</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

При цьому основним завданням розробників є формування такої послідовності операцій, що забезпечить отримання кристалічної структури жиру з високою формостійкістю, необхідною для пластичної консистенції та доброї термічної стійкості готового масла.

У найпоширенішому варіанті технології одночасно з охолодженням у маслоутворювачі здійснюють інтенсивне механічне перемішування. Високожирні вершки завантажуються в камеру, де через систему охолоджувальних трубок або сорочок підтримується температура близько $+2...+4$ °С. Внутрішні елементи, наприклад шнеки чи обертові циліндри, утворюють у білково-жировій емульсії інтенсивне зсувне поле, що руйнує тонкі білково-ліпідні оболонки жирових кульок, вивільняючи рідку жирну фазу. Поява вільного, ще не затверділого жиру, спричинює початкове формування кристалів під впливом низької температури. Саме внаслідок одночасного поєднання охолодження та механічного збурення відбувається первинна кристалізація тригліцеридів, протягом якої кількість отверділого жиру поступово зростає. Вихідне масло, що залишає камеру після першого етапу, зазвичай містить близько 12 % уже затверділого жиру, решта кристалів утворюватиметься пізніше в моноліті під час витримки продукту.

При удосконаленні технологій також застосовують другий вид технологічного процесу - послідовний: спочатку високожирні вершки охолоджують без додаткового перемішування до температур, у яких відбуваються групові кристалізаційні перетворення. Зазвичай перше охолодження ведуть до $+19...+22$ °С, що сприяє формуванню кристалів жирних кислот із вищими точками плавлення. Далі, у діапазоні $+10...+15$ °С, кристалізуються середньоплавкі й легкоплавкі фракції тригліцеридів. На цьому етапі паралельно відбувається поліморфне перетворення, коли менш стабільні аморфні або α' -форми переходять у більш стійкі β' - та β -форми. Завдяки цьому кристали набувають певної потрібної форми й розмірності. Після завершення охолодження вершки збагачуються значною частиною дрібних кристалів жиру, які мають розмір до 1 μm .

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

У третьому виді технологічного процесу здійснюється розширений багатоступеневий цикл: по-перше, високожирні вершки піддають швидкому охолодженню в циліндричних інтенсивних охолоджувачах, де підтримують температуру нижче +2 °С за рахунок холодоагенту, що циркулює у спеціальних сорочках. Одночасно при цьому проводять інтенсивне перемішування, щоб забезпечити найоднорідніше закристалізування жирової фази. На виході отримують вершки з високою концентрацією дрібнокристалічних тригліцеридів. Потім продукт переміщують у кристалізатор, де за умови мінімального збурення витримують у стабільному температурному режимі приблизно +4...+6 °С, протягом кількох годин для завершення поліморфних перетворень і зростання кристалів до розміру 1–3 μm. Завершальний етап передбачає механічну обробку у маслоробній секції, де під впливом шнеків або вальців утворюється безперервна сітка із зрощених кристалів жиру, що формує міцний кристалічно-кристалізаційний каркас майбутнього масла. Така процедура гарантує отримання структури з переважанням кристалічних елементів, які формують тверді сфероліти або голчасті агрегати в оточенні рідкої жирової фази та залишків плазми. Під час протікання цього багатоступеневого процесу неодмінно відбувається зміна фаз прямої емульсії (масляне зерно, оточене плазмою) на зворотну, у якій рідка жировиділена фаза стає безперервною, а плазма й кристали жиру — дисперсною. Цей перехід регулюють як інтенсивністю перемішування, так і температурними рішеннями, тому кінцева консистенція масла залежить від співвідношення кристалізаційних і коагуляційних елементів в структурі.

Високожирні вершки на початку представляють собою стабільну емульсію, де жирні кульки, розміром 3–6 μm, розподілені в білково-водній плазмі. У процесі «маслоутворення» відбувається руйнування білкових оболонок кульок, вивільнення плавленого тригліцериду й наступна кристалізація у вигляді дрібних паличкоподібних та сферолітових форм.

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

Особлива увага приділяється поліморфним перетворенням тригліцеридів: аморфні або α' -кристали, що формуються за вищих температур охолодження, пізніше необоротно переходять у більш стабільні β' - і β -модифікації. У разі високошвидкісної механічної обробки та достатньо низької температури переважає формування β' -модифікації, що забезпечує пластичність та гладкість структури масла. Якщо ж затримка температури дещо вища, відбувається утворення β -модифікації, яка надає маслу більшої твердості та зниженої тиксотропності.

Метод збивання вершків передбачає отримання масляного зерна з вершків середньої жирності з подальшою механічною обробкою цього зерна до стану готового масла. Для реалізації цього підходу застосовують маслоробні установки двох основних типів: періодичні, що використовують окремі вальцьові чи безвальцьові барабани, і безперервні, де вершки безперервно проходять крізь зону інтенсивного змішування та охолодження. У періодичних установках вершки завантажують у герметичну камеру, де обертові лопаті або вальці поступово руйнують емульсію «жир–плазма», утворюючи спочатку дрібні жирові зерна, які далі піддають промиванню та пропресуванню в обладнанні з вальцями для остаточного видалення залишків маслянки. У безперервних апаратах вершки надходять у трубчасту або циліндричну камеру, де їхньому шару постійно надається механічне збурення за рахунок шнеків або обертових елементів, водночас підтримуючи низьку позитивну температуру. Це дозволяє жировим кулькам коалесціювати у «масляне зерно» вже під час потоку, а після цього попередньо сформована зерниста фаза переходить безпосередньо в модуль для промивання й остаточного віджимання рідини. Відмінність між періодичним і безперервним режимом полягає в тому, що перший потребує зупинки циклу після кожної порції вершків для виконання всіх операцій, тоді як при безперервному підході весь процес із виділенням жиру, прасуванням та відділенням «масляного зерна» відбувається постійно, що підвищує продуктивність і знижує втрати через перебої в роботі.

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

Основні фізико-хімічні перетворення жирової фази, які забезпечують формування масла, відбуваються ще на стадії фізичного дозрівання та безпосередньо під час збивання вершків у маслоробній установці. У період фізичного дозрівання, коли вершки охолоджують до оптимальних температур приблизно +6...+8 °С, молочний жир починає кристалізуватися всередині жирових кульок пошарово. Спершу на периферії кожної кульки виникає моношар високоплавких тригліцеридів, товщина якого становить близько 5 нм; пізніше ці кристали розростаються у внутрішні шари, де ще залишається рідка жировидільна фаза. Таким чином, до моменту руйнування білково-ліпідної оболонки між шарами затверділого жиру залишається рідка фаза, що формує каркас з високоплавких і середньоплавких компонентів. Проте жодна температура охолодження не забезпечує повного затвердіння жиру, адже між твердим і рідким станом встановлюється рівновага, яку визначають температура, тривалість охолодження та жирно-кислотний склад тригліцеридів. Інтенсивне перемішування під час дозрівання значно прискорює кристалізацію: чим більше дрібних кристалів утворюється до моменту збивання, тим швидше й однорідніше формуються макрозерна під час механічного впливу.

Сам процес утворення масла складається зі збивання вершків у маслоробній камері. Коли температура й ступінь затвердіння жиру є оптимальними, молочний жир вже має високу здатність до агрегації, і під час перемішування білково-ліпідні оболонки кульок остаточно руйнуються. Вільний жир із рідкої фази вилучається з країв кристалів, і численні кристали, що становлять первинні мікрозерна (до 1 мкм), з'єднуються у більші грудочки, які називають «масляним зерном». Надалі це зерно переміщують до відділення, де виконують промивання проточною холодною водою чи пропресовування у вальцях, що дозволяє знизити вміст маслянки та надати структурі майбутнього масла необхідної щільності.

Ключовим параметром, що визначає швидкість та якість маслоутворення, є ступінь затвердіння жиру на момент збивання та характер кристалізації тригліцеридів.

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

Найбільш сприятливим вважається, коли перед збиванням у вершках вже міститься 30–35 % затверділого жиру, у складі якого легко- і середньоплавкі тригліцериди перебувають у співвідношенні близько 2:1. Якщо частка твердого жиру перевищує цей діапазон, готове масло виходить грубим на дотик і крихким; якщо ж затверділого жиру недостатньо, масляна фаза не здобуває належної структурної міцності, і продукт виходить занадто м'яким і «розмазливим». Щоб забезпечити вірогідне надходження вершків із різною жирністю через сезонні зміни складу молочного жиру на промислових підприємствах встановлюють диференційовані температурні режими охолодження й дозрівання.



Рис 1.1 Схема виробництва масла способом збивання вершків

На невеликих і середніх молокопереробних підприємствах найчастіше застосовують саме метод збивання вершків, адже він не потребує дорогих установок для попередньої концентрації жиру та дозволяє отримувати продукт із традиційними органолептичними якостями, відомими споживачеві. Великі заводи, у свою чергу, зацікавлені у підвищенні продуктивності й зменшенні тривалості виробничого циклу, дедалі частіше впроваджують технологію перетворення високожирних вершків, оскільки вона дає змогу відразу отримувати масло з оптимальною структурою та низьким вмістом залишкової вологи.

Для очищення вершків від механічних домішок їх пропускають через фільтри, виготовлені із щільного матеріалу, зазвичай лавсану, оскільки холодні вершки при високій густині не проходять повітропроникні тканини. Після фільтрації вершки нормалізують за жиром і обов'язково пастеризують. У разі виявлення органолептичних дефектів (наприклад, сторонні смакові відхилення чи запахи) проводять спеціалізовані заходи з усунення відповідної вади.

Так, якщо вершки мають «нечистий» або «дріжджовий» присмак, який виникає внаслідок розвитку небажаної мікрофлори під час тривалого транспортування або невідповідного зберігання, їх піддають промиванню. Спочатку до вершків із скороченим вмістом жиру (близько 5–8 %) доливають воду температурою 40–50 °С, після чого отриману рідку суміш сепарують. Разом із плазмою віддаляються небажані сполуки, що спричиняють дефект, однак водночас частина природного плазмового складу втрачена, тому вершки набувають пустого, надмірно водянистого смаку. Щоб повернути вершкам консистенцію та аромат, їх розбавляють не водою, а знежиреним молоком до бажаного показника (жирність кінцевої суміші 6–10 %) і знову сепарують. Дану операцію повторюють до повного зникнення «водянистого» присмаку.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконуючи промивання таким чином, значно зменшують втрати жиру в маслянці порівняно з традиційним багаторазовим пропусканням крізь воду, і в результаті відновлюється склад плазми, наближений до вихідного, що сприяє отриманню вершків із добрими органолептичними характеристиками та кращим відходом жиру в процесі збивання. Після завершення корекції дефекту такі вершки негайно направляють на пастеризацію, аби уникнути повторного забруднення.

Якщо обладнання підприємства не передбачає промивання або воно є економічно не вигідним, у лініях застосовують дезодорацію й вакреацію. Дезодорація при зниженому тиску дозволяє видалити леткі сполуки, що адсорбовані в плазмі вершків і зумовлюють неприємні запахи. Після такої обробки вершки зберігають характерний «свіжий» смак, проте майбутнє масло зазвичай матиме дещо більш щільну структуру й відрізнятиметься підвищеною сприйнятливістю до окислення, оскільки разом із дефектними сполуками можуть бути видалені й частково ті, що стабілізують жир.

Пастеризація вершків є обов'язковою стадією перед виробництвом масла, оскільки руйнування мікрофлори і ферментів – ліпази, пероксидази й протеази – дозволяє підвищити стабільність жирів і забезпечити довший термін зберігання кінцевого продукту. Під час нагрівання вершків до температури від 85 °С і вище відбувається інтенсивна уніфікація складу, а також утворення меланоїдинів, що зумовлюють приємний «пастеризаційний» смак. Для виготовлення вершкового масла без додаткових ароматичних відтінків достатньо швидкого нагрівання без витримки, проте для особливих сортів, наприклад «Вологодського» масла, застосовують режим пастеризації з витримкою при температурі 95–97 °С, що забезпечує інтенсивніше формування карамелізованих сполук і глибокий колір. Якщо ж температура пастеризації опускається нижче 85 °С, ліпаза бактеріального походження може залишитися активною й перейти в маслянку, спричинивши згодом прогірклість.

