МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Кваліфікаційна робота

_____Бакалавр_____
(рівень вищої освіти)

на тему_____Проєкт автоматизації процесу пастеризування молока в умовах сільськогосподарського виробництва. Система автоматичного регулювання температури пастеризації___

Виконав: студент _4_ курсу, групи____6.1511_____
спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
(код і назва спеціальності)
освітньої програми_____
_____
(назва освітньої програми)

спеціалізації ___Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології__
(код і назва спеціальності)
_____Русаков О.В._____
(ініціали та прізвище

Керівник __Овчинникова І.А. доцент_____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент _ директор ТОВ Електротехмаш
_____Курілець І.А._____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
20_25_

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти бакалавр
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва)
Спеціалізація
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
"__" _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)
Русакову Олександру Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проєкт автоматизації процесу пастеризування молока в умовах сільськогосподарського виробництва. Система автоматичного регулювання температури пастеризації
Керівник роботи Овчиннова І.А. доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "27" грудня 2024 року № 2029-с
2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технологічного завдання; проектування системи автоматизації пастеризації молока; розробка технічної документації; техніко-економічні показники; охорона праці та техногенна безпека
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
функціональна схема автоматизації, принципова електрична схема, монтажно-комутаційна схема, схема завнішніх з'єднань
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Овчинникова І.А. доцент		
2	Овчинникова І.А. доцент		
3	Овчинникова І.А. доцент		
4	Овчинникова І.А. доцент		
5	Овчинникова І.А. доцент		

6	Овчиннова І.А. доцент		

7. Дата видачі завдання 14.04.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	14.04-18.04 2025	
2	Розробка схеми інформаційних потоків	19.04-22.04 2025	
3	Розробка технологічного завдання	23.04-28.04 2025	
4	Проектування системи автоматизації пастеризації молока	29.04-11.05 2025	
5	Розробка технічної документації	12.05-19.05 2025	
6	Техніко-економічні показники	20.05-28.05 2025	
7	Охорона праці та техногенна безпека	29.05-10.06 2025	
8	Презентіція, нормоконтроль, доповідь	11.06-15.06 2025	

Студент _____ Русаков О.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ Овчинникова І.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Овчинникова І.А.
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 74 сторінки основного тексту, -38 рисунків, додатки на сторінці 81.

У кваліфікаційній роботі досліджується питання автоматизації виробництва пастеризованого молока з акцентом на застосування сучасних технологій управління та регулювання параметрів процесу. Робота включає детальний опис технологічного процесу, методи розробки та впровадження системи автоматичного регулювання (САР), а також економічну оцінку ефективності автоматизації. Запропонована САР забезпечує оптимальний контроль температури, витрати енергоресурсів та якість готової продукції, що дозволяє підвищити продуктивність виробництва та зменшити операційні витрати.

Запропонована система автоматичного регулювання дозволяє забезпечити стабільні технологічні параметри процесу пастеризації молока, мінімізуючи відхилення від нормативних значень. Автоматизація сприяє зниженню витрат на енергоспоживання, оптимізації кадрових ресурсів та підвищенню якості кінцевого продукту.

Ключові слова: САР, система автоматичного регулювання, молоко, пастеризація, автоматизація, PID-регулятор, PLC, економічний аналіз.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Опис технологічного процесу 8
1.2 Недоліки існуючої системи автоматизації 12
1.3 Технологічне завдання 13
1.4 Схема інформаційних потоків 15
2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА 21
2.1 Функціональна схема автоматизації системи управління пастеризації молока 21
2.2 Принципова електрична схема 22
2.3 Принципова електрична схема живлення 22
2.4 Монтажно-комутаційна схема щита КВПіА 23
2.5 Зовнішній вигляд щита КВПіАЇ 24
2.6 Схема зовнішніх з’єднань 24
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРИЛАДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ 26
3.1Первинні перетворювачі 26
3.2 Нормуючі перетворювачі 31
3.3 Лічильники 33
3.4 Індикатори 43
3.5 Виконавчі механізми 46
3.6 ПЛК 59
4 РОЗРАХУВАННЯ ПІД-ЗАКОНУ РЕГУЛЯТОРА 66
5 РОЗРАХІНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ 59
6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ 71
ВИСНОВКИ 79
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА 80

ВСТУП

Пастеризація молока є одним із ключових технологічних процесів у молочному виробництві, що забезпечує знезараження продукту, збереження його якості та безпечність для споживачів. Умови сільськогосподарського виробництва накладають особливі вимоги до автоматизації цього процесу, зокрема необхідність забезпечення стабільності температурного режиму, енергоефективності та відповідності санітарним нормам.

Ручне керування процесом пастеризації може призводити до нестабільності температури, що впливає на якість кінцевого продукту. Високотемпературне пастеризування вимагає точного регулювання, оскільки найменші коливання можуть спричинити втрати харчової цінності або недосягнення необхідного рівня безпечності молока. Саме тому автоматизація цього процесу є актуальним завданням, що сприяє підвищенню ефективності виробництва, мінімізації людського фактору та зниженню витрат.

Проєкт розглядає розробку системи автоматичного регулювання температури пастеризації, яка інтегрується з виробничими лініями сільськогосподарських підприємств. Запропоноване рішення передбачає впровадження датчиків контролю температури, програмованих логічних контролерів (PLC) та інтелектуальних алгоритмів регулювання, що дозволяють забезпечити стабільність процесу без необхідності ручного втручання.

Дослідження спрямоване на створення надійної, високоточної та енергоефективної автоматизованої системи, яка забезпечить оптимальні умови пастеризації молока в умовах сільськогосподарського виробництва.

Реалізація такого підходу дозволить підвищити продуктивність, забезпечити відповідність міжнародним стандартам якості та розширити

можливості застосування автоматизованих рішень у харчовій промисловості.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічного процесу

Пастеризоване молоко - це один з найпоширеніших молочних продуктів, який використовується у всьому світі. Цей продукт отримують шляхом пастеризації - процесу, який був названий на честь Луї Пастера. Пастеризація молока полягає в його нагріванні до певної температури з метою знищення шкідливих мікроорганізмів, що можуть спричинити хвороби. Цей процес дозволяє зберегти корисні властивості молока, а також подовжити термін його придатності. Пастеризоване молоко використовується як самостійний продукт, а також як інгредієнт у виробництві різноманітних молочних продуктів. Завдяки своїм високим харчовим властивостям і безпеці, пастеризоване молоко є важливою частиною раціону людей різного віку.

Технологічний процес виробництва пастеризованого молока включає такі операції:

- приймання і підготовка сировини;
- очищення;
- нормалізація;
- гомогенізація;
- пастеризація і охолодження;
- розлив;
- пакування;
- маркування;
- зберігання й транспортування.

Блок-схему лінії по виробництву пастеризованого молока наведено на рисунку 1.1.

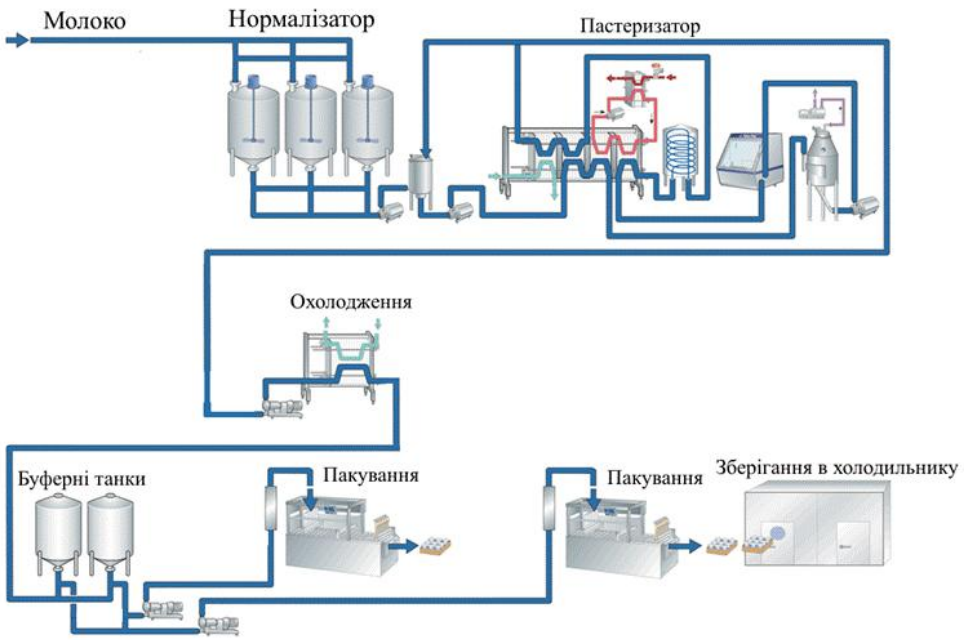


Рисунок 1.1 – Блок-схема лінії по виробництву пастеризованого молока

Приймання молока та його оцінка якості: приймають молоко за ДСТУ 3662:2018. Якість його оцінюють за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідно до нормативних документів.

Підігрів та очищення молока: підігрівають до 40±5 °С. Молоко, що надходить на завод, містить механічні включення, тому застосовують відцентрове очищення молока на сепараторах-молокоочисниках.

Нормалізація: нормалізація здійснюється на сепараторах - нормалізаторах при t=40-45С у потоці шляхом змішування вершків та знежиреного молока у таких пропорціях, щоб забезпечити задану жирність молока.