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

Ефективність пастеризації безпосередньо залежить від кількох чинників. По-перше, високий вміст жиру знижує теплопровідність вершків, тому для досягнення потрібної температури та рівномірного прогрівання слід зменшувати завантаженість теплового апарату або збільшувати час контакту вершків із нагрівальною поверхнею.

По-друге, грудочки жиру, залишки білків, слизові домішки та повітряні бульбашки піни утворюють ділянки з низькою теплопровідністю, що ускладнює рівномірний прогрів вершків. По-третє, навіть якщо пастеризація знищує мікрофлору на 99,5–99,9 %, у разі дуже високого початкового бактеріального обсіменіння залишкових 0,01 % достатньо, щоб за сприятливих умов зберігання ці мікроорганізми почали інтенсивно розмножуватися.. Тому на практиці передбачають ретельний мийно-дезінфекційний догляд за апаратурою та своєчасну обробку вершків, адже лише у цьому випадку досягають високої безпеки й стабільності якості масла.

Технологічні схеми виробництва вершкового масла адаптуються відповідно до сорту продукції та його властивостей, що потребують виконання додаткових операцій або, навпаки, виключення певних етапів. Так, для отримання кисловершкового масла обов'язковим є етап біологічного дозрівання вершків із введенням стандартизованих бактеріальних заквасок, тоді як у технології солоного масла необхідно передбачити операцію механічного чи ручного введення кухонної солі після утворення масляного зерна. Через це лінії, що виготовляють кисловершкове масло, обладнуються спеціальними ємностями з точним контролем температури і часу витримки вершків у діапазоні +6...+8 °С протягом 4–6 годин, тоді як у потоці виробництва топленого або солоного масла такої стадії немає. У свою чергу лінії, що застосовують спосіб перетворення високожирних вершків, оснащують додатковими сепараторами, які дозволяють одержувати вершки підвищеної жирності і уникнути етапу звичайного дозрівання, характерного для збивання вершків середньої жирності.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Допустиме значення	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та реалізації керуючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Приймальна ванна	Рівень вершків	$80 \pm 5\%$ об'єму	Контроль	Відображення	АРМ оператора	
2	Пластинчатий теплообмінник	Температура вершків на виході секції охолодження	$4 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	Регулювання	Стабілізація	Клапан подачі льодової води	
3	Місткість для вершків	Температура	$4 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	Контроль	Відображення	АРМ оператора	
		Рівень вершків	$80 \pm 5\%$ об'єму	Контроль	Відображення	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на перетік вершків на наступне виробництво	
4	Місткість для молока	Рівень вершків	$80 \pm 5\%$ об'єму	Контроль	Відображення	АРМ оператора	
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на перетік вершків на наступне виробництво	
5	Сепаратор	Рівень вершків	$80 \pm 5\%$ об'єму	Контроль	Відображення	АРМ оператора	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

18

Продовження таблиці 1.1

6	Пастеризаційно-охолоджувальна установка	Температура пастеризації	$83 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Регулювання	Стабілізація	Вплив на подачу гарячої води	
		Температура охолодження	$5 \text{ }^\circ\text{C}$	Регулювання	Стабілізація	Вплив на подачу льодяної води	
7	Місткість для визрівання вершків	Температура	$4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
		Рівень вершків	$80 \pm 5 \%$ об'єму	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	
8	Маслозготовлювач безперервної дії	Рівень вершків	$80 \pm 5 \%$ об'єму	Контроль	Відображення Реєстрація	АРМ оператора	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

19

Розділ 2. Система автоматизації

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

Вимірювання температури

TSM-0890 – це стандартний термоперетворювач, який класифікується як електричний контактний засіб вимірювання температури з високою точністю і відтворюваністю.

Даний датчик використовується для неперервного вимірювання температури в резервуарах, теплообмінниках, трубопроводах та пастеризаційних установках, де є необхідність у точному температурному контролі при виробництві харчових продуктів, зокрема молочних.

Зміна температури визначається за формулою: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$,

де: R_t — опір при температурі t , R_0 — опір при $0\text{ }^\circ\text{C}$ (для Pt100 дорівнює 100 Ом), α — температурний коефіцієнт платини (приблизно $0,00385\text{ }1/^\circ\text{C}$).

Датчик TSM-0890 зазвичай виконується у нержавіючому гільзовому корпусі з матеріалу сталі 12X18H10T або AISI 316L. Для монтажу передбачено різьбове або фланцеве з'єднання з технологічною апаратурою, включно з перехідними штуцерами для ізолюваного встановлення.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Добряков М.М.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.					20	19
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

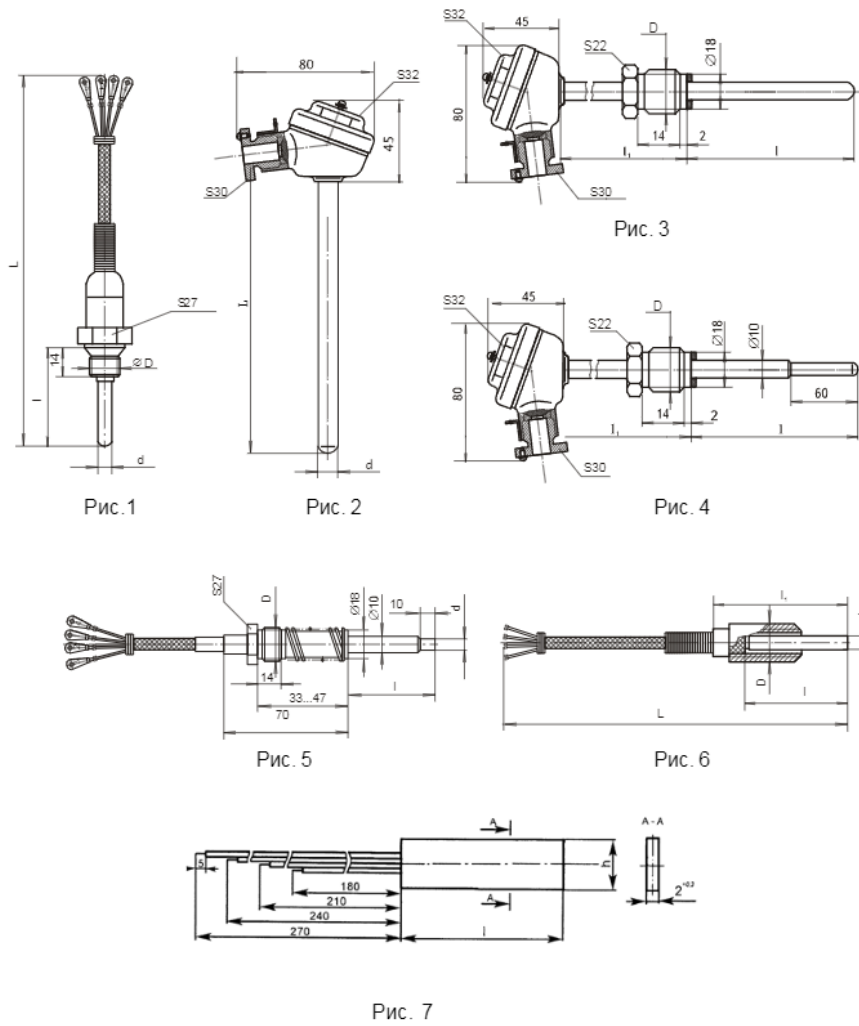


Рис. 2.1. Габаритні розміри термоперетворювача ТСМ-0890



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд термоперетворювача ТСМ-0890

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

21

Термоперетворювач роботоздатний при дії температури навколишнього повітря від мінус 50 до 60 °С і відносній вологості повітря 100% при температурі 30 °С.

Діапазон вимірюваних температур, °С	від мінус 50 до 150
Умовна позначка НСХ	50М, 100М
Номинальне значення опору при 0 °С, Ом	50±0,06 100±0,12
Клас допуску	В
Температурний коефіцієнт ТО α, °С ⁻¹	0,00428; 0,00426
Межа допустимого відхилення опору від НСХ, °С	±(0,3+0,005 t)
Умовний тиск, МПа	
Рис.1	4
Рис.2,5,6	0,63
Рис.3,4	6,3
Ресурс, год	80000
Сейсмостійкість	9 балів по MSK-64
Стійкість до горіння	вогнестійкі, не розповсюджують горіння
Степінь захисту від пилу і води	
Рис. 2, 3, 4	IP65
Рис. 1, 5, 6, 7	IP00
Клас безпеки	3Н по НП 306.2.141

Рис 2.3. Специфікація термоперетворювача ТСМ-0890

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимірювання кількості речовини

Для виміру кількості вершків, що надходять на маслоутворення, застосовується турбінний витратомір KOBOLD DRS. Принцип витратоміра роботи полягає у проходженні робочого середовища через стабілізуювальний набір стабільного потоку, що спрямовує потік на турбінне колесо. Колесо оснащено вбудованими магнітами, які при обертанні створюють електричні імпульси, що сприймаються Холловим датчиком. Кількість імпульсів прямо пропорційна швидкості потоку, що дозволяє визначати об'єм проходження рідини з високою точністю.



Рис 2.4 Зовнішній вигляд турбінного витратоміра KOBOLD DRS

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Технічні дані витратоміра

Діапазон вимірів: 2-40 л/хв, рідке середовище

Імпульсний вихід витратоміру: 384 Гц при 40 л/хв, металевий витратомір

(DRS...150; DRS...250)

352 Гц при 40 л/хв, пластмасовий витратомір (DRS...350)

Максимальний робочий тиск: 200 бар (DRS...150; DRS...250)

16 бар (DRS...350)

Температура: від -20 до +80 °C (вимірюване середовище), від -20 до +100 °C (підшипник)

Точність вимірів: $\pm 1.5\%$ від верхнього діапазонного значення
 $\pm 5\%$ від верхнього діапазону (DRS-0)

Лінійність: $\pm 0.5\%$ верхнього діапазонного значення

Повторюваність: $\pm 0.1\%$ від верхнього діапазону

Електричні приєднання: роз'ємне з'єднання M12x1, кабель 1.5 м (тільки DRS-0)

кабель 2 м (тільки DRS...F5)

Ступінь захисту: IP 65 (роз'ємне з'єднання), IP 66 (кабельне з'єднання)

Рис 2.5. Специфікація турбінного витратоміра KOBOLD DRS

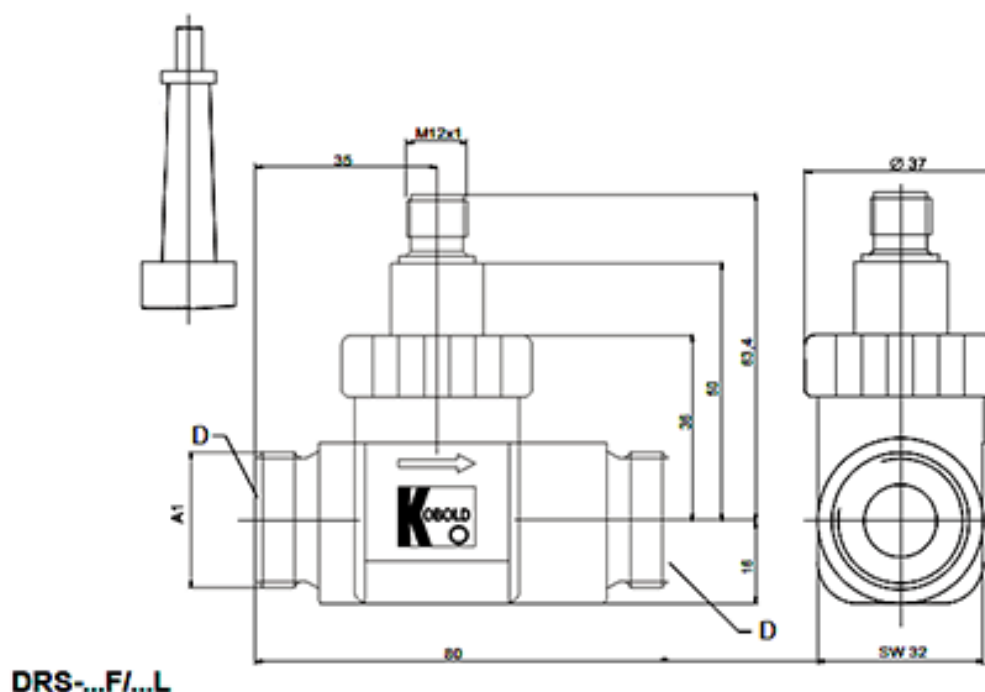


Рис. 2.6. Габаритні розміри турбінного витратоміра KOBOLD DRS

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

24

Вимірювання рівня

Для виміру рівня при проходженні процесу виробництва вершкового масла використано радарний датчик VEGAPULS 61 безконтактного типу для безперервного вимірювання рівня рідин, призначений для експлуатації в умовах без агресивних або складних середовищ та ємнісний рівнемір KOBOLD NMC



Рис 2.7 Зовнішній вигляд радарного датчика VEGAPULS 61

Пристрій випромінює короткі надвисокочастотні імпульси в смузі 26 GHz діапазон C-Band із поляризованим випромінюванням. Відбиті від поверхні рідини сигнали приймаються, і час проходження сигнала (імпульсу «туди–назад») корелює з рівнем рідини.