Гомогенізація: підігрівають молоко до температури 45-85С і нормалізована суміш надходить у гомогенізатор. При тиску 125 ± 175 МПа. У гомогенізаторі відбувається роздроблення жирових кульок, а дестабілізований внаслідок механічного та теплового впливу молочний

жир набуває білково-лецитинової оболонки. Розмір жирових кульок при гомогенізації зменшується у 10 разів. Завдяки гомогенізації молока протягом терміну реалізації уповільнюється утворення вершкового затору на поверхні молока.

Пастеризація: теплова обробка молока при температурах нижче за точку його кипіння. Основна мета пастеризації молока - знешкодити молоко у мікробіологічному відношенні, інактивувати ферменти, надати молоку певного смаку і запаху. Пастеризацією можна послабити або знищити деякі вади смаку та запаху молока. Пастеризація молока в поєднанні з охолодженням та асептичним розливом, що виключає вторинне обсіменіння мікроорганізмами, запобігає псуванню продукту при зберіганні. Пастеризують при температурі 85-890С з витримкою 10-15 хвилин. Перевіряють якість пастеризації.

Охолодження молока: після термічної обробки молоко охолоджується до t = 42 - 43 ° С (внесення вітамінів, підсолоджувачів, барвників).

Розлив: Охолоджене молоко розливається в пляшки або іншу упаковку

Пакування: Пляшки або інші контейнери з молоком закупорюються і пакуються для дистрибуції

Доохолодження: доохолодження споживчої тари в холодильних камерах до температури 4±2 °С;

Зберігання: термін зберігання з герметичною тарі без стабілізатора 5 діб, зі стабілізатором до 14 діб при температурі 4±2 °С.

Маркування: Кожна упаковка маркується з відповідною інформацією, включаючи дату виробництва, термін придатності, вміст жиру та інші важливі деталі.

Зберігання й транспортування: Готовий продукт зберігається і транспортується за відповідними умовами, щоб забезпечити його свіжість

і безпеку. Зазвичай це включає зберігання і транспортування при низькій температурі.

Після аналізу технологічного процесу, можна виявити основні контури в автоматизаційній схемі, а саме:

- контроль об’єму завантаження пастеризаторах;

- контроль подачі молока;

- контроль температури у пастеризаторах;

-контроль і вибір режиму пастеризації;

- контроль керування насосами;

-контроль пакування;

Контур контролю об’єму завантаження пастеризатора

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати рівень об’єму завантаження кожного окремого пастеризатора на ділянці

Контур контролю подачі молока

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати чи подається молоко в конкретний пастеризатор

Контур контролю температури молока в пастеризаторах

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати температуру молока в кожному пастеризаторі

Контур контролю і вибору режиму пастеризації

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати вибраний режим пастеризації в кожному пастеризаторі, час активації режиму, час закінчення та скільки триває поточний режим. Після закінчення часу проведення режиму оператор має можливість змінити режим.

Контур контролю і управління насосами

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати які насоси працюють на ділянці, вмикати та вимикати їх за потреби.

Контур контролю пакування

Оператор має можливість у будь-який момент відслідкувати який режим пакування вибрано, скільки упаковок упаковано і скільки повинно бути упаковано.

1.2 Недоліки існуючої системи автоматизації

Система управління пастеризацією молока в Україні має кілька недоліків, які впливають на ефективність та якість процесу.

Багато підприємств використовують старі моделі пастеризаторів, які мають низьку енергоефективність та обмежені можливості автоматизації. Відсутність сучасних технологій, таких як Інтернет речей (IoT) або штучний інтелект, обмежує можливості оптимізації процесу.

У багатьох випадках контроль параметрів пастеризації здійснюється вручну, що підвищує ризик людських помилок. Відсутність інтегрованих систем моніторингу та управління ускладнює контроль за дотриманням технологічних норм. Використання застарілих трубчастих пастеризаторів призводить до значних втрат енергії. Недостатня увага до технологій регенерації тепла, які могли б знизити витрати. Застарілі датчики температури та часу можуть давати неточні показники, що впливає на якість пастеризації. Відсутність системи автоматичного калібрування обладнання. Різні підприємства використовують різні підходи до пастеризації, що ускладнює забезпечення стабільної якості продукції. Недостатня інтеграція з європейськими стандартами якості. Багато підприємств не мають достатнього фінансування для модернізації обладнання та впровадження сучасних систем управління.

На багатьох підприємствах відсутня інтегрована платформа, яка б дозволяла управляти усіма етапами пастеризації та супутніх процесів у режимі реального часу. Це призводить до складнощів у синхронізації дій

між відділами. Брак фахівців із належним досвідом у налаштуванні та обслуговуванні сучасних автоматизованих систем управління пастеризацією створює додаткові проблеми. Впровадження нових технологій потребує навчання персоналу, яке іноді ігнорується. Сучасні системи управління надають змогу використовувати аналіз великих даних (Big Data) для прогнозування потенційних збоїв у роботі обладнання. У більшості українських підприємств такі можливості залишаються нереалізованими. Існує необхідність перегляду та гармонізації стандартів із сучасними європейськими вимогами, що стимулювало б впровадження інновацій. Це стосується не лише обладнання, але й самого технологічного процесу. Для багатьох підприємств витрати на придбання нового обладнання або впровадження інтегрованих систем управління є надмірними. Державна підтримка та спеціальні програми кредитування могли б допомогти у вирішенні цієї проблеми. На багатьох підприємствах недостатньо розвинені системи моніторингу ефективності роботи пастеризаторів, що обмежує можливість швидко реагувати на збої або виявляти причини неефективності.

Ці недоліки вказують на необхідність модернізації обладнання, впровадження сучасних технологій автоматизації та підвищення стандартів якості.

1.3 Технологічне завдання

Технологічне завдання на систему автоматизації пастеризації молока:

Продуктивність

Система повинна забезпечувати пастеризацію 100 літрів молока на годину без втрати його якісних характеристик. Важливо передбачити можливість регулювання потужності, щоб адаптувати процес до можливих змін у виробничих обсягах.

Режим пастеризації

Пастеризація має здійснюватися за високотемпературним методом, при якому молоко нагрівається до 72–75°C та утримується при цій температурі протягом 15–20 секунд. Система повинна забезпечувати стабільність нагрівання, запобігати різким температурним коливанням та захищати обладнання від перегріву.

Автоматизація

Передбачено напівавтоматичну систему, що включає автоматичне регулювання нагріву та контроль ключових параметрів, проте вимагає участі оператора для запуску, налаштування роботи та контролю процесу.

Контроль параметрів

Система повинна забезпечувати постійний моніторинг температури, часу пастеризації та перепадів температури. Дані повинні відображатися на інтерактивному дисплеї та записуватися у внутрішню базу для подальшого аналізу та звітності. У разі відхилень від заданих параметрів система повинна надсилати автоматичне повідомлення оператору або відображати сигнал тривоги.

Гігієнічні вимоги

Обладнання має відповідати стандартам HACCP, що передбачає:

- використання харчових матеріалів при виробництві пастеризатора;

- наявність автоматичної системи очищення (CIP) для підтримання стерильності;

- постійний контроль можливого забруднення протягом усього процесу пастеризації.

Інтеграція з іншими системами

Система автоматизації повинна бути сумісною та синхронізованою з:

- системою охолодження, яка забезпечує швидке зниження температури пастеризованого молока до необхідного рівня;

- системою упаковування, що дає можливість автоматичного розливу готової продукції після пастеризації;

Взаємодія між цими процесами має бути автоматизованою, безперервною та керованою єдиною програмною системою.

Керування доступом

Передбачена система управління доступом для операторів, яка включає:

- індивідуальні логіни для контролю дій кожного працівника;

- рівні доступу для адміністраторів, операторів та технічного персоналу;

- журнал дій, що автоматично записує всі зміни та операції для подальшого аналізу та аудиту.

Енергоспоживання

Конкретні вимоги до енергоефективності не визначені, проте рекомендовано:

- використовувати енергозберігаючі технології, що дозволять знизити витрати електроенергії;

- оптимізувати витрати на нагрівання та охолодження, застосовуючи раціональні алгоритми регулювання.

Додаткові вимоги

- формат виведення даних – цифровий дисплей із можливістю експорту інформації у зовнішні системи;

- тип інтерфейсу – сенсорна панель керування або класичні кнопки, залежно від потреб оператора;

- безпека оператора – система повинна передбачати захист від перегріву, аварійних ситуацій та мати функцію екстреного вимкнення.

1.4 Схема інформаційних потоків

Схема інформаційних та матеріальних потоків в автоматизації – це графічне або структурне представлення руху матеріалів, енергії та

інформації в технологічному процесі. Вона допомагає візуалізувати взаємодію між фізичними ресурсами та даними, що використовуються для управління виробництвом.

Основні компоненти схеми

- матеріальні потоки – рух сировини, готової продукції, енергії, води, пари.

- інформаційні потоки – дані про температуру, тиск, витрати, контрольні сигнали.