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

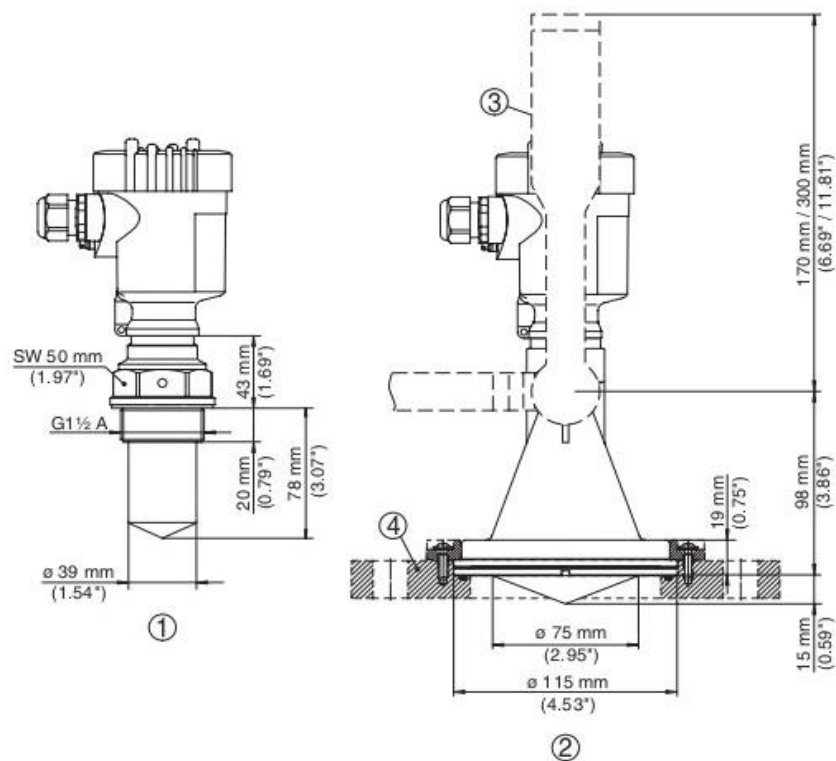


Рис. 2.8. Габаритні розміри радарного датчика VEGAPULS 61

Версія	Пластикова рупорна антена з поліпропілену або герметизована рупорна антена з PVDF
Вихід	4 ... 20 мА/HART, Profibus PA, Foundation Fieldbus
Діапазон вимірювання — Відстань	35 м
Дисплей і налаштування	PLICSCOM, PACTware, VEGADIS 81, VEGADIS 82
Матеріал корпусу	Пластик, алюміній, неіржавка сталь
Схвалення	ATEX, CSA, FM, EAC (ГОСТ), IEC, KOSHA, NEPSI, UKR Серго, Вибухозахист, Судовий захист, Захист від переповнення, SIL2
Нарізне з'єднання	G1 ½, 1 ½ NPT
Температура процесу	-40 ... 80 °C
Технологічний тиск	-1 ... 3 бар
Точність	± 2 мм
Кут променя	≥ 10°
Фланцеве з'єднання	≥ DN80, ≥ 3"
Частота	26 ГГц
Вимірювальні матеріали	Сипучі речовини, Рідини
температура довкілля	-40 ... 80 °C
Тип вимірювання	Радарний
вимірювана величина	Рівень

Рис. 2.9. Специфікація радарного датчика VEGAPULS 61



Рис. 2.10. Зовнішній вигляд ємнісного датчика KOBOLD NMC

Принцип роботи KOBOLD NMC полягає на методі ємнісного виміру рівня. Вимірювальний електрод та стінка резервуара чи другий електрод утворюють обкладки конденсатора. Вимірювальна ємність залежить від середовища, де відбувається вимірювання, чим довше електроди контактують з вимірюваним середовищем, тим ємність зростає більше. Зміна ємності фіксується вбудованим вторинним перетворювачем і формується уніфікований електричний сигнал в діапазоні 4-20 мА

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

Електропневматичні перетворювачі

Для управління пневматичними клапанами для процесу виробництва вершкового масла використано електропневматичний перетворювач Fisher 846-DS1J1L1.

Fisher 846 це електропневматичний перетворювач (I/P), який приймає електричний вхідний сигнал 4–20 мА та перетворює його в пропорційний пневматичний вихідний сигнал 0,2–1,0 бар (3–15 psi).



Рис 2.10 Зовнішній вигляд перетворювача Fisher 846-DS1J1L1

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

Figure 5. Dimensions

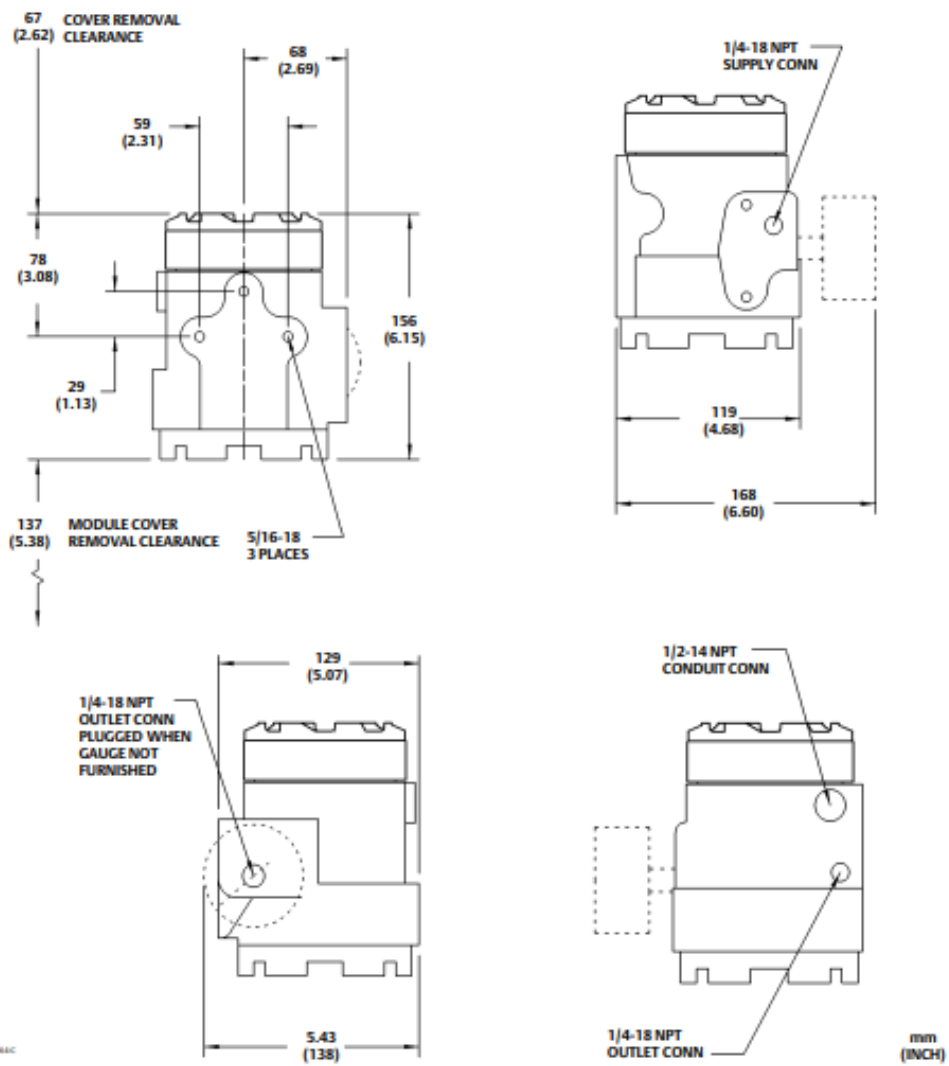


Рис 2.11 Габаритні розміри перетворювача Fisher 846-DS1J1L1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

29

Specifications

Input Signal

4-20 mA DC, field adjustable split ranging

Equivalent Circuit

See figure 4

Output Signal

Standard Performance: ■ 0.2 to 1.0 bar (3 to 15 psi).
 Rangeability between 0.1 to 1.2 bar (1 and 18 psi)
 Multirange Performance: ■ 0 to 1.2 bar (0 to 18 psi),
 ■ 0.4 to 2.0 bar (6 to 30 psi), and ■ 0 to 2.3 bar (0 to
 33 psi) nominal ranges. Actual rangeability available
 between 0.03 to 2.3 bar (0.5 and 33 psi)
 Action: ■ Direct (increasing input signal increases
 transducer output) (Minimum span, 6 psi) or
 ■ Reverse (increasing input signal decreases
 transducer output) (Minimum span, 11 psi)

Supply Pressure

Standard Performance: 1.2 to 1.6 bar
 (18 to 24 psi)
 Multirange Performance:
 Minimum: 0.2 bar (3 psi) [0.14 bar (2 psi) for a 2.3 bar
 (33 psi) output] greater than the maximum calibrated
 output pressure.
 Maximum: 2.4 bar (35 psi)

Supply Pressure Medium

Clean, dry air
 Per ISA Standard 7.0.01
 A maximum 40 micrometer particle size in the air
 system is acceptable. Further filtration down to 5
 micrometer particle size is recommended. Lubricant
 content is not to exceed 1 ppm weight (w/w) or
 volume (v/v) basis. Condensation in the air supply
 should be minimized.
 Per ISO 8573-1
 Maximum particle density size: Class 7
 Oil content: Class 3
 Pressure Dew Point: Class 3 or at least 10°C less than
 the lowest ambient temperature expected

Maximum Steady-State Air Consumption⁽¹⁾

0.3 m³/hr (12 scfh) at 1.4 bar (20 psi) supply pressure

Output Air Capacity⁽¹⁾

Standard Performance: 6.4 m³/hr (240 scfh) at
 1.4 bar (20 psi) supply pressure

Multirange Performance: 9.7 m³/hr (360 scfh) at
 2.5 bar (35 psi) supply pressure

Temperature Limits

Operating: -40 to 85°C (-40 to 185°F)
 Storage: -40 to 93°C (-40 to 200°F)

Humidity Limits

0-100% condensing relative humidity

Performance⁽²⁾

Linearity, Hysteresis, and Repeatability: ±0.3% of
 span

Temperature Effect (total effect including zero and
 span): ±0.07%/°C (0.045%/°F) of span

Vibration Effect: ±0.3% of span per g during the
 following conditions:
 5-15 Hz at 4 mm constant displacement
 15-150 Hz at 2 g, 150-2000 Hz at 1 g,
 per SAMA Standard PMC 31.1, Sec. 5.3, Condition 3,
 Steady State

Shock Effect: ±0.5% of span, when tested per SAMA
 Standard PMC 31.1, Sec. 5.4

Supply Pressure Effect: Negligible

Electromagnetic Interference (EMI): Tested per IEC
 61326-1:2013. Meets emission levels for Class A
 equipment (industrial locations) and Class B
 equipment (domestic locations). Meets immunity
 requirements for industrial locations (Table A.1).
 Immunity performance is shown in table 1.