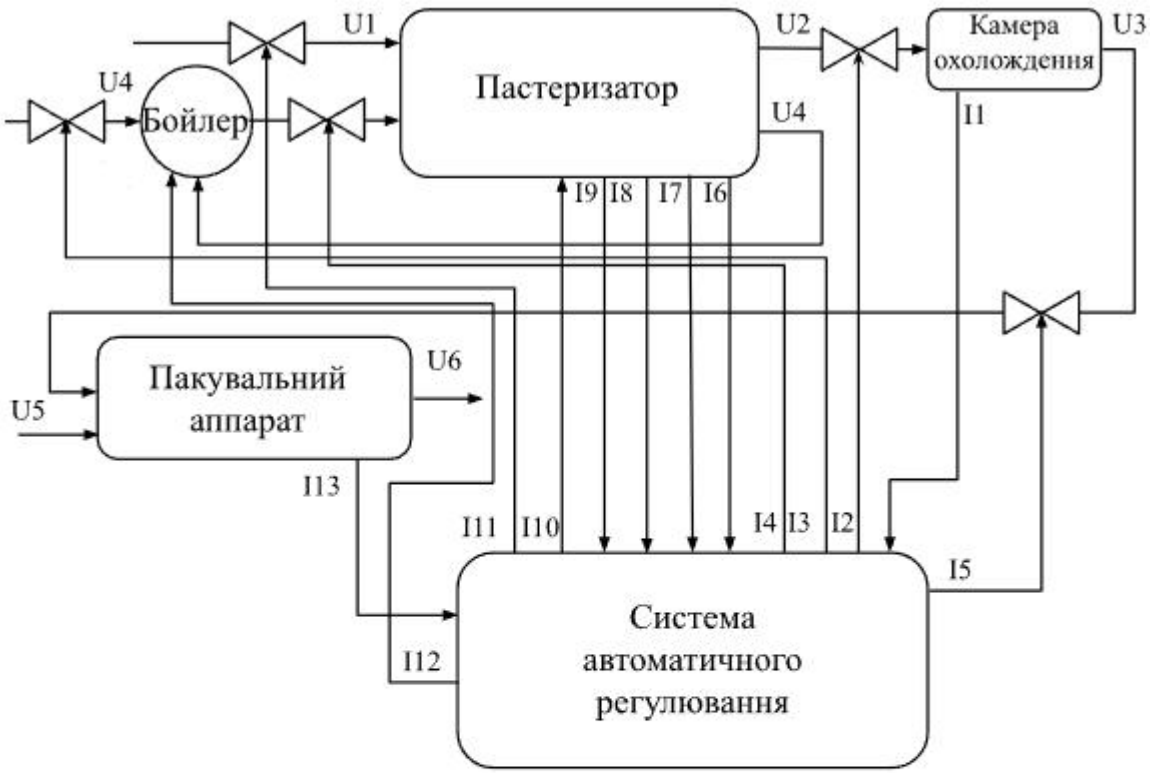
- автоматизовані системи – датчики, контролери, програмне забезпечення.

- взаємодія між процесами – інтеграція з охолодженням, пакуванням, логістикою.

Приклад застосування

У пастеризації молока матеріальні потоки включають рух молока через теплообмінник, а інформаційні потоки – контроль температури та часу витримки.

Схему матеріальних та інформаційних потоків наведено на рисунку 1.2.



U1 - Сире молоко
U2 - Пастеризоване молоко
U3 - Охолоджене молоко
U4 - Вода
U5 - Пакувальний матеріал
U6 - Готовий продукт

I1 - Температура пастеризованого молока
I2 - Стан вентилю вигрузки молока
I3 - Відсоток відкриття вентилю подачі води в бойлер
I4 - Відсоток відкриття вентилю водачі води в пастризатор
I5 - Стан вентилю вигрузки охолодженого молока
I6 - Тривалість термообробки
I7 - Заповненість пастеризатора
I8 - Обьем продукції
I9 - Перепади температур
I10 - Режим термообробки
I11 - Відсоток відкриття вентилю подачі молока
I12 - Цільова температура води
I13 - Кількість продукції

Рисунок 1.2 - Схема матеріальних та інформаційних потоків

Надана схема містить такі компоненти:

- пастеризатор – основний елемент системи управління;

- бойлер - єлемент регуляції температури;

- камера охолодження - вторинний елемент системи управління;

- пакувальний аппарат - вторинний елемент системи управління;

- система автоматичного регулювання – відповідає за контроль та управління технологічним процесом.

Окрім цього схема містить точки виміру технологічних параметрів та методи впливу на вихідні параметри:

Матеріальні потоки:

U1 - Сире молоко. Сире молоко надходить у систему пастеризації через фільтри та резервуари, де проходить первинну очистку від механічних домішок. Важливо забезпечити контроль якості сировини, включаючи аналіз мікробіологічних показників та жирності.

U2 - Пастеризоване молоко. Після термічної обробки молоко набуває стабільних мікробіологічних характеристик, що забезпечує його безпечність для споживання. Важливо контролювати температурний режим, щоб уникнути перегріву або недостатньої пастеризації.

U3 - Охолоджене молоко. Після пастеризації молоко швидко охолоджується до цільової температури (4°C), що запобігає розвитку бактерій та зберігає органолептичні властивості продукту.

U4 – Вода. Вода використовується для охолодження молока, а також у процесах очищення обладнання. Важливо контролювати її температуру та якість, щоб уникнути забруднення продукції.

U5 - Пакувальний матеріал. Пакувальний матеріал включає пляшки, пакети, картонні коробки, які повинні відповідати стандартам безпеки харчових продуктів. Автоматизована система контролює дозування та герметизацію упаковки.

U6 - Готовий продукт. Пастеризоване та охолоджене молоко після пакування надходить у систему зберігання та логістики, де контролюється його температура та термін придатності.

Інформаційні потоки:

I1 - Температура пастеризованого молока. Контроль температури здійснюється за допомогою термодатчиків, які передають дані в систему управління. Важливо забезпечити стабільність температури для ефективної пастеризації.

I2 - Стан вентилю вигрузки молока. Автоматизована система контролює відкриття та закриття вентилю, що регулює подачу пастеризованого молока в охолоджувальну систему.

I3 - Відсоток відкриття вентилю подачі води в бойлер. Цей параметр визначає кількість води, що надходить у бойлер для нагріву. Оптимальне регулювання дозволяє зменшити енергоспоживання.

I4 - Відсоток відкриття вентилю подачі води в пастеризатор. Контроль подачі води в пастеризатор забезпечує стабільність температурного режиму та ефективність теплообміну.

I5 - Стан вентилю вигрузки охолодженого молока.Автоматизована система регулює подачу охолодженого молока у пакувальну лінію, запобігаючи затримкам у виробничому процесі.

I6 - Тривалість термообробки. Час пастеризації контролюється таймерами та програмованими логічними контролерами (PLC), що забезпечують відповідність технологічним стандартам.

I7 - Заповненість пастеризатора. Датчики рівня контролюють об’єм молока в пастеризаторі, що дозволяє уникнути перевантаження або недостатнього заповнення.

I8 - Об’єм продукції. Система моніторингу відстежує кількість молока, що проходить через пастеризатор, забезпечуючи точність виробничих показників.

I9 - Перепади температур. Автоматизована система аналізує температурні коливання, запобігаючи перегріву або недостатньому нагріванню молока.

I10 - Режим термообробки. Система управління дозволяє налаштовувати режими пастеризації, залежно від типу продукції (низькотемпературна, високотемпературна, ультрапастеризація).

I11 - Відсоток відкриття вентилю подачі молока. Контроль подачі молока в пастеризатор забезпечує рівномірний розподіл сировини та стабільність процесу.

I12 - Цільова температура води. Температура води в системі охолодження повинна відповідати технологічним вимогам, щоб забезпечити ефективне охолодження молока.

I13 - Кількість продукції. Система збору даних відстежує загальний об’єм виробленого молока, що дозволяє контролювати продуктивність виробництва.

2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Функціональна схема автоматизації системи управління пастеризації молока

Функціональні схеми представляють основний технічний документ, який описує функціонально-блочну структуру окремих компонентів автоматичного контролю, управління та регулювання технологічного процесу, а також обладнання, яке використовується для автоматизації (включаючи телемеханічні та обчислювальні засоби) на об'єкті управління.

Для розробки ефективних систем автоматизації потрібно провести детальне вивчення технологічного процесу не тільки проектними інженерами, але й спеціалістами з монтажу, налагодження та експлуатації. Зазвичай, функціональні завдання автоматизації виконуються за допомогою різних технічних засобів, таких як сенсорні пристрої, засоби збору первинної інформації, засоби обробки та трансформації даних, засоби візуалізації та передачі інформації операторам, а також додаткові комбіновані, комплектні та допоміжні пристрої.

Регулювання температури в пастеризаторі відбувається за рахунок зчитування температури води в бойлері та в пастеризаторі, якщо температура в бойлері відрізняється від потрібної відбувається надлежний вплив на бойлер. Як додітковий запобіжник та для кращого контролю за температурою також регулюється процент відкриття вентилю подачі води в пастеризатор, це допомагає, за необхідністю, збільшити або зменшити швидкість нагріву молока.

2.2 Принципова електрична схема

Принципові електричні схеми автоматизації задопомогою показаних на схемах умовних графічних, літерних і цифрових зображень і позначень, дають уявлення про послідовність роботи застосовуваної електричної апаратури та елементів для досягнення поставлених завдань для згаданих вузлів, пристроїв і систем.

Принципові електричні схеми автоматизації розробляються для управління агрегатами, для регулювання технологічних процесів, блокувань за технологічними параметрами, аварійного захисту виробничих і технологічних процесів і попереджувальної і аварійної сигналізації.

Дані схеми є основними кресленнями для розробки робочих монтажних креслень і проведення пусконалагоджувальних робіт і кваліфікованої експлуатації цих вузлів, пристроїв і систем електричного принципу дії. Назви принциповим електричним схемами присвоюються відповідно до функціональних засад дії запроектованої системи.