Leak Sensitivity: Less than 1.0% of span for up to
 4.8 m³/hr (180 scfh) downstream leakage

Overpressure Effect: Less than 0.25% of span for
 misapplication of up to 7.0 bar (100 psi) supply
 pressure for less than 5 minutes to the input port

Reverse Polarity Protection: No damage occurs from
 reversal of normal supply current (4-20 mA) or from
 misapplication of up to 100 mA

Connections

Supply and Output Pressure: 1/4-18 NPT internal
 connection
 Electrical: 1/2-14 NPT internal conduit connection

- continued -

Рис 2.12.1 Специфікація перетворювача Fisher 846-DS1J1L1

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

Specifications (Continued)

Adjustments

Zero and Span: Screwdriver adjustments located in terminal compartment

Remote Pressure Reading (optional)

ON or OFF; jumper selectable
 Frequency Range: 0-10,000 Hz
 Amplitude: 0.4-1.0 V_{p-p}

Required Operating Voltage

Min. 6.0 V (at 4 mA)
 Max. 7.2 V (at 20 mA)
 with Remote Pressure Reading ON
 Min. 6.4 V (at 4 mA)
 Max. 8.2 V (at 20 mA)

Electrical Classification

Hazardous Area
 see Bulletin 9.2:001 ([D103222X012](#))
 CSA C/US—Intrinsically Safe, Explosion-proof, Non-Incendive
 FM—Intrinsically Safe, Explosion-proof, Non-Incendive
 ATEX—Intrinsically Safe, Flameproof, Type n
 IECEx—Intrinsically Safe, Flameproof

Electrical Housing

Tropicalization (Fungus test per MIL-STD-810)
 CSA C/US—Type 4X
 FM—Type 4X
 ATEX—IP66⁽³⁾
 IECEx—IP66⁽³⁾

Other Classifications/Certifications

CUTR— Customs Union Technical Regulations (Russian, Kazakhstan, Belarus, and Armenia)
 ESMA— Emirates Authority for Standardization and Metrology - ECAS-Ex (UAE)
 INMETRO—National Institute of Metrology, Quality, and Technology (Brazil)
 KGS—Korea Gas Safety Corporation (South Korea)
 NEPSI— National Supervision and Inspection Centre for Explosion Protection and Safety of Instrumentation (China)
 PESO CCOE— Petroleum and Explosives Safety Organization - Chief Controller of Explosives (India)
 Contact your [Emerson sales office](#) for classification/certification specific information

Construction Materials

Housing
 ■ ASTM: A03600 material composition alloy or
 ■ CF8M
 O-Rings
 Nitrile, except silicone for sensor O-rings

Mounting

■ Actuator, ■ pipestand, or ■ surface

Weight

Aluminum: 2.9 kg (6.5 lb) excluding options
 Stainless Steel: 6.7 kg (14.8 lb) excluding options

Options

■ Fisher 67CFR filter regulator, ■ supply and output gauges, ■ remote pressure reading, or ■ stainless steel mounting bracket

Рис 2.12.2 Продовження специфікації перетворювача Fisher 846-DS1J1L1

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

Пневматично-клапанна система

В якості пристроїв, які будуть керувати проходженням потоку вершків, було обрано модульну пневматично-клапанну систему AVENTICS CL03.

Система AVENTICS CL03 керує пневматичними потоками за допомогою електричних сигналів. Коли подається імпульс від електромагніта, у корпусі клапана зміщується золотник, і повітря направляється в потрібну сторону. Завдяки цьому можна точно регулювати роботу будь-яких пневматичних виконавчих механізмів.

Усі клапани розміщені на одній базовій плиті, що дозволяє легко додавати або замінювати їх у будь-якій комбінації. Така конструкція робить систему гнучкою: можна підлаштувати її під конкретні завдання без зайвих складнощів. Щоби забезпечити герметичність, у клапанах застосовано м'які ущільнення, які надійно перешкоджають витокам повітря під час перемикання. При цьому сам процес керування виконується через пілотні клапани: стиснене повітря із зовнішнього джерела спрямовується до них, а ті, у свою чергу, відкривають або закривають основні канали клапанів.

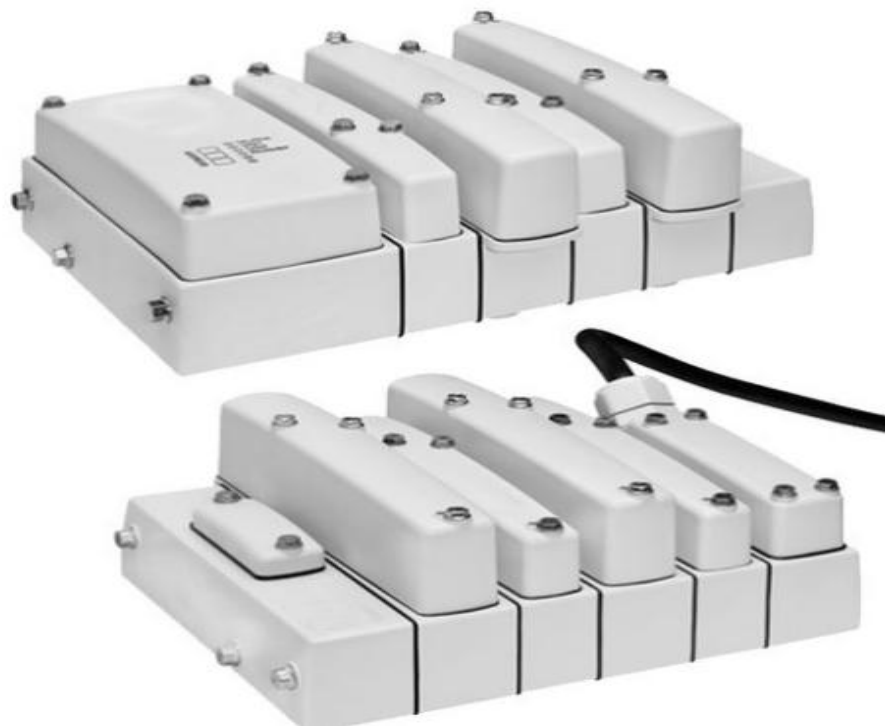


Рис 2.13 Зовнішній вигляд пневматично-клапанної системи AVENTICS CL03

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

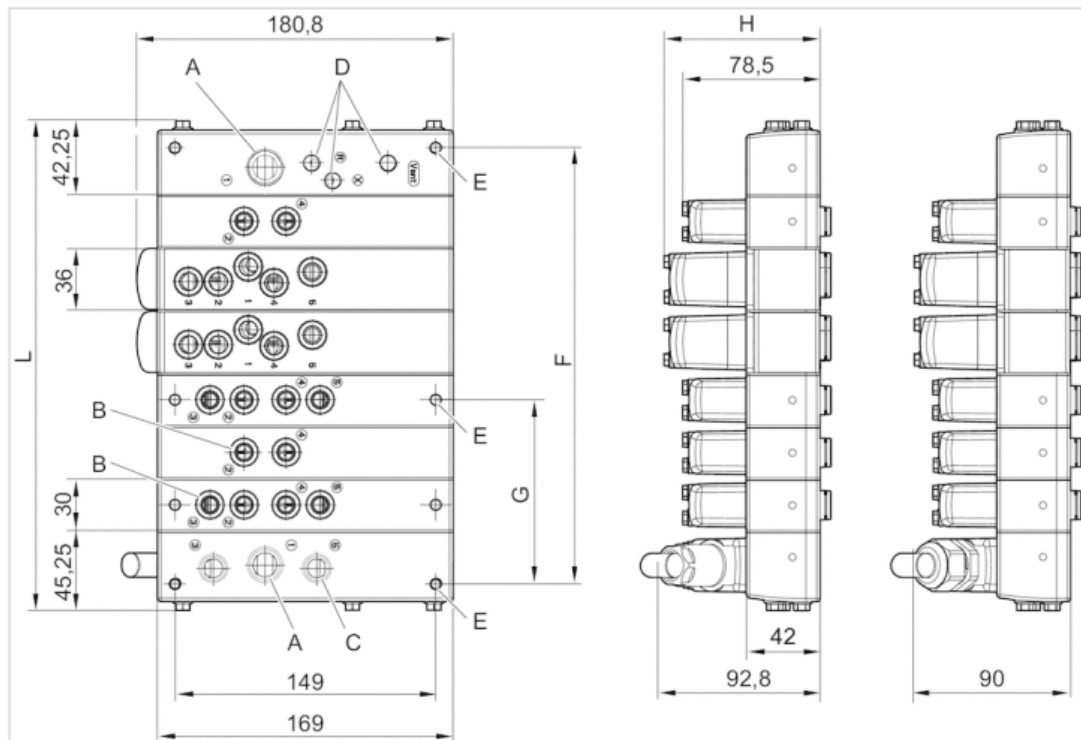


Рис 2.14. Габаритні розміри пневматично-клапанної системи AVENTICS CL03

Blocking principle	Single base plate principle
Certificates	UR (Underwriters Laboratories)
Working pressure min./max.	-0.95 ... 10 bar
Control pressure min./max.	3 ... 10 bar
Ambient temperature min./max.	0 ... 50 °C
Medium temperature min./max.	0 ... 50 °C
Medium	Compressed air
Max. particle size	5 µm
Oil content of compressed air	0 ... 5 mg/m ³
Nominal flow Q _n	1100 l/min
Operational voltage electronics	24 V DC
Number of valve positions max.	18
Protection class with connection	IP65 IP67 IP69K
DC operating voltage	24 V
	An example configuration is illustrated. The delivered product may thus deviate from the illustration.

Рис 2.15 Специфікація пневматично-клапанної системи AVENTICS CL03

2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації процесу виробництва вершкового масла відображено регулювання: кількості подачі вершків і молока, температури охолодження та пастеризації, рівня в приймальних ємностях та резервуарах, а також автоматичне керування насосами у залежності від рівня продукту в технологічних апаратах.

Кількість подачі вершків у приймальну ванну (позиція 2) вимірюється витратоміром KOBOLD DRS (поз. 15а), імпульсні сигнали від якого надходять до модуля дискретних входів BMX DDI 1602 ПЛК М340. Подача вершків регулюється пневматичним клапаном AVENTICS CL03(поз. 15в), який приводиться в дію електропневматичним перетворювачем Fisher 846-DS1J1L1, що отримує дискретний електричний сигнал від модуля дискретних виходів BMX DDO 1602. Рівень у ванні контролюється ємнісним рівнеміром KOBOLD NMC (поз. 9а), уніфікований сигнал 4–20 мА надходить до модуля аналогових входів BMX AMI 0810. За досягнення заданого рівня активується насос Grubdfos TP-150-110/6 (поз. М1) через магнітний пускач Carlo Gavazzi RZ3A60D40P, керований сигналом із того ж модуля дискретних виходів.

Охолодження вершків здійснюється у пластинчастому теплообміннику (поз. 2). Вершки потрапляють до нього через клапан PV25G (поз. 16в), що відкривається за сигналом витратоміра DRS (поз. 16а). Температура контролюється термперетворювачем Pt100 TCM-0890 (поз. 1а), сигнал з якого надходить до модуля аналогових входів. Подача холодоагенту регулюється клапаном (поз. 1в), керованим через електропневматичний перетворювач за сигналом від аналогового виходу BMX AMO 0802.

З охолодження вершки направляються в ємність для зберігання (поз. 3). Впуск вершків у ємність відбувається через клапани (поз. 17в та 20в), що відкриваються за сигналами витратомірів KOBOLD DRS (поз. 17а та 20а).

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

Окремо здійснюється приймання молока, що зберігається в ємності (поз. 4). Його кількість контролюється витратоміром KOBOLD DRS (поз. 18а), а впуск здійснюється через клапан (поз. 18в). Рівень у ємності вимірюється рівнеміром KOBOLD NMC (поз. 11а), який подає сигнал до ПЛК для запуску насоса М2, підключеного через магнітний пускач та модуль дискретних виходів.