При виконанні принципових електричних схем використовуються розгорнуті зображення елементів.

Розташування графічного текстового матеріалу на кожному кресленні має бути таким, щоб воно полегшувало читання цього креслення.

Принципові електричні схеми складаються і викреслюються з застосуванням умовних графічних зображень.

2.3 Принципова електрична схема живлення

Принципові схеми електроживлення є документами, що використовуються при створенні робочих креслень та під час експлуатації змонтованого об'єкта. На цих кресленнях зображається апаратура для

відключення джерел живлення та споживачів електроенергії, апаратура для контролю напруги, назви споживачів, загальні пояснення та примітки, а також креслення та перелік використованої апаратури. Принципові електричні схеми живлення можуть бути представлені разом з іншими електричними схемами автоматизації на кресленнях.

При використанні приладів та апаратів з номінальною напругою, відмінною від зазначених вище в системах автоматизації, для забезпечення живлення необхідно використовувати системи відповідної напруги, або спеціальні трансформатори або перетворювачі (випрямлячі), які передбачаються в системах електроживлення КВП та СА.

Вибір схеми електроживлення для систем автоматизації (КВП та СА) залежить від декількох факторів, таких як потрібна неперервність електропостачання, географічне розташування джерел живлення та приладів, розмір навантаження, особливості технологічного процесу, зручність експлуатації та інші характеристики, які характерні для конкретного об'єкта автоматизації.

2.4 Монтажно-комутаційна схема щита КВПіА

Монтажно-комутаційні схеми розробляються на основі принципових схем автоматизації, управління, сигналізації, а також електричних і пневматичних схем живлення. Вони також включають креслення загальних видів щитів і пультів, а також схеми зовнішніх електричних і трубних проводок, з вказанням найменувань і номерів використаних схем.

Позначення апаратури повинно відповідати стандартам, що застосовуються в ключових вихідних схемах.

Компонування відноситься до загальної організації та розташування приладів та засобів автоматизації на щиті. Метою компонування є забезпечення зручності користування цими пристроями.

У даному проєкті монтажну комутаційну схему щита КВПіА було виконано адресним способом.

2.5 Зовнішній вигляд щита КВПіА

Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації складаються з різноманітних технічних пристроїв, які включають в себе засоби вимірювання і спостереження, а також спеціалізовані пристрої автоматики для конкретних галузей. Вони призначені для збору, перетворення та використання інформації з метою контролю, регулювання та управління процесами.

Ця категорія також включає агрегатні комплекси для вимірювання та регулювання тепло-, електроенергетичних і механічних параметрів, хімічного складу і фізичних властивостей газів, рідин і твердих тіл. До неї також належать вторинні прилади і індикатори, регулятори, задатчики, виконавчі механізми, релейно-контактні пристрої, функціональні і логічні електронні пристрої, а також джерела живлення.

Для даного проекту було використано Шафний щит КІП. Розміри нестандартні - 410х300 мм. На передній панелі розташовані 4 ІТМ-310 та МІК - 50. Сзаду роташовані технічні отвори для проводок ІТМ-310 та задня панель МІК - 50.

2.6 Схема зовнішніх з’єднань

Схема зовнішніх з'єднань - це схема, яка відображає електричні зв'язки між приладами та засобами автоматизації, які розміщені на технологічному обладнанні, як поза щитами, так і на щитах. Вона також показує підключення проводів до приладів та щитів. Схема зовнішніх з'єднань демонструє зовнішні з'єднання автоматизаційного шафи.

На схемі зображають шафу, включаючи її вхідні та вихідні елементи, такі як роз'єми, затискачі та інше обладнання. Також показані кінці проводів і кабелів зовнішнього монтажу, які підключаються до шафи. Схема також містить дані про підключення шафи, такі як характеристики зовнішніх ланцюгів, адреси та маркування.

Схема підключення зовнішніх проводок виконується у вигляді окремого документа, особливо коли в системі присутні одиничні багатосекційні або складові щити, велика кількість з'єднувальних коробок та групових стояків приладів. Це необхідно для полегшення читання схеми з'єднань, оскільки підключення до цих елементів може ускладнювати сприйняття інформації на загальній схемі.

Для монтажу САР було використано кабель МКВЕВ 2х0,35. Так як використаний кабель відповідає достатнім умовам надійності, та задля скорочення коштів, було вирішено відмовитись від захисних труб і натомість провести кабель під стелею.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРИЛАДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Первинні перетворювачі

Датчик - це фізичний пристрій, який має конструктивну самостійність і включає один або кілька первинних вимірювальних перетворювачів. Його основне призначення полягає в генерації сигналу, який містить вимірювальну інформацію у вигляді, зручному для подальшої передачі, перетворення, обробки та/або зберігання. Проте, сам датчик не може безпосередньо сприйматися спостерігачем, оскільки він виконує свої функції у фізичній або технічній формі, яка не доступна простому сприйняттю.

RS PRO Type T

Принцип дії заснований на ефекті Зеєбека або, інакше, термоелектричному ефекті. Коли кінці провідника знаходяться при різних температурах, між ними виникає різниця потенціалів, пропорційна різниці температур.

Зовнішній вигляд RS PRO Type T наведено на рисунку 3.1.

Електричну схему термоелектричного перетворювача RS PRO Type T наведено на рисунку 3.2.

Технічні характеристики RS PRO Type T наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд RS PRO Type T

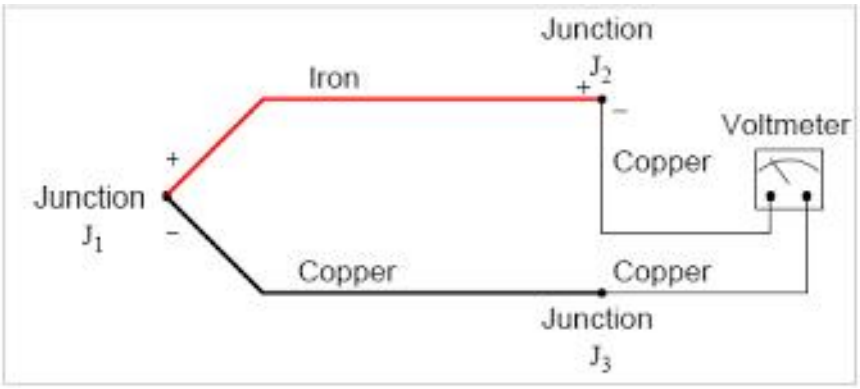


Рисунок 3.2 - Електрична схема термоелектричного перетворювача

Brand	RS PRO
Thermocouple Type	T
Probe Diameter	1/0.2mm
Probe Length	1m
Maximum Temperature Sensed	+250°C
Termination Type	Miniature Plug
Cable Length	1m
Standards Met	IEC

Рисунок 3.3 – Технічні характеристики RS PRO Type T

RS PRO Pressure Sensor

Датчик тиску – це пристрій, який вимірює силу, що діє на певну площу, і перетворює її в електричний сигнал для подальшого аналізу. Його принцип роботи залежить від типу датчика, але загалом він базується на деформації чутливого елемента під впливом тиску.

Зоінішній вигляд RS PRO Pressure Sensor наведено на рисунку 3.4.

Технічні характеристики RS PRO Pressure Sensor наведено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.4 - Зоінішній вигляд RS PRO Pressure Sensor

Brand	RS PRO
Pressure Reading Type	Relative
Minimum Pressure Reading	0bar
Maximum Pressure Reading	16bar
Accuracy	±0.25 %
Output Type	Voltage
Media Measured	Air, Gas, Hydraulic Fluid, Liquid, Water
Process Connection	G1/4
Analogue Output	0 → 100 mV
Electrical Connection	DIN 43650 Type C
Supply Voltage	3 → 12 V dc
Housing Material	Stainless Steel
Minimum Operating Temperature	-20°C
IP Rating	IP65
Mounting Type	Threaded
Maximum Operating Temperature	+135°C

Рисунок 3.5 - Технічні характеристики RS PRO Pressure Sensor

ДК-11

Принцип роботи кондуктометричних датчиків ґрунтується на різниці, що існує між електричною провідністю повітря та різних рідин. Ця різниця фіксується за допомогою двох електродів, один з яких постійно занурений у рідину і є загальним, а другий розташовується на певному рівні в резервуарі і сигнальним. У міру заповнення резервуара відбувається дотик сигнального електрода з рідиною, внаслідок чого відбувається електричне замикання між сигнальним та загальним входами, що відповідає досягненню заданого рівня ємності.

Зовнішній вигляд ДК-11наведено на рисунку 3.6.

Технічні характеристики ДК-11 наведено на рисунку 3.7.

Схему підключення ДК-11 наведено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.6 - Зовнішній вигляд ДК-11

Технічна характеристика	Значення
Матеріал ізолятора	фторопласт
Матеріал електрода	12Х18Н10Т
Різьблення	18х1,5
Положення на резервуарі	вертикальне
Максимальна температура рідини	100 °С
Максимальний тиск у резервуарі	-
Маса (без електрода), не більше	60 гр

Рисунок 3.7 - Технічні характеристики ДК-11

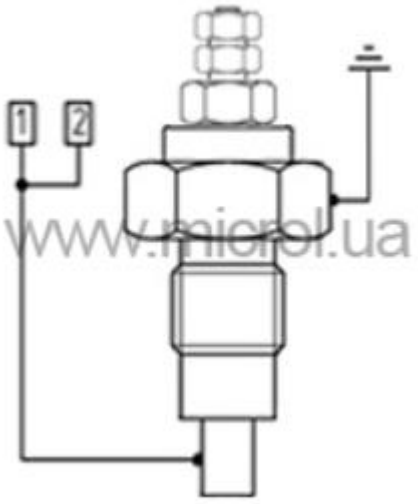


Рисунок 3.8- Схема підключення ДК-11

3.2 Нормуючі перетворювачі

Нормуючі перетворювачі в автоматизації – це пристрої, які перетворюють, нормалізують та адаптують сигнали від датчиків для подальшої обробки в системах керування. Вони забезпечують стабільність, точність та сумісність сигналів у промислових процесах.

БПТ-648

Перетворювач сигналів термопар БПТ-648 призначений для перетворення сигналу термопар в уніфікований аналоговий сигнал постійного струму.

Область застосування: призначений як для автономного, так і комплексного використання в системах регулювання та управління технологічними процесами в енергетиці, металургії, у вимірювальних системах та вимірювально-обчислювальних комплексах, у хімічній та інших галузях промисловості.

Технічні характеристики БПТ-648 наведено на рисунку 3.9.

Зовнішній вигляд БПТ-648 наведено на рисунку 3.10.

Габаритні розміри перетворювача БПТ-648 наведено на рисунку 3.11.

Схему зовнішніх з’єднань перетворювача БПТ-648 наведено на рисунку 3.9.

№	Технічна характеристика	Значення
1	Кількість каналів	1
2	Тип вхідного сигналу	Термопари згідно із ДСТУ 2838-94 (ізольовані)
3	Початкове значення вхідного сигналу	Від 0 до 40 мВ
4	Діапазон зміни вхідного сигналу	Від 1 до 100 мВ
5	Діапазон зміни вихідного аналогового сигналу (вихід пасивний, вимагає зовнішнє джерело живлення)	Від 0 до 5 мА, Rn ≤ 2000 Ом Від 0 до 20 мА, Rn ≤ 500 Ом Від 4 до 20 мА, Rn ≤ 500 Ом Від 0 до 10 В, Rn ≥ 2000 Ом
6	Межа основної наведеної похибки перетворення	± 0,25 – для блоків з діапазоном зміни вхідного сигналу ΔU ≥ 10 мВ ± [0,25 + 0,25*(10/ ΔU - 1)] – для перетворювачів з діапазоном зміни вхідного сигналу ΔU < 10 мВ
7	Напруга живлення	Від 18 до 30 В
8	Струм споживання	30 мА
9	Гальванічна розв'язка	Відсутнє
10	Маса	Не більше 0.1 кг
11	Габаритні розміри (ВхШхГ)	94 мм х 7 мм х 64 мм
12	Ступінь захисту згідно з ДСТУ EN 60529	IP20

Рисунок 3.9 - Технічні характеристики БПТ-648



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд БПТ-648

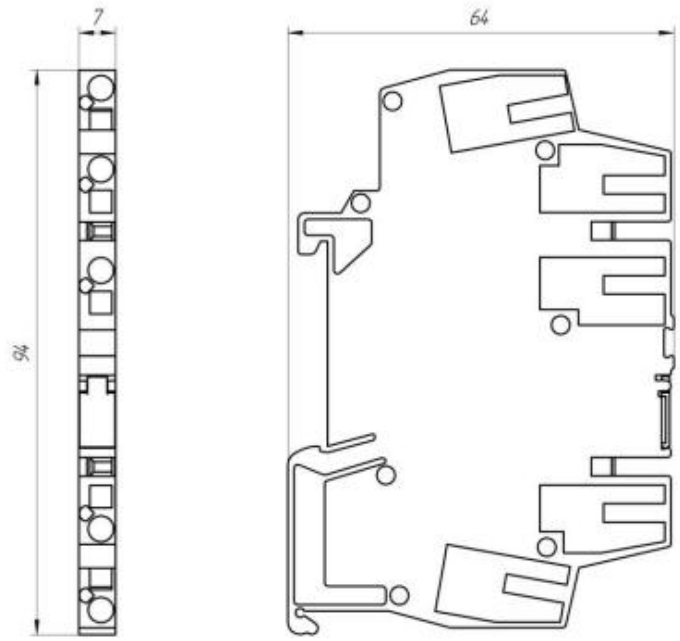


Рисунок 3.11– Габаритні розміри перетворювача БПТ-648

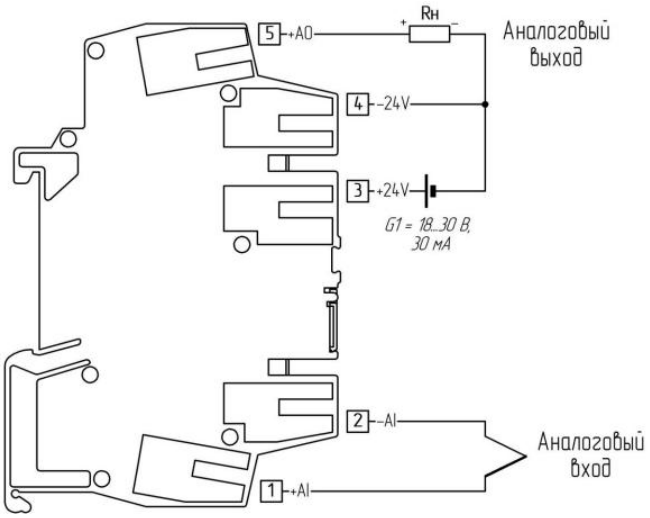


Рисунок 3.12 – Схема зовнішніх з’єднань перетворювача БПТ-648

3.3 Лічильники

Лічильник в автоматизації – це пристрій або програмна функція, яка використовується для підрахунку подій, об'єктів або часових інтервалів у виробничих процесах. Він допомагає контролювати повторювані операції, забезпечуючи точність і ефективність автоматизованих систем.

Лічильник отримує вхідний сигнал (наприклад, імпульс від датчика), збільшує або зменшує своє значення і передає вихідний сигнал, коли досягається заданий поріг. У програмованих логічних контролерах (PLC) лічильники можуть бути вбудованими функціями, які працюють у логічних схемах.

МТЛ-32

Багатофункціональний мікропроцесорний прилад, в якому програмним шляхом може бути обраний один із семи незалежних режимів:

- однопороговий лічильник;

-підсумовуючий однопороговий лічильник;

-підсумовуючий двопороговий лічильник;

-лічильник пакетів;

-таймер;

-тахометр;

-дозатор-витратомір.

Призначення:

-Лічильник кількості штук, одиниць або партій продукції, що випускається;

- Підрахунок кількості імпульсів від контактних, оптичних, індуктивних, ємнісних та інших датчиків та управління виконавчими механізмами;

- Вимірювання тривалості процесів за часом (часом роботи);

- Вимірювання витрати рідин, газів та сипучих матеріалів;

- Багатофункціональні цифрові реле часу із зовнішнім керуванням;

Зовнішній вигляд МТЛ-32 наведено на рисунку 3.13.

Технічні характеристики МТЛ-32 навелено на рисунках 3.14-3.16.

Схему підключення МТЛ-32 наведено на рисунку 3.17.



Рисунок 3.13- Зовнішній вигляд МТЛ-32

Технічна характеристика	Значення
Дискретні вхідні сигнали	
Кількість дискретних входів	3
Вхідні дискретні сигнали активні або пасивні	від NPN або PNP транзисторів із відкритим колектором
Максимальна частота вхідного сигналу	50 кГц
Сигнал логічного "0" – стан ВІДКЛЮЧЕНО Сигнал логічного "1" – стан УВІМКНЕНО	0-7В 18-30В
Вхідний струм (споживання по входу)	≤ 10 мА
Гальванічна розв'язка дискретних входів	входи пов'язані в групу із трьох входів та гальванічно ізольовані від виходів та інших ланцюгів
Напруга вбудованого джерела живлення	24В постійного струму
Дискретні вихідні сигнали	
Кількість дискретних виходів	2
Типи виходів:	
- транзистор ОК	до 40В, 100мА
- механічне реле (переключається контакт)	до 220В, 8А змінного струму при резистивному навантаженні
- твердотільне реле	до 40В, 1.0AAC/ADC

Рисунок 3.14 - Технічні характеристики МТЛ-32(1)

Цифрова індикація	
Кількість розрядів цифрового індикатора	8, 6, 4 (програмується)
Висота цифр світлодіодних індикаторів	8 мм
Аналогові вихідні сигнали	
Кількість аналогових виходів	1
Тип вихідного аналогового сигналу	0-5 мА (Rн<=2кОм), 0-20 мА (Rн<=500 Ом) 4-20 мА (Rн<=500 Ом)
Основна наведена похибка	±0,2%
Послідовний інтерфейс RS-485	
Тип каналу	Асинхронний напівдуплексний (прийом та передача йдуть по одній парі проводів з поділом за часом)
Кількість приймачів	32 приймачів на одному сегменті
Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі	1200 метрів
Кількість активних передавачів	1 (тільки один активний передавач)
Вигляд кабелю	кручена пара, екранована кручена пара
Гальванічна розв'язка	інтерфейс гальванічно ізольований від інших входів-виходів таінших ланцюгів (напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В)
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit)
Електричні дані	
Напруга живлення:	
• змінного струму	~220(+22,-33), 50 Гц
• постійного або змінного струму	19-37; 20-72 В
Споживана потужність від мережі змінного струму, не більше:	6 ВА
Струм споживання з живлення 24В, не більше:	250 мА
Ток споживання живлення 36В, не більше:	150 мА