Молоко підігрівається у теплообміннику (поз. 5), через який воно надходить по клапану (поз. 19в) з контролем витратоміром KOBOLD DRS (поз. 19а). Температура гарячої води для підігріву вимірюється термоперетворювачем (поз. 4а), сигнал якого надходить до модуля аналогових входів. Клапан подачі гарячої води (поз. 4в) регулюється відповідно до аналогового сигналу з ПЛК.

Після підігрівання молоко направляється на сепарацію (поз. 6). Зворотна подача на теплообмінник здійснюється через клапан (поз. 12в), відкриття якого керується сигналом з рівнеміра KOBOLD NMC (поз. 12а). Після сепарації продукт надходить до ємності зберігання (поз. 3) через клапан (поз. 20в) і витратомір KOBOLD DRS (поз. 20а), які під'єднані до дискретних модулів ПЛК.

У подальшому вершки з ємності (поз. 3) подаються насосом М3 до пастеризаційної установки (поз. 7). Рівень у ємності контролює датчик KOBOLD NMC (поз. 10а), сигнал якого подається до модуля аналогових входів ПЛК. Подача вершків до пастеризатора регулюється клапаном (поз. 21в) відповідно до імпульсного сигналу витратоміра KOBOLD DRS (поз. 21а). Пастеризація виконується гарячою водою, подача якої здійснюється через клапан (поз. 5в), керований температурним датчиком ТСМ-0890 (поз. 5а). Далі, в тій самій установці, відбувається охолодження вершків льодяною водою, що подається через клапан (поз. 6в), керований датчиком температури ТСМ-0890 (поз. 6а). Сигнали температури надходять у модуль аналогових входів ПЛК.

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

Після охолодження вершки направляються до ємності для фізичного дозрівання (поз. 8) через клапан (поз. 22в) і витратомір KOBOLD DRS (поз. 22а). У процесі визрівання лише вимірюється температура датчиком TCM-0890 (поз. 7а), який надсилає сигнал 4–20 мА до ПЛК.

Підготовлені вершки потрапляють у маслоутворювач періодичної дії (поз. 9) за допомогою насоса М4. Пуск насоса здійснюється при досягненні необхідного рівня, що контролюється рівнеміром VEGAPULS 61 (поз. 13а) з таймером. Подача здійснюється через клапан (поз. 23в) і витратомір KOBOLD DRS (поз. 23а). Температура в маслоутворювачі вимірюється температурним датчиком TCM-0890 (поз. 8а), сигнал якого надходить у систему ПЛК. Готове масло направляється на фасування (поз. 10)

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

2.3. Специфікація засобів загальної схеми автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та 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, 4а, 5а, 6а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань -50...+150 °С	TCM-0890	4	Altavir, Україна
2	1б, 4б, 5б, 6б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, напруга живлення 24 V DC	Fisher 846-DS1J1L1.	4	Emerson, США
3	1в, 4в, 5в, 6в	по місцю	Пневматичний клапан пневматичний сигнал: живлення 140КПа, виходу 20-100 КПа	CL03	4	Aventics, Німеччина
4	2а, 3а, 7а, 8а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань -50...+150 °С	TCM-0890	4	Altavir, Україна
5	9а, 10а, 11а, 13а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань 0-4000 мм	NMC	4	Kobold, Німеччина
6	12а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань 0-4000 мм	NMC	1	Kobold, Німеччина
7	12б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, напруга живлення 24 V DC	Fisher 846-DS1J1L1.	1	Emerson, США

Кваліфікаційна робота

Арк.

37

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
8	12в	по місцю	Пневматичний клапан пневматичний сигнал: живлення 140КПа, виходу 20-100 КПа	CL03	1	Aventics, Німеччина
9	14а	по місцю	Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань 0-4000 мм	VEGAPULS 61	1	VEGA Grieshaber KG, Німеччина
10	15а - 23а	по місцю	Турбінний витратомір з вихідним імпульсним сигналом, напруга живлення 24 V DC	DPE-1230 G3F390	9	Kobold, Німеччина
11	15б - 23б	на щиті	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа, напруга живлення 24 V DC	Fisher 846- DS1J1L1.	9	Emerson, США
12	15в - 23в	по місцю	Пневматичний клапан пневматичний сигнал: живлення 140КПа, виходу 20-100 КПа	CL03	9	Aventics, Німеччина
13	КМ1, КМ2, КМ3, КМ4	по місцю	Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 V AC, струм комутації 40А	Carlo Gavazzi RZ3A60D40P	4	СВ «Альтера», Україна
14	М1, М2, М3, М4	на щиті	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5,5 кВт, напруга живлення 380 В	Grundfos TP 150-110/6	4	ООО «Насос- Монтаж», Україна

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Система автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання побудована на ПЛК М340 від компанії Schneider Electric. Модулі для ПЛК М340 представлено в таблиці 3.1 та їх компонування наведено на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК М340.

№	Найменування модуля	Тип /Марка	Кількість	Примітка
1	Центральний процесорний модуль	BMX P34 2020		Центральний блок контролера Modicon M340 з Ethernet-інтерфейсом
2	Блок живлення ПЛК	BMX CPS 2000	1	Для живлення центрального процесора та модулів вводу/виводу
3	Модуль аналогових входів	BMX AMI 0810	2	8 каналів 4–20 мА для підключення датчиків температури, рівня, тиску
4	Модуль аналогових виходів	BMX AMO 0802	1	8 каналів 4–20 мА для керування клапанами, частотними перетворювачами
5	Модуль дискретних входів	BMX DDI 1602	1	16 входів 24 V DC для підключення поплавкових датчиків, кінцевих вимикачів
6	Модуль дискретних виходів	BMX DDO 1602	1	8 виходів 24 V DC для пускачів, клапанів та світлової індикації

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Добряков М.М.			Розробка системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.					39	9
Зав. каф.		Смітюх Я.В.				НУХТ АК-4-1		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

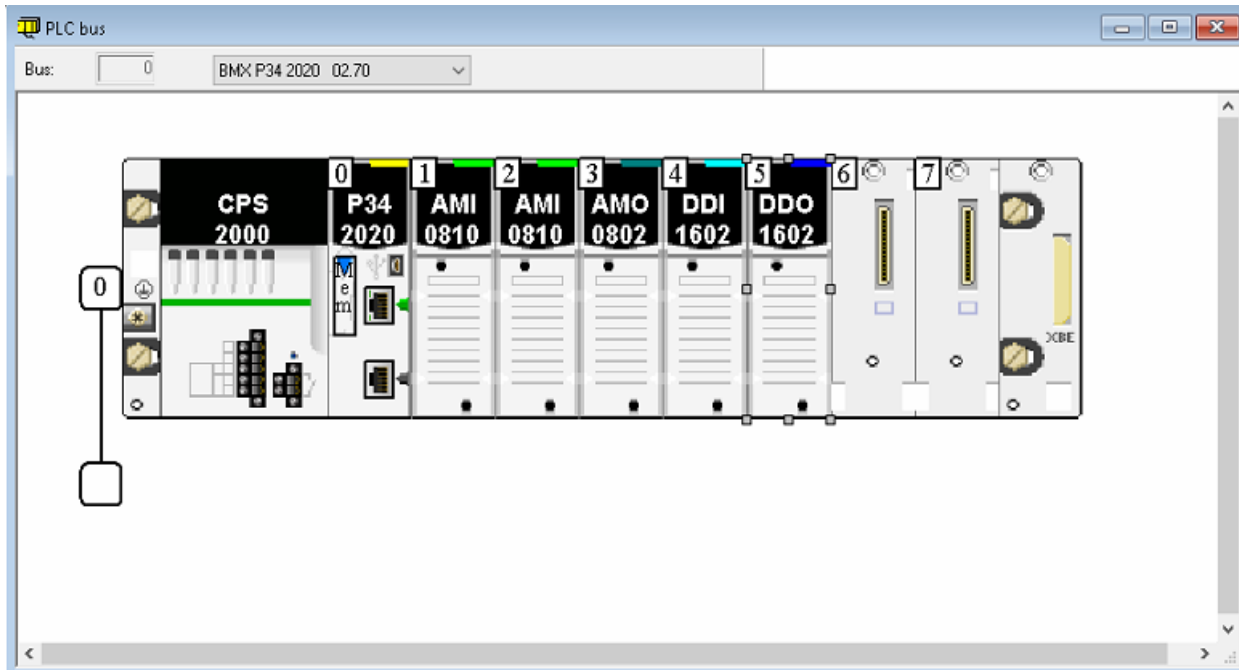


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК М340

У межах розробки системи автоматизованого керування процесом пастеризації вершків було застосовано низку модулів вводу та виводу з серії Modicon M340, розроблених компанією Schneider Electric, що забезпечують надійну обробку як аналогових, так і дискретних сигналів. Центром обробки логіки та прийняття рішень виступає центральний процесорний модуль BMX P34 2000, у парі з блоком живлення BMX CPS 2000, який стабілізує напругу для функціонування системи.

Передача даних із польових аналогових датчиків, які фіксують температурні, рівневі та тискові характеристики середовища, здійснюється у вигляді уніфікованого струмового сигналу в діапазоні 4–20 мА. Ці сигнали надходять до модуля аналогових входів BMX AMI 0810, де вони перетворюються у цифрові значення та передаються на обробку до контролера. На підставі проаналізованих значень центральний модуль формує відповідні керуючі впливи згідно з логікою алгоритмів.

Дані керуючі сигнали передаються у аналоговому форматі за допомогою модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802, який перетворює цифрову інформацію у струмовий сигнал 4–20 мА, що надходить на електропневматичні виконавчі пристрої. Завдяки цьому забезпечується точне позиціонування пневматичних клапанів, які регулюють потоки теплоносіїв та продукту у відповідних секціях установки. Такий спосіб реалізації керування дозволяє забезпечити плавну зміну параметрів процесу у реальному часі, без стрибкоподібних переходів та збереженням стабільності.

Інша група сигналів, яка надходить до контролера, формується дискретними датчиками, що передають імпульсні повідомлення. Зокрема, імпульсні виходи витратомірів або контактних сенсорів зчитуються через модуль дискретних входів ВМХ DDI 1602. Прийняті сигнали фіксуються ПЛК, а їх кількість використовується для обчислення фактичних витрат рідин у технологічному циклі, що дозволяє забезпечити точне дозування та облік використаної сировини або допоміжних речовин.

Для безпосереднього керування виконавчими пристроями з цифровим управлінням система передбачає використання модуля дискретних виходів ВМХ DDO 1602. Саме цей модуль подає сигнали на електромагнітні пускачі насосів, зокрема КМ1–КМ4, дозволяючи вмикати чи вимикати двигуни М1–М4 у відповідності до поточної технологічної потреби. Також за допомогою цього модуля здійснюється керування електропневматичними приводами дискретної дії, які виконують функції відкриття або закриття трубопровідної арматури на ключових ділянках пастеризаційної установки.

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

Опис центрального процесорного модуля ВМХ Р34 2020

Центральний модуль ВМХ Р34 2020 входить до складу лінійки контролерів Modicon М340 від Schneider Electric. Цей процесорний модуль підтримує до 1024 дискретних і до 256 аналогових входів/виходів, що дозволяє реалізувати комплексні системи автоматизації з великою кількістю параметрів .

Маючи вбудований модуль комунікації по Modbus RS-232/RS-485 через роз'єм RJ45, модуль може функціонувати одночасно з програмувальною USB-лінкою .

Обчислювальні та оперативні можливості рішення достатні для типових задач середнього рівня автоматизації: модуль має 4 МБ оперативної пам'яті та підтримку зовнішньої SD-картки до 128 МБ для збереження програми, налаштувань або архівних даних . Обчислювальна пропускна здатність контролера досягає приблизно 8,1 тис. інструкцій за секунду, що забезпечує швидке реагування на зміни технологічного стану .