Рисунок 3.15 - Технічні характеристики МТЛ-32(2)

Корпус. Умови експлуатації	
Тип корпусу	Корпус для утопленого щитового монтажу, IP30
Габаритні розміри (ВхШхГ)	48 x 96 x160 мм
Монтажна глибина	170 мм
Маса блоку, не більше	0,35 кг
Температура навколишнього середовища	від -40°С до +70°С
Атмосферний тиск	від 84 до 106,7 кПа
Вібрація з частотою/амплітудою	до 60Гц/до 0,1мм

Рисунок 3.16 - Технічні характеристики МТЛ-32(3)

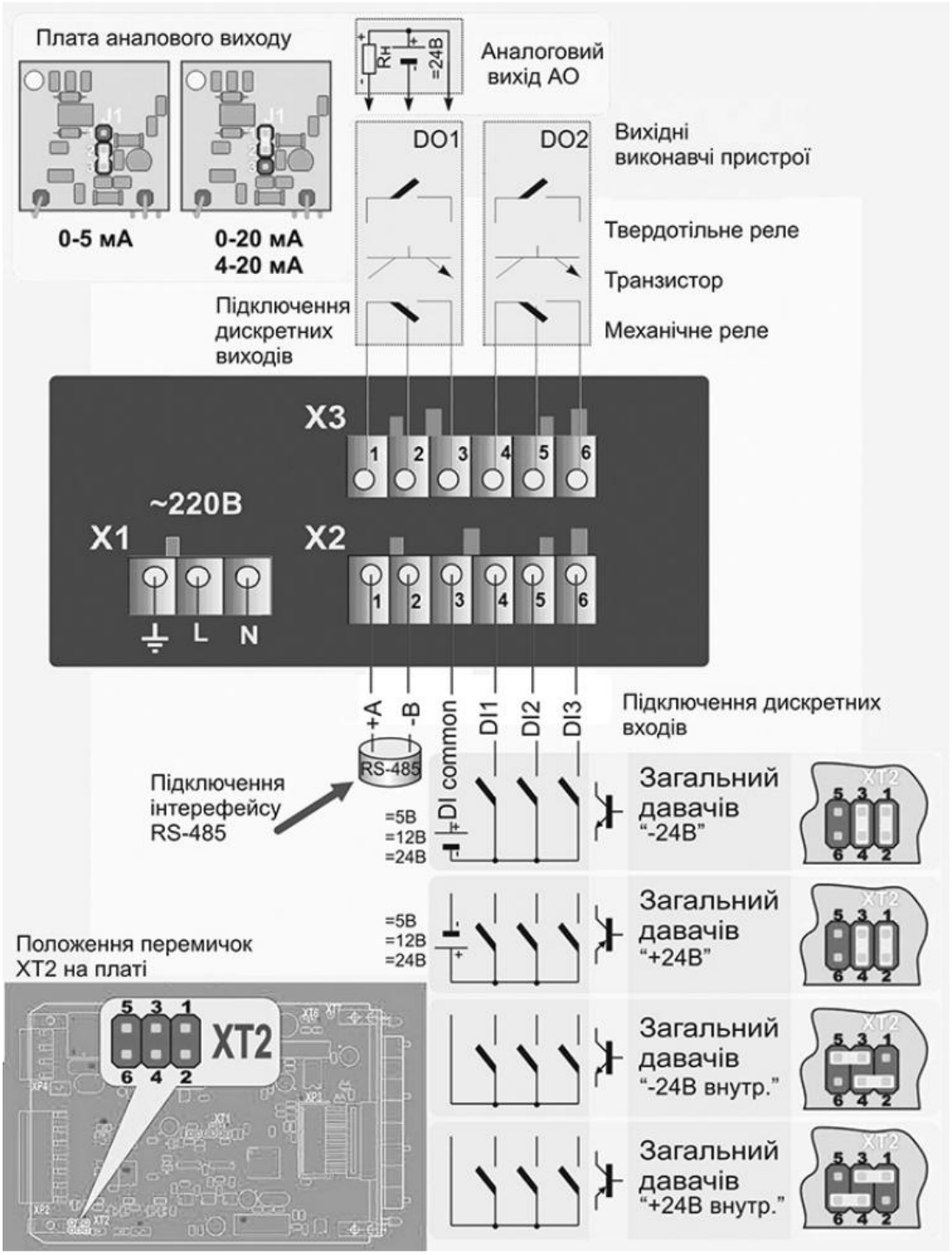


Рисунок 3.17 - Схема підключення МТЛ-32

CNT-4

RIO-mini CNT4 – чотириканальний мікропроцесорний лічильник імпульсів. Призначений для підрахунку кількості продукції на транспортері, довжини кабелю, що намотується, або екструзійної плівки,

сортування продукції, відліку партій продукції, сумарної кількості виробів тощо.

Призначення приладу

- чотири незалежні лічильники імпульсів для лічба імпульсів, які надходять від датчиків, що підімкнені до пристрою. Частотою до 20кГц;
- керування навантаженням за допомогою двох вихідних пристроїв;
- спрацювання по уставці;
- збереження результатів лічби при вимиканні живлення;
- реальні одиниці вимірювання продукції;
- підтримка роботи по протоколу ModBus-RTU в мережі RS-485;
- робота в режимі «Slave» в мережі RS-485, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор;
- конфігурування здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 або USB за допомогою програми «MIK-Programmer», яка у вільному доступі для скачування та з передньої панелі приладу;
- індикація значень вимірювань на Oled дисплеї.

Зовнішній вигляд CNT-4 наведено на рисунку 3.18.

Схему підключення CNT-4 наведено на рисунку 3.19.

Технічні характеристики CNT-4 навелено на рисунках 3.20-3.22.



Рисунок 3.18 - Зовнішній вигляд CNT-4

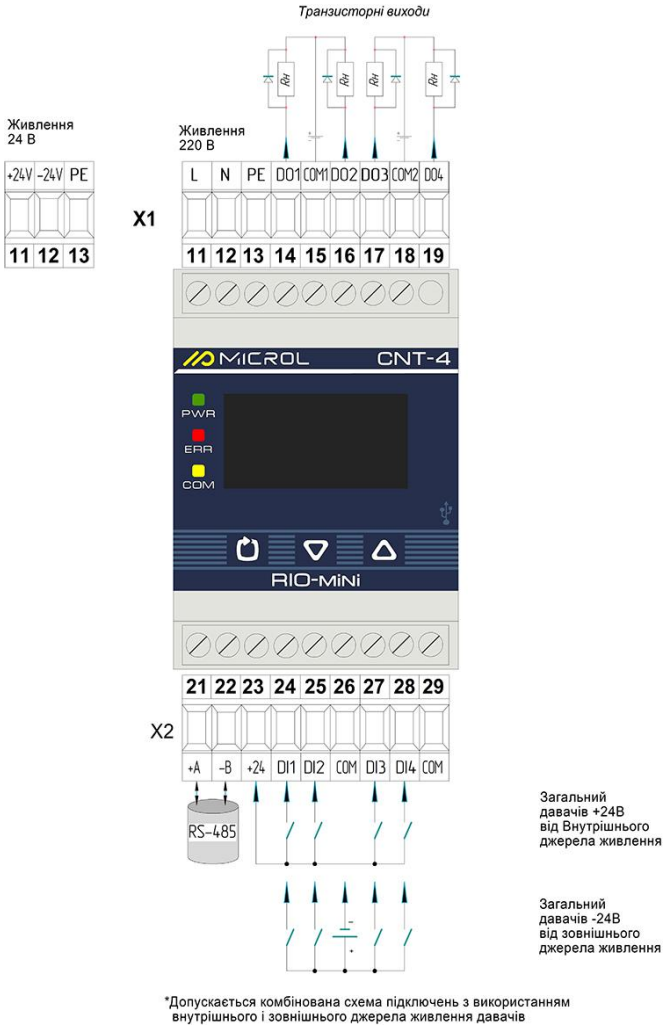


Рисунок 3.19 - Схема підключення CNT-4

Технічна характеристика	Значение
Дискретні вхідні сигнали	
Кількість дискретних входів	4
Сигнал логічного "0" – стан ВІДКЛЮЧЕНО	0-1В, негативної чи позитивної полярності
Сигнал логічної "1" – стан УВІМКНЕНО	3,3-30В, негативної чи позитивної полярності
Максимальна частота проходження імпульсів	100 кГц
Мінімальна тривалість вхідного імпульсу	5 мкс
Вхідний струм (споживання по входу), не більше	5 мА
Гальванічна розв'язка дискретних входів	Входи пов'язані у групу із чотирьох входів і гальванічно ізольовані від виходів та інших ланцюгів
Дискретні вихідні сигнали	
Транзисторний вихід	
Количество аналоговых выходов	4
Тип виходу	Відкритий колектор (NPN транзистора)
Максимальна напруга комутації, не більше	40 В постійного струму
Максимальний струм навантаження кожного виходу, не більше	100 мА
Гальванічна розв'язка дискретних виходів	Виходи парно, ізольовані між собою, від живлення та інтерфейсу, напруга гальванічної розв'язки не менше 1500 В
Сигнал логічного "0"	Розімкнений стан транзисторного ключа
Сигнал логічного "1"	Замкнений стан транзисторного ключа.
Мінімальна довжина вихідного імпульсу	0,1 с
Вид навантаження	Активна, індуктивна
Реле – замикаючі:	
Количество аналоговых выходов	4
Тип виходу	Перемикаючі контакти реле
Максимальна напруга комутації змінного (діюче значення) або постійного струму	230 В (змінний струм), від 5 до 30 В (постійний струм)
Максимальний струм навантаження кожного виходу, не більше	5 А
Сигнал логічного "0"	Розімкнений стан контактів реле.
Сигнал логічного "1"	Замкнуте стан контактів реле.
Мінімальна довжина вихідного імпульсу	0,1 с.
Вид навантаження	Активна, індуктивна