З точки зору експлуатації, модуль має зручний фронтальний інтерфейс із LED-індикацією станів живлення, обміну даними, стану програми та пам'яті SD-карти. Це полегшує діагностику та обслуговування системи у полі без необхідності підключення ПК .

Модуль ВМХ Р34 2020 спроектований для застосування в умовах промислових середовищ: його компоненти відповідають вимогам вібраційної та температурної стійкості від -25 °С до +70 °С і мають захищене конформне покриття для надійності в реальному виробництві

Крім того, процесор оснащений роз'ємом програмування по USB типу mini-B, що дозволяє використовувати стандартні кабелі USB 2.0 для підключення до ПЛК-програматора без потреби у спеціальних адаптерах

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опис блоку живлення BMX CPS 2000

Центральний блок живлення BMX CPS 2000 призначений для забезпечення стабільних напруг 24 V DC та 3,3 V DC, підтримуючи функціонування контролера та периферії в системах автоматизації.

Пристрій здатний працювати при вхідній напрузі від 100 до 240 V AC ($\pm 10\%$), з номінальною частотою 50/60 Hz у межах 47–63 Hz, що дозволяє йому використовуватися у різноманітних промислових умовах

Зі сторони вихідних параметрів, BMX CPS 2000 формує три напруги: 24 V DC для датчиків (10,8 W), 24 V DC для I/O модулів та PLC (16,8 W), а також 3,3 V DC для логічного живлення модулів (8,3 W)

Опис модуля BMX AMI 0810

Модуль вводу BMX AMI 0810 є високоякісним аналоговим входом для платформи Modicon. Він має вісім ізольованих каналів, що дозволяє здійснювати вимірювання як струмових (± 20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA), так і сигналів напруги (± 10 V, 0...10 V, 0...5 V, 1...5 V).

Кожен канал забезпечує 15-бітну роздільну здатність плюс знак, що еквівалентно 16-бітному аналого-цифровому перетворенню, та дозволяє досягати похибки вимірювання не більше ніж 0,3 % повного діапазону при температурах до 60 °C ..

Модуль використовує цифрове низько-частотне фільтрування першого порядку, що сприяє згладжуванню перешкод від мережевих коливань .

Опис модуля BMX AMO 0802

BMX AMO 0802 компактний пристрій із вісьма каналами виходу струму у діапазонах 0...20 mA або 4...20 mA, із можливістю конфігурації кожного каналу на відповідний діапазон. Він забезпечує перетворення цифрових значень керуючої інформації ПЛК у фізичні сигнали, що подаються на виконавчі пристрої — електропневмоклапани або аналогові приводи.

Кожен канал має 16-бітне ЦАП із знаком, що гарантує високу роздільну здатність та точність. При нормальній температурі (25 °C) точність становить 0,10 % повного діапазону, а в межах робочої температури (0...60 °C) не

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищує 0,25 % FS . Характеристика температурного дрейфу складає до 45 ppm/°C для обох діапазонів струму.

Модуль отримує живлення від загальної шини контролера (24 V та 3,3 V DC), споживає близько 3,6 W при 24 V і 0,35 W при 3,3 V. Механічна установка здійснюється через знімний 20-контактний термінал, що дозволяє зручне підключення без розривання ланцюгів .

Опис модуля BMX DDO 1602

Модуль BMX DDO 1602 є дискретним виходом позитивної логіки для платформи Modicon X80/M340 виробництва Schneider Electric. Він має 16 транзисторних каналів із підтримкою напруги 24 V DC, що дозволяє керувати зовнішніми пристроями, такими як магнітні пускачі, соленоїдні клапани, індикатори тощо.

Кожен канал забезпечує номінальний вихідний струм 0,5 А, із максимальною короткочасною здатністю до 0,625 А. Загальна межа струму модуля не перевищує 10 А. Резервна напруга при увімкненому каналі складає не більше ніж 1,2 V, а витік у вимкненому стані—до 0,5 mA.

Опис модуля BMX DDI 1602

Модуль BMX DDI 1602 є дискретним входом для Modicon M340. Він оснащений 16 каналами для прийому цифрових імпульсних сигналів логіки “позитивний стік” при напрузі 24 V DC, із типовим струмом споживання близько 3,5 mA на канал.

Кожен канал підтримує під’єднання 2- або 3-провідних датчиків, забезпечуючи високу сумісність з поширеними польовими сенсорами.

Для різних каналів допускається групове використання зовнішнього живлення — допускається паралельне підключення сигналів, що підвищує гнучкість монтажу при резервуванні ліній .

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання включає наступні компоненти:

- QF1-QF3 – вимикачі з захистом по струму;
- БЖ1-БЖ3 – блоки живлення напругою 24 В постійного струму.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання застосовувалася наступна нумерація провідників:

- 800-809 – провідники з змінним струмом;
- 900-979 – провідники з змінним струмом;
- 0800-0813 – пневматичні лінії живлення;
- 0201-0214 – пневматичні лінії регулювання;
- 100-135 – провідники з вимірювальними сигналами;
- 200-217 – провідники з сигналами управління та регулювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури в пластинчатому теплообміннику

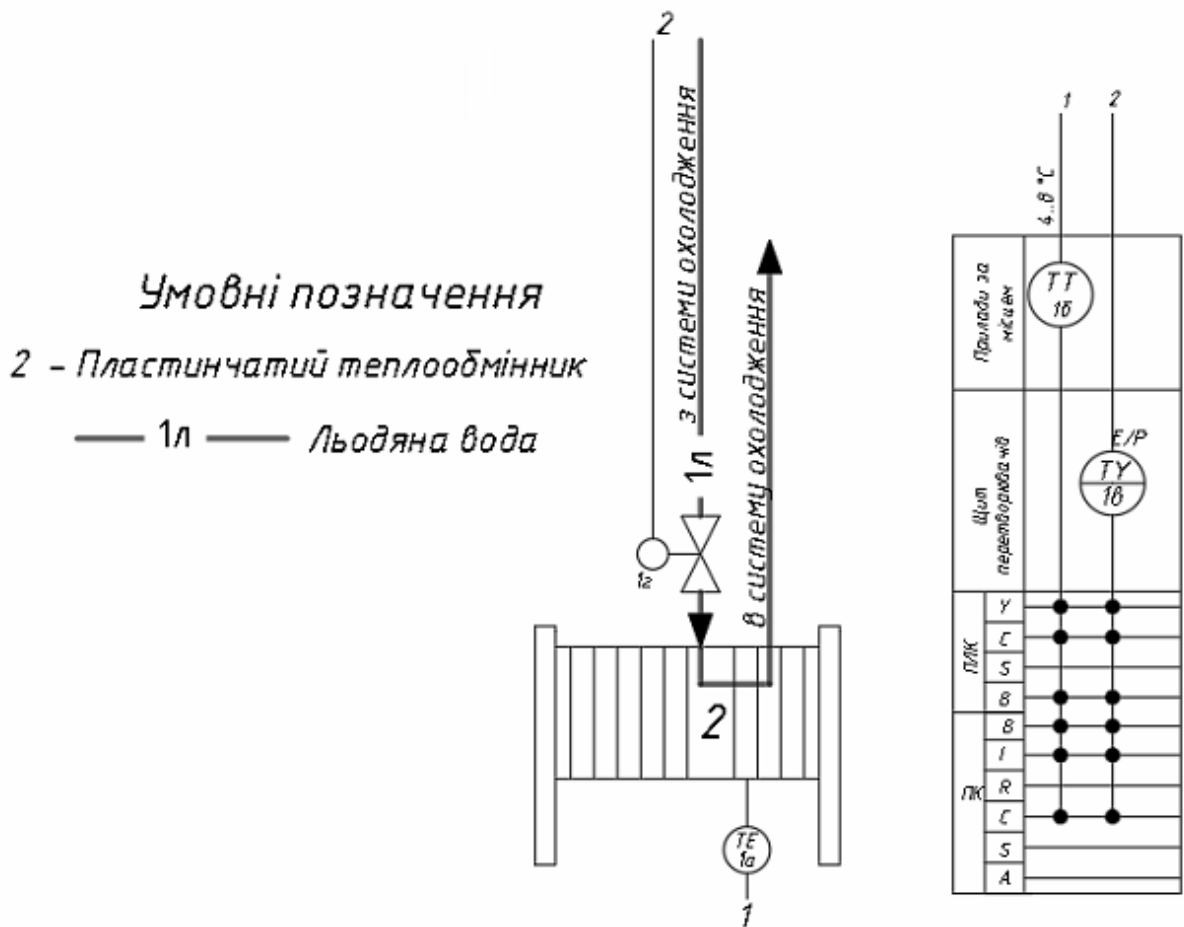


Рис. 3.2. Фрагмент схеми регулювання температури в пластинчатому теплообміннику

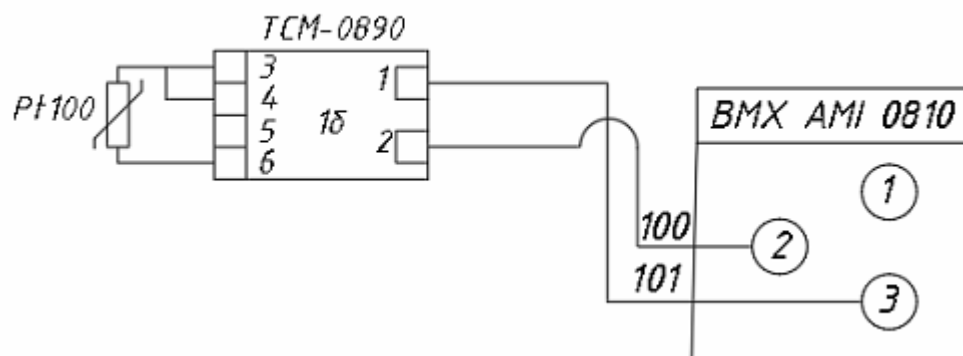


Рис. 3.3. Принципова розширена схема підключення датчика тиску TSM-0890 до модуля BMX AMI 0810.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Вимірювання температури в пластинчатому теплообміннику відбувається термоперетворювачем опору ТСМ-0890. Зовнішній вигляд ТСМ-0890 зображено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Термоперетворювач опору ТСМ-0890

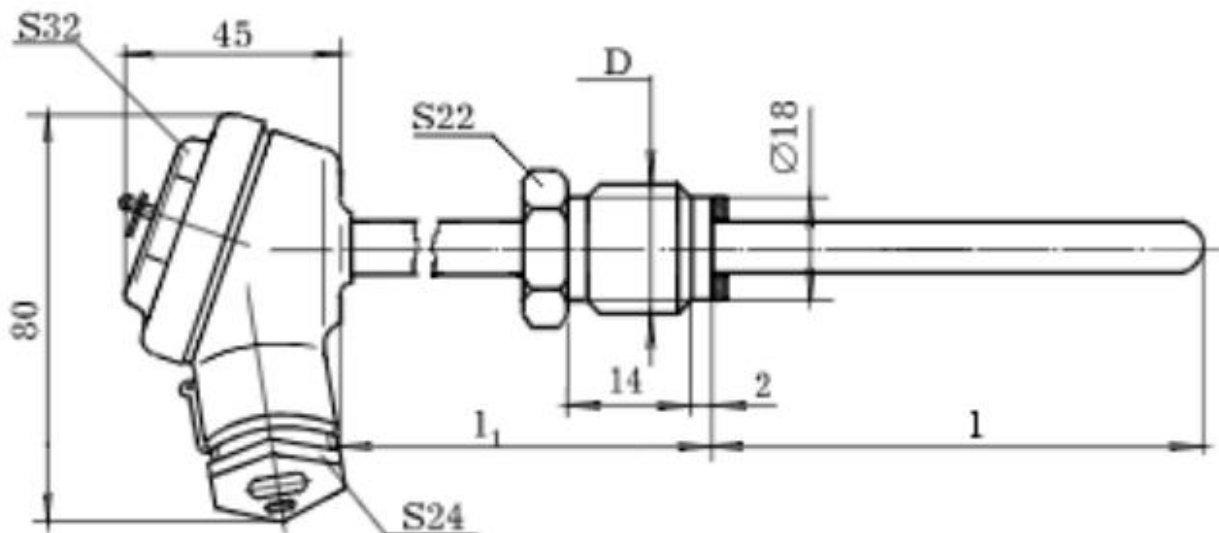


Рис. 4.2. Габаритні розміри термоперетворювача опору ТСМ-0890

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дробот А.О.			<i>Розробка системи автоматизації процесу виготовлення ігристого сидру</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					48	3
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			<i>НУХТ АК-4-1</i>			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

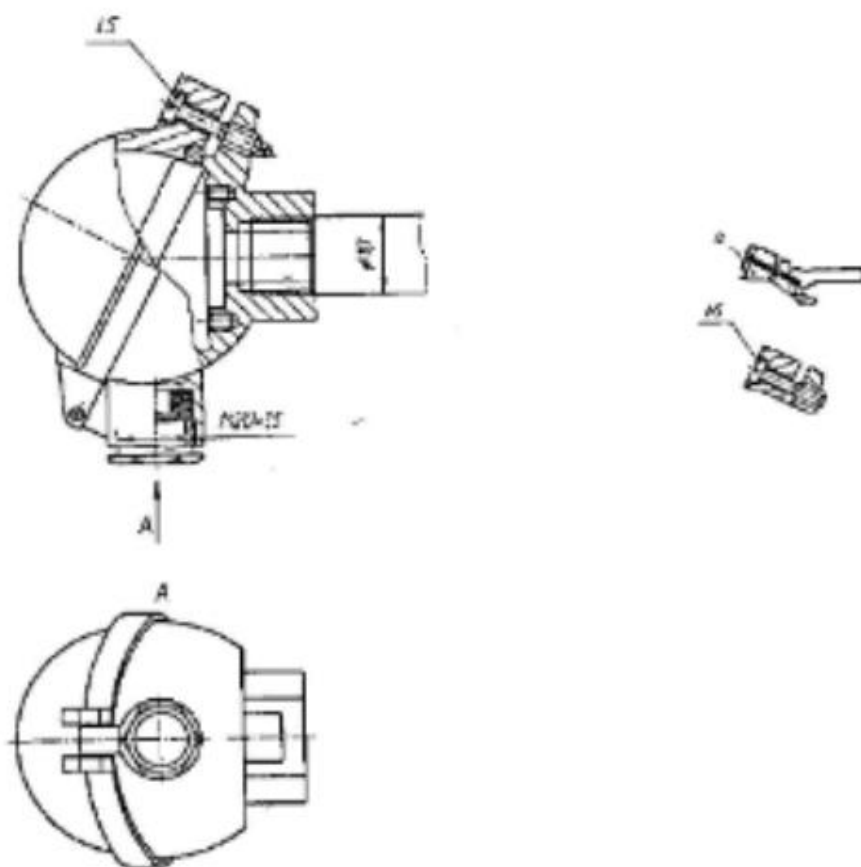


Рис. 4.3. Зовнішня схема термоперетворювача опору ТСМ-0890 з голівкою типу NAA

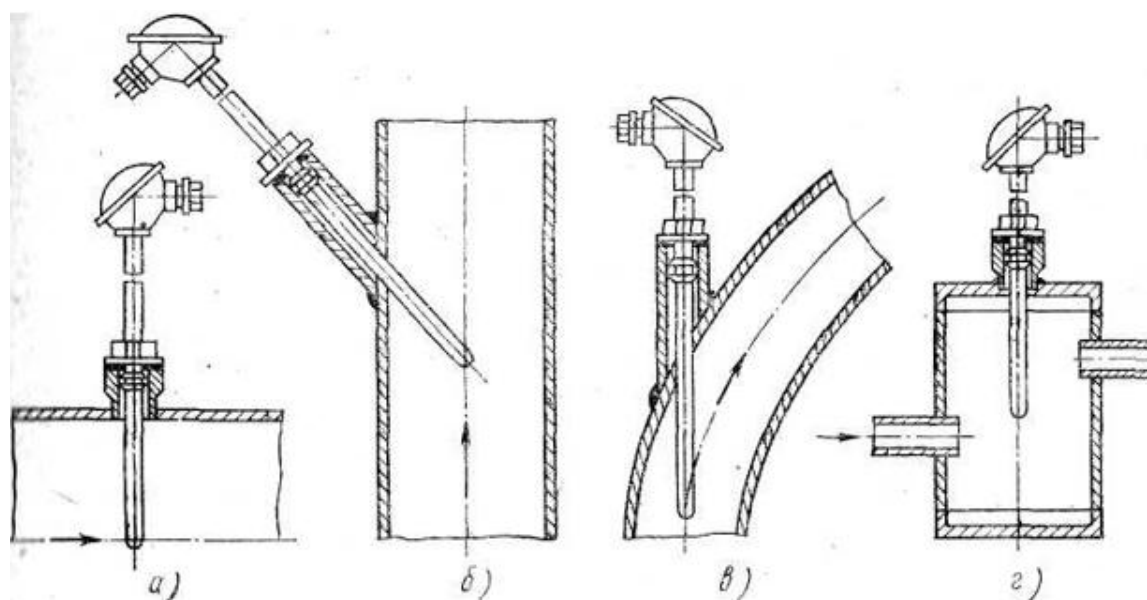


Рис 4.4. Установка термоперетворювачів опору на трубопроводах:
а, б - на горизонтальній і вертикальній ділянках, в - на коліні, г - з допомогою розширювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

49

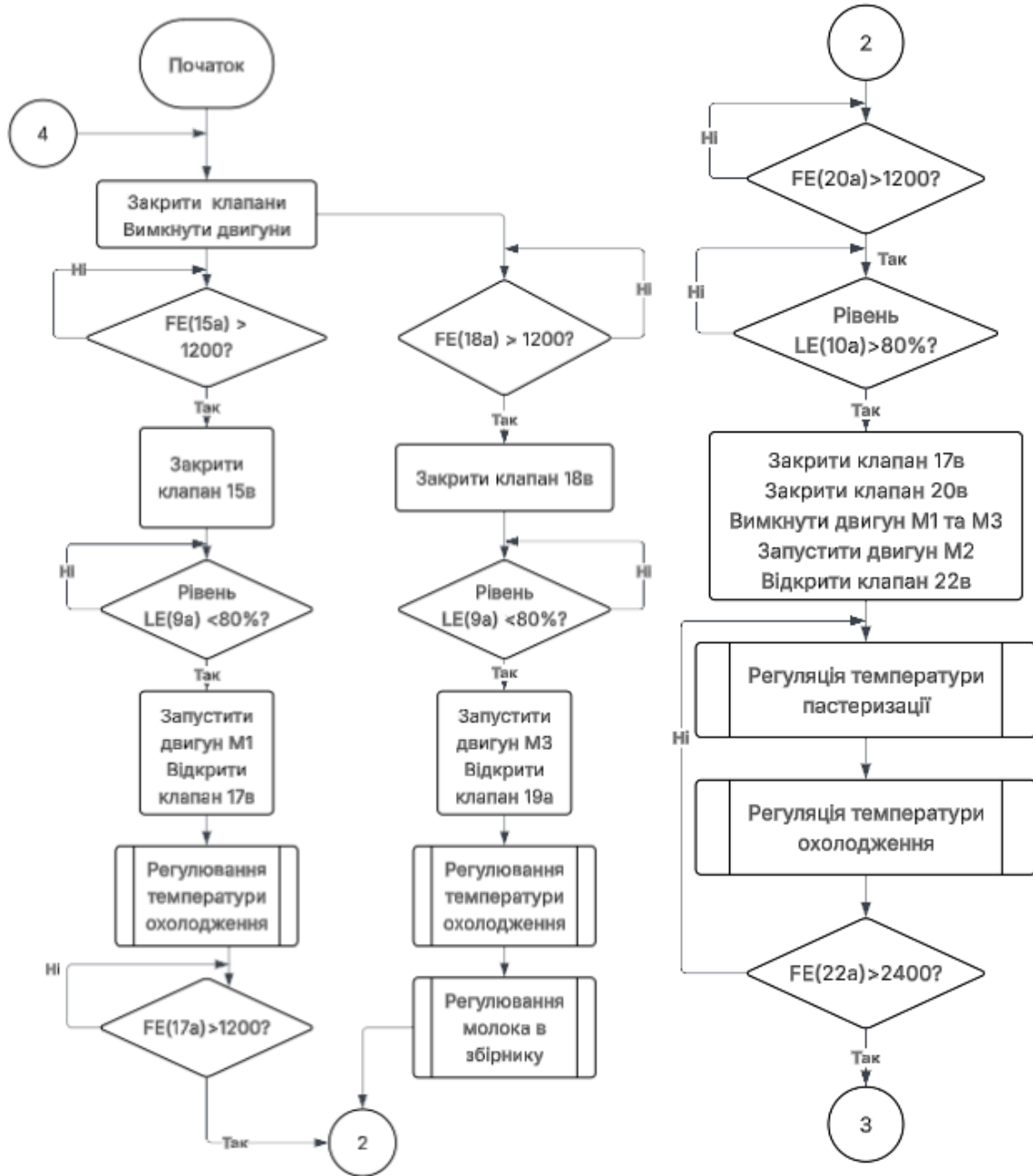
Рекомендації по встановленню термоперетворювачів опору на об'єкти виробництва

- Термоперетворювачі опору, що використовуються для вимірювання температури в технологічному обладнанні та трубопроводах, монтуються у втулку з різьбленням. Внутрішня різьба втулки повинна відповідати зовнішній різьбі штуцера термоперетворювача. Штуцер може бути як рухомим, так і нерухомим.
- Довжина монтажної частини термоперетворювача опору визначається згідно з вимогами замовника і може досягати до 3200 мм.
- Чутливий елемент термоперетворювача розміщується на кінці захисного чохла. У платинових термоперетворювачів довжина чутливого елемента становить 120 мм, а у мідних — 60 мм. Монтаж слід виконувати таким чином, щоб середина чутливого елемента була максимально наближена до точки вимірювання, а результати не спотворювалися впливом температури навколишніх поверхонь.
- Кінцева частина платинового термоперетворювача має бути занурена нижче осі потоку на 50–70 мм, а мідного — на 25–30 мм. Якщо термоперетворювач встановлюється на коліні трубопроводу, чутливий елемент слід орієнтувати проти напрямку потоку і розташовувати по центру потоку вимірюваного середовища.
- Щоб запобігти проникненню повітря в зону відбору імпульсу, втулку необхідно ретельно приварити, а штуцер термоперетворювача герметично ущільнити.
- При горизонтальному або похилому розміщенні термоперетворювача штуцер для вводу кабелів у головку слід орієнтувати вниз, щоб волога не потрапляла на з'єднувальні контакти.
- Підведення дротів до термоперетворювачів зазвичай виконується через гнучкі металорукави довжиною щонайменше 500 мм

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

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

Проходження процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання відбувається за наступним алгоритмом:



Кваліфікаційна робота				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Добряков М.М.		
Керівник		Міркевич Р.М.		
Зав. каф.		Смітюх Я.В.		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.		
Розробка системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання				
		Лім.	Арк.	Аркушів
			51	7
НУХТ АК-4-1				



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

```

.%L1:

```

```

REPEAT

```

```

  RESET KM1; RESET KM2; RESET KM3; RESET KM4;

```

```

  RESET KLD2; RESET KLD3; RESET KLD4; RESET KLD5;

```

```

  RESET KLD6; RESET KLD7; RESET KLD8; RESET KLD9; RESET KLD10;

```

```

  flowCount16 := 0; flowCount17 := 0; flowCount19 := 0;

```

```

  flowCount20 := 0; flowCount21 := 0; flowCount22 := 0;

```

```

  flowCount23 := 0;

```

```

UNTIL NOT START

```

```

END_REPEAT;

```

Кваліфікаційна робота

Арк.