Рисунок 3.20 - Технічні характеристики CNT-4(1)

Вихід – твердотільні (немеханічні) реле	
Количество аналоговых выходов	4
Тип виходу	Замикаючі контакти реле
Максимальна напруга комутації змінного (діюче значення) або постійного струму	40 В
Максимальний струм навантаження кожного виходу, не більше	0,5(AC) змінного струму, 0,5(DC) постійного струму
Сигнал логічного "0"	Розімкнений стан транзисторного ключа
Сигнал логічного "1"	Замкнений стан транзисторного ключа.
Мінімальна довжина вихідного імпульсу	0,1 с
Вид навантаження	Активна, індуктивна
Послідовний інтерфейс USB	
Конфігурації мережі	Двоточкова
Максимальна довжина лінії звязку	2 метри
Кількість активних передавачів	1
Швидкість обміну	115.2 кбіт/с
Гальванічна розв'язка	Інтерфейс гальванічно не ізольований від входів
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit)
Призначення інтерфейсу	**Тільки** для конфігурування лічильника.
Послідовний інтерфейс RS-485	
Конфігурації мережі	Багатоточкова
Кількість приймачів	32 на одному сегменті
Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі	до 1200 метрів
Кількість активних передавачів	1
Максимальна кількість вузлів у мережі	255
Характеристика швидкість обміну/довжина лінії зв'язку (експоненційна залежність):	57,6 кбіт/с 1200 м 115.2 кбіт/с 500 м **Примітка.** На швидкостях обміну понад 115 кбіт/с рекомендується використовувати екрановані кручені пари.
Тип приймачів	Диференціальний, потенційний
Вид кабелю	Вита пара, екранована кручена пара
Гальванічна розв'язка	Інтерфейс гальванічно ізольований від входів-виходів та інших ланцюгів
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit)
Призначення інтерфейсу	Для конфігурування лічильника, для використання як віддаленого контролера при роботі в сучасних мережах управління та збору інформації (прийому-передачі команд та даних)

Рисунок 3.21 - Технічні характеристики CNT-4(2)

Електричні дані	
Електроживлення (підключення до мережі):	
• постійного струму	від 12 В до 36 В
• змінного струму	від 100 В до 242 В, 50Гц
Споживана потужність ~220 В, не більше	1.5 ВА
Струм споживання від мережі 24 В, не більше	60 мА
Захист даних	EEPROM, магніторезестивна MRAM
Підключення	за допомогою клем.
Корпус	
Корпуса (ВхШхГ)	100 x 55 x 60 мм
Монтажна глибина	65 мм
Кріплення корпусу	на DIN-рейку (DIN35x7,5 EN50022)
Маса, не більше	0,35 кг
Умови експлуатування	
Температура навколишнього середовища	від мінус 40 °С до +70 °С

Рисунок 3.22 - Технічні характеристики CNT-4(3)

3.4 Індикатори

Індикатори в автоматизації використовуються для візуального контролю технологічних процесів. Вони дозволяють операторам та системам моніторингу отримувати інформацію про стан обладнання та параметри виробництва.

ІТМ-310

ІТМ-310 - технологічній мікропроцесорній вимірювач-індикатор технологічних параметрів. Застосовується для вимірювання та індикації значень температури, рівня,, тиску , вологості, ваги та інших фізичних параметрів різних середовищ (залежно від давачів, які підключаються.)

Зовнішній вигляд ІТМ-310 наведено на рисунку 3.23.

Схему підключення ІТМ-310 наведено на рисунку 3.14.

Технічні характеристики ІТМ-310 навелено на рисунках 3.25-3.26.



Рисунок 3.23 - Зовнішній вигляд ІТМ-310

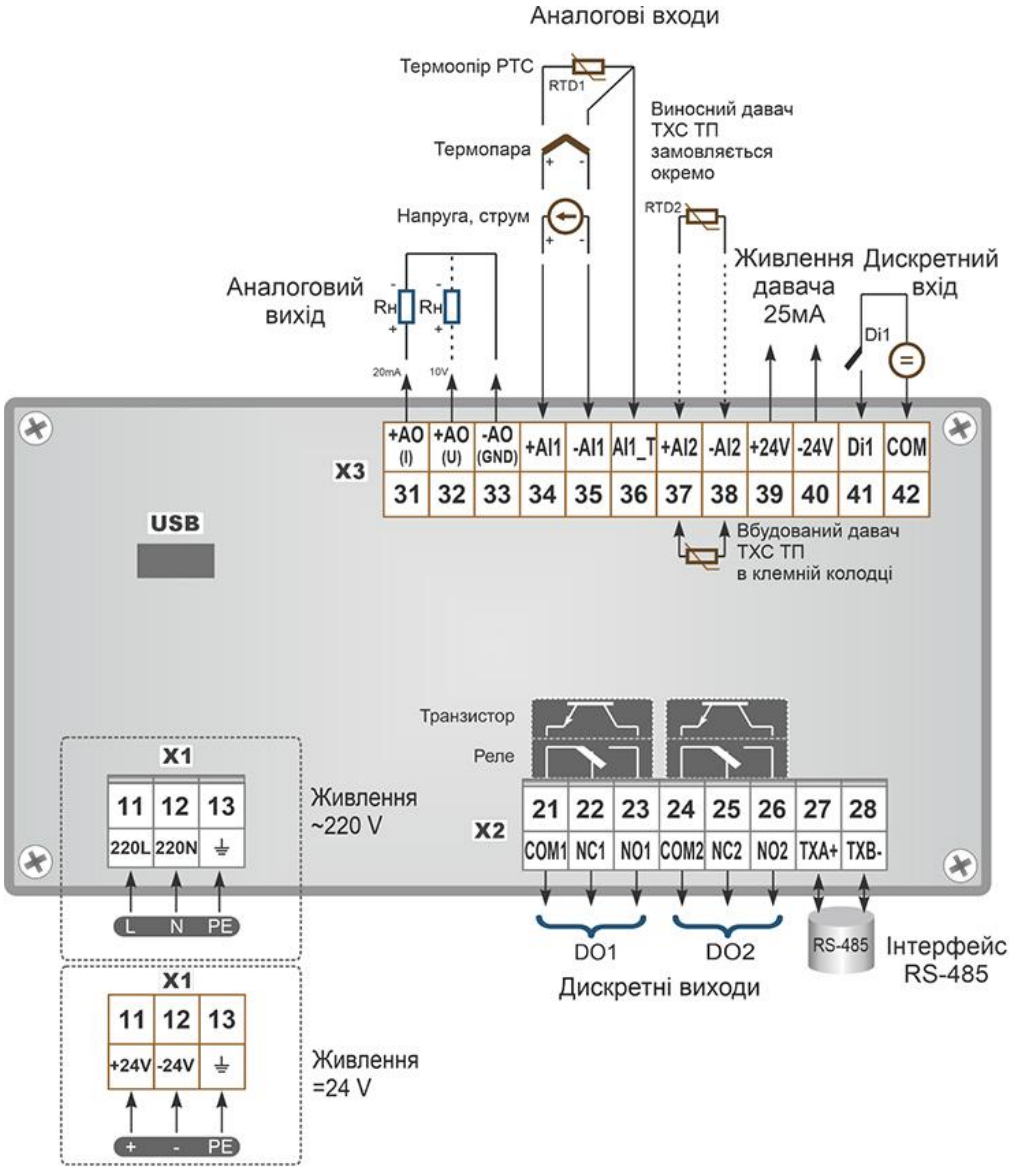


Рисунок 3.24 - Схема підключення ІТМ-310

Технічна характеристика	Значення	
	ІТМ-310	ІТМ-310А
Аналогові вхідні сигнали		
Кількість аналогових входів	1	
Тип першого вхідного аналогового сигналу		
• Постійний струм (IEC 381-1):	0-5 мА (Rвх= 400Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом)	
• Напруга постійного струму (IEC 60381-2):	від 0 В до 10 В	
• Постійний струм:	-5 до 5 мА, -20 до 20 мА	
• Напруга постійного струму:	-100(0)-100 мВ, -10 до 10 мВ	
• Опір:	від 0 Ом до (300)2500 Ом	
• Термоперетворювачі опору	ТСП 50П, 100П, Pt500, Pt1000, гр.21, ТСМ 50М, 100М, гр.23	
• Термоперетворювачі опору NTC	1 кОм (-50 °С до +150 °С), 3 кОм (-50 °С до +150 °С), 5 кОм (-50 °С до +150 °С), 10 кОм (-50 °С до +150 °С)	
• Термопари по ДСТУ 2837-94	ТЖК (J), ТХК (L), ТХКн (E), ТХА (K), ТПП10 (S), ТПР (B), ТВР-1 (A-1)	
Роздільна здатність АЦП	16 розрядів	
Роздільна здатність індикатора ІТМ-310А	4, параметр відображається в діапазоні від -9999 до +9999	
Межа основної зведеної похибки вимірювання вхідного сигналу	≤ 0.2%	
Межа додаткової похибки, викликаної зміною температури навколишнього середовища	<0.2% / 10°С	
Період вимірювання, не більше	0.1 сек	
Гальванічна розв'язка	Вхід ізольований від інших кіл. Напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В.	
Аналоговий вихідний сигнал		
Кількість аналогових виходів	1	
Тип вихідного аналогового сигналу		
Постійний струм (IEC 381-1):	0-5 мА, 0(4)-20 мА	
Напруга постійного струму (IEC 60381-2):	від 0 В до 10 В	
Роздільна здатність ЦАП	16 розрядів	
Межа основної зведеної похибки формування вихідного сигналу	≤ 0,2%	
Залежність вихідного сигналу від опору навантаження	≤ 0,1 %	
Межа додаткової похибки, викликаної зміною температури навколишнього середовища	< 0.2% / 10°С	
Гальванічна розв'язка	Вихід ізольований від інших кіл. Напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В.	
Дискретні вхідні сигнали		
Кількість дискретних входів	1 (вхід любої полярності)	
Сигнал логічного "0" - стан ВІДКЛЮЧЕНО	0-7 В	
Сигнал логічної "1" - стан ВКЛЮЧЕНО	18-30 В	
Вхідний струм (споживання по входу)	≤ 10 мА	
Гальванічна розв'язка	Вхід ізольований від інших кіл. Напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В.	
Дискретні вихідні сигнали		
Кількість дискретних виходів (2Т або 4Т)	4 (при умові замовлення)	
Тип виходу: транзисторні (Відкритий колектор (NPN транзистора))	до 40 В, 100 мА	
Кількість дискретних виходів (2Р)	2 (при умові замовлення)	
Тип виходу: релейні (тип перемикаюче реле)	до 220 В, 8 А	
Кількість дискретних виходів (4Р)	4 (при умові замовлення)	
Тип виходу: релейні (тип замикаюче реле)	до 230 В, 5 А	
Інтерфейс		
Послідовний інтерфейс RS-485	1 (опція)	
Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі	До 1200 метрів	
Гальванічна розв'язка	Інтерфейс гальванічно ізольований від інших кіл. Напруга гальванічного розв'язку не менше 500 В.	
Інтерфейс USB	1	
Тип кабелю	Micro-USB type B	
Гальванічна розв'язка	Відсутня	

Рисунок 3.25 - Технічні характеристики ІТМ-310(1)

Електричні дані		
Живлення індикатора від мережі:		
- постійного струму	від 18 В до 36 В	
- змінного струму	від 100 В до 242 В, 50 Гц	
Споживання індикатора від мережі:		
- постійного струму	≥200 мА	
- змінного струму	≥ 4.0 В·А	
Енергонезалежність даних	EEPROM, сегнетоелектрична NVRAM	
Гальванічна розв'язка:		
- постійного струму	дво рівнева	
- змінного струму	три рівнева	
Джерела живлення пасивного аналогового давача		
Кількість джерел	1	
Значення вихідної напруги	24 В	
Значення струму навантаження	≤ 30 мА	
Джерела живлення пасивного аналогового давача		
Кількість джерел:	1 (опція)	
Значення вихідної напруги:	24 В	
Значення струму навантаження:	≤ 30 мА	
Тип індикаторів		
Кількість індикаторів	4	6
Висота цифрового індикатора	20 мм	14 мм
Корпус		
Габаритні розміри (ВхШхГ)	48 x 96 x 106 мм	
Монтажна глибина	135 мм	
Маса блоку, не більше	0.3 кг	
Условия эксплуатации		
Температура окружающей среды	от -40 °С до +70 °С	
Атмосферное давление	от 84 до 106,7 кПа	
Вибрация	с частотой до 60 Гц с амплитудой до 0,1 мм	
Помещение	закрытое взрыво-, пожаробезопасное	

Рисунок 3.26 - Технічні характеристики ITM-310(2)

3.5 Виконавчі механізми

Виконавчі механізми (актуатори) – це пристрої, які перетворюють енергію в механічний рух, забезпечуючи виконання певних дій у технологічному процесі. Вони є ключовими елементами автоматизованих систем, оскільки дозволяють керувати клапанами, заслінками, приводами та іншими механізмами.

В системах автоматичного керування поширено дросельний метод регулювання, заснований на змінюванні спротиву трубопроводу поміж джерелом регульованого середовища й об’єктом регулювання. Для здійснення цього методу застосовуються регулювальні дросельні органи (РО) – клапани, повертальні затулки, шибери, шлангові та діафрагмові дросельні органи.

Регулювальні органі характеризуються багатьма параметрами, основними з яких є: перепускна та умовна перепускна здатність, перепускна та витрачальна характеристика.

Перепускною здатністю К, зветься витрачання рідини густиною 1000 кг/м3, яка перекусається РО при перепаді тиску на ньому 100 кПА. Перепускна здатність вимірюється в м3/г.

Умовна перепускна здатність Kvy – це номінальне значення перепускної здатності РО при максимальному (умовному) ході затвору, м3/г. Умовна перепускна здатність залежна від типу РО та розміру його умовного проходу Dy.

Перепускна характеристика встановлює залежність перепускної здатності відносно переміщення затвору I при перепаді тиску;

В робочих умовах вигляд перепускної характеристики змінюється в залежності від зміни перепаду тиску на регулювальному органі. Внаслідок цього РО характеризується витрачальною характеристикою, яка являє собою залежність відносного витрачання середовища від ступені відкриття РО:q = f(I), де q=Q/Qmax – відносне витрачання середовищ;а; Q – витрачання середовища при ступені відкриття РО, I; Qmax - витрачання середовища при повністю відкритому РО.

Дросельні пристрої серійно випускних регулювальних клапанів профілюються з лінійною та рівновідсотковою перепускною характеристикою.

При лінійній перепускній характеристиці прирощення перепускної здатності пропорційно переміщенню затвору. При рівновідсотковій перепускній характеристиці прирощення перепускної здатності при переміщенні затвору пропорційно поточному значенню перепускної здатності.

Регулювальні затулки відносяться до непрофілюючих РО і мають перепускні характеристика, близькі до рівновідсоткових.

3.5.1 Розрахунок та вибір регулювальних органів і виконавчих механізмів

Вихідні дані для розрахунку:

-максимальна витрата середовища в нормальних умовах (об'ємна Qmax або масова Gmax);

Qmin(Gmin) = (1/4 ÷ 1/3)Qmax(Gmax);

-абсолютний тиск на початку Рнач та в кінці Ркін частини трубопроводу;

-абсолютна температура середовища Т (незмінна для всієї частини трубопроводу);

-характеристика мережі;

-статична характеристика об'єкта.

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу:

Розрахунок максимальної витрати газів

Розрахункова максимальна витрана газів та пари для умов до РО Qmax1 , та після Qmax2, м3/год, тобто при Рпоч і Р2

$$Q_{min}=\frac{140}{0.25}=35 \text{ кг};$$

$$Q_{(max1)(max2)} = 140;$$

Розрахунок густини рідини при робочій температурі Густина рідини при робочій температурі , кг/м3, визначаю як

$$p_{1(2)} = p_н[1 - \beta(t - t_{20})],$$

$p_н = 965.3$ кг/м^3;

$\beta = 0.63 * 10^{-3}$;

$p_{(1)(2)} = 922.73$ кг/м^3;

Розрахунок в'язкості середовища:

В'язкість середовища при $P_{поч}(P_2)$ і Т динамічна $\mu_{1(2)}$, Н с/м^2, або кінетична $\eta_{1(2)}$, м^2/с, вибираю у додатках.

V = 0.416 * 10-3;

μ= 313 * 10-5 МПа;

Розрахунок швидкості середовища:

Розрахункова швидкість середовища в трубопроводі до V1, та після V2 РО , м/с

V(1)(2)=354* Q= 0.978 м3/год;

P2

V = 1 м/с;

D = 18,85√Qmax1(2)/V – діаметр трубопроводу, мм

$$D=18.85\sqrt{\frac{Q}{V}}=223.03 \text{ мм};$$

Знайдену величину D округляють до близького стандартного Dст значення: 50, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500,

600, 800, 1000.

Dст=225 мм;

Розрахунок числа Рейнольдса:

Число Рейнольдса для середовища до Re1 та після Re2 РО. для рідини і пар

$$Re_{(1)(2)} = 0.354\frac{140}{224*31.2*10^{-5}}=1994;$$

;

Розрахунок коефіцієнту тертя:

Коефіцієнт тертя для частини трубопроводу до РО, λ1 та для частини трубопроводу після РО, λ2.

Для круглих сталевих труб при ламінарному режимі (Re < 2300): Λ(1)(2)= 64 =0.032;

Розрахунок втрат тиску в лінії до РО:Втрати тиску в лінії до РО ΔРл1 та після РО ΔРл2 при розрахункових максимальних витратах Qmax1 та Qmax2

$\Delta P_{л1}= \Delta P_{пр1}+ \Delta P_{м1}+ \Delta P_{н1}$

$\Delta P_{пр1}=0.032\frac{923.73*11*0.978^2}{225^2*10^{-3}}=191$ Па;

$\Delta P_{м1}=1\frac{P1*V1}{2}+0.25\frac{P1*V1^2}{2}+1\frac{P1*V1^2}{2}+=2.25\frac{P1*V1^2}{2}=992.89;$

$\Delta