52

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IF START THEN

SET KLD2;

SET KLD5;

SET %M1;

END_IF;

IF %M1 THEN

IF KLD2 THEN

flowCount16 := flowCount16 + 100;

IF flowCount16 >= 1200 THEN

RESET KLD2;

SET KM1;

SET KLD3;

RESET %M1; SET %M2;

END_IF;

END_IF;

END_IF;

IF %M2 THEN

IF KLD3 THEN

flowCount17 := flowCount17 + 100;

IF flowCount17 >= 1200 THEN

RESET KLD3;

SET KLD4;

RESET %M2; SET %M3;

END_IF;

END_IF;

END_IF;

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

```

IF %M3 THEN
  IF KLD5 THEN
    flowCount19 := flowCount19 + 100;
    IF flowCount19 >= 1200 THEN
      RESET KLD5;
      SET KM3;
      SET KLD6;
      RESET %M3; SET %M4;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

```

IF %M4 THEN
  IF KLD6 THEN
    flowCount20 := flowCount20 + 100;
    IF flowCount20 >= 1200 THEN
      RESET KLD6;
      SET KLD1;
      SET KLD7;
      RESET %M4; SET %M5;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

```

IF %M5 THEN
  IF KLD7 THEN
    flowCount21 := flowCount21 + 100;
    IF flowCount21 >= 2400 THEN
      RESET KLD7;
      SET KM2;
      SET KLD8;
      RESET %M5; SET %M6;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

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

```

IF %M6 THEN
  IF KLD8 THEN
    flowCount22 := flowCount22 + 100;
    IF flowCount22 >= 1200 THEN
      RESET KLD8;
      SET KLD9;
      RESET %M6; SET %M7;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

```

IF %M7 THEN
  IF KLD9 THEN
    flowCount23 := flowCount23 + 100;
    IF flowCount23 >= 2400 THEN
      RESET KLD9;
      SET KM4;
      SET KLD10;
      RESET %M7;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

```

IF KLD10 THEN
  flowCount23 := flowCount23 + 100;
  IF flowCount23 >= 2400 THEN
    RESET KLD10;
    JMP %L1;
  END_IF;
END_IF;

```

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

Змінні для програми в ПЛК представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні для програми в ПЛК.

Ім'я змінної	Адреса	Найменування
1	2	3
TT1	Датчик температури 1	%IW0.1.0
TT2	Датчик температури 4	%IW0.1.1
TT3	Датчик температури 5	%IW0.1.2
TT4	Датчик температури 6	%IW0.1.3
TE1	Датчик температури 3	%IW0.1.4
TT2	Датчик температури 4	%IW0.1.5
TT3	Датчик температури 11	%IW0.1.6
TT4	Датчик температури 12	%IW0.1.7
LE1	Датчик рівня 9	%IW0.2.0
LE2	Датчик рівня 10	%IW0.2.1
LE3	Датчик рівня 11	%IW0.2.2
LE4	Датчик рівня 12	%IW0.2.3
LE5	Датчик рівня 13	%IW0.2.4
KLA1	A. Клапан 1	%QW0.3.0
KLA2	A. Клапан 4	%QW0.3.1

KLA3	А. Клапан 5	%QW0.3.2
KLA4	А. Клапан 6	%QW0.3.3
KLD1	Д. Клапан 12	%Q0.4.0
KLD2	Д. Клапан 15	%Q0.4.1
KLD3	Д. Клапан 16	%Q0.4.2
KLD4	Д. Клапан 17	%Q0.4.3
KLD5	Д. Клапан 18	%Q0.4.4
KLD6	Д. Клапан 19	%Q0.4.5
KLD7	Д. Клапан 20	%Q0.4.6
KLD8	Д. Клапан 21	%Q0.4.7
KLD9	Д. Клапан 22	%Q0.4.8
KLD10	Д. Клапан 23	%Q0.4.9
KM1	Двигун 1	%Q0.4.10
KM2	Двигун 2	%Q0.4.11
KM3	Двигун 3	%Q0.4.12
KM4	Двигун 4	%Q0.4.13
FE1	Датчик витрати 15	%I0.5.0
FE2	Датчик витрати 16	%I0.5.1
FE3	Датчик витрати 17	%I0.5.2
FE4	Датчик витрати 18	%I0.5.3
FE5	Датчик витрати 19	%I0.5.4
FE6	Датчик витрати 20	%I0.5.4
FE7	Датчик витрати 21	%I0.5.6
FE8	Датчик витрати 22	%I0.5.7
FE9	Датчик витрати 23	%I0.5.8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема процесу виготовлення ігристого сидру розроблена в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис змінних для SCADA-програми наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1. Опис змінних для SCADA-програми

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TT1	%IW0.1.0	0	10000	-50	+150	INT
TT2	%IW0.1.1	0	10000	-50	+150	INT
TT3	%IW0.1.2	0	10000	-50	+150	INT
TT4	%IW0.1.3	0	10000	-50	+150	INT
TE1	%IW0.1.4	0	10000	-50	+150	INT
TT2	%IW0.1.5	0	10000	-50	+150	INT
TT3	%IW0.1.6	0	10000	-50	+150	INT
TT4	%IW0.1.7	0	10000	-50	+150	INT
LE1	%IW0.2.0	0	10000	0	100	INT
LE2	%IW0.2.1	0	10000	0	100	INT
LE3	%IW0.2.2	0	10000	0	100	INT
LE4	%IW0.2.3	0	10000	0	100	INT
LE5	%IW0.2.4	0	10000	0	100	INT
KLA1	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
KLA2	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
KLA3	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дробот А.О.			Розробка системи автоматизації процесу виготовлення ігристого сидру	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Проскурка Є.С.					58	8
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-1			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Продовження таблиці 6.1.

KLA4	%QW0.3.3	0	10000	0	100	INT
KLD1	%Q0.4.0	0	1	0	1	EBOOL
KLD2	%Q0.4.1	0	1	0	1	EBOOL
KLD3	%Q0.4.2	0	1	0	1	EBOOL
KLD4	%Q0.4.3	0	1	0	1	EBOOL
KLD5	%Q0.4.4	0	1	0	1	EBOOL
KLD6	%Q0.4.5	0	1	0	1	EBOOL
KLD7	%Q0.4.6	0	1	0	1	EBOOL
KLD8	%Q0.4.7	0	1	0	1	EBOOL
KLD9	%Q0.4.8	0	1	0	1	EBOOL
KLD10	%Q0.4.9	0	1	0	1	EBOOL
KM1	%Q0.4.10	0	1	0	1	EBOOL
KM2	%Q0.4.11	0	1	0	1	EBOOL
KM3	%Q0.4.12	0	1	0	1	EBOOL
KM4	%Q0.4.13	0	1	0	1	EBOOL
FE1	%I0.5.0	0	1	0	1	EBOOL
FE2	%I0.5.1	0	1	0	1	EBOOL
FE3	%I0.5.2	0	1	0	1	EBOOL
FE4	%I0.5.3	0	1	0	1	EBOOL
FE5	%I0.5.4	0	1	0	1	EBOOL
FE6	%I0.5.4	0	1	0	1	EBOOL
FE7	%I0.5.6	0	1	0	1	EBOOL
FE8	%I0.5.7	0	1	0	1	EBOOL
FE9	%I0.5.8	0	1	0	1	EBOOL

Кваліфікаційна робота

Арк.

59

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема процесу виробництва вершкового масла надає оператору інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для візуалізації поточних технологічних параметрів і станів виконавчих пристроїв прямо з АРМ (автоматизованого робочого місця). Через цей графічний інтерфейс оператор може відстежувати проходження продукту через кожен етап, та за потреби — вручну керувати клапанами, приводами насосів і виконавчими розподільниками.

Вигляд мнемосхеми процесу виготовлення вершкового масла представлена на рис. 6.2.

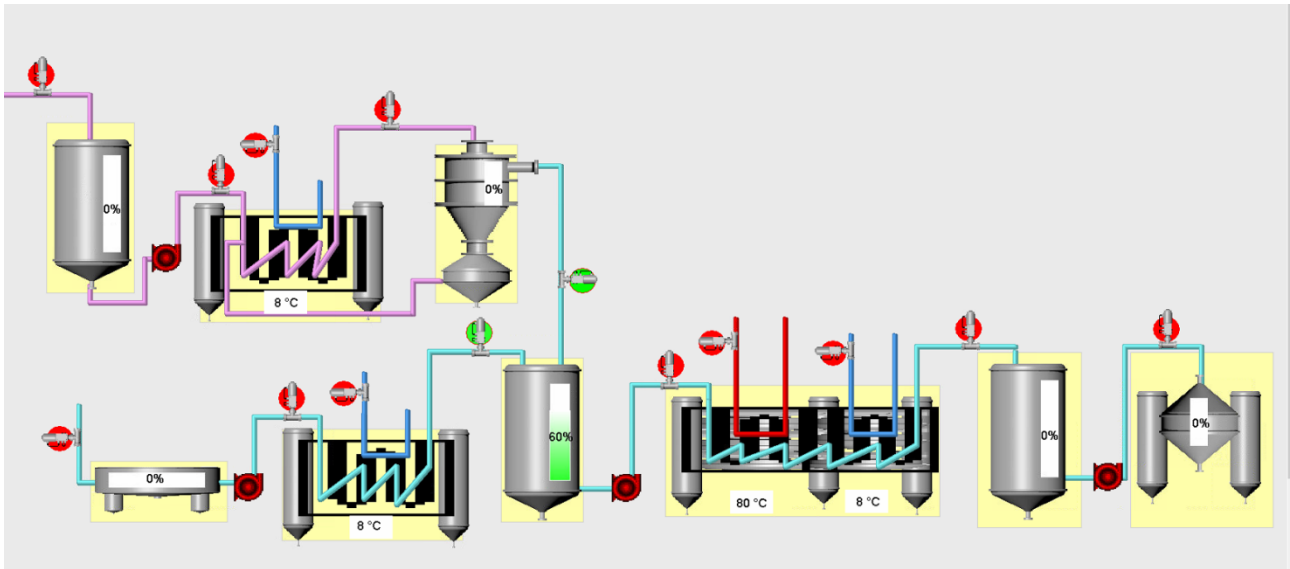


Рис. 6.2. Мнемосхема процесу виготовлення виготовлення вершкового масла методом періодичного збивання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Висновки

У межах кваліфікаційної роботи було розглянуто розробку системи автоматизації процесу виробництва вершкового масла методом періодичного збивання, з урахуванням сучасних вимог до точності керування, гігієнічності процесу та енергоефективності технологічного циклу.

Розроблена система автоматизації побудована на основі промислового логічного контролера Modicon M340. У процесі реалізації було застосовано ряд сучасних засобів автоматизації, зокрема аналогові та дискретні модулі вводу/виводу, датчики температури, рівня та витрат, що забезпечили надійне керування всіма ключовими параметрами.

Окрему увагу приділено створенню дисплейної мнемосхеми для автоматизованого робочого місця оператора, що реалізована у середовищі SCADA з можливістю візуалізації поточних технологічних параметрів, станів виконавчих механізмів, аварійних повідомлень та ручного втручання.

У межах розробки також здійснено структурне проектування логіки керування в мові Structured Text, що дозволило організувати послідовну, циклічну й надійну обробку технологічних кроків, включаючи переходи між станами, затримки та відслідковування витрати продукту через умовні об'ємні підрахунки.

Результати, отримані в ході проектування, підтвердили доцільність впровадження автоматизованої системи у процес виробництва масла методом періодичного збивання. Автоматизація ключових ділянок дозволяє значно знизити вплив людського фактора, зменшити втрати сировини, скоротити час перебування продукту в зоні ризику бактеріального забруднення, а також забезпечити точне дотримання температурних режимів на кожному етапі.

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

Список використаних джерел

1. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць.К.: НУХТ, 2016. – 29 с.
2. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітньо-професійної програми "Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації" денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад.: І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка; Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2022. – 96 с. – каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління.
3. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. К.: Ліра-К, 2014.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. К. : Видавництво Ліра-К, 2015. 378 с.
6. 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.
7. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб. К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

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

8. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
9. 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.
10. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
11. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
12. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

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

17. 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.
18. 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.
19. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
20. 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.
21. 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)
22. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька,
23. В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018.– 368 с.
24. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
25. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
26. 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

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

27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
31. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
32. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
33. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.

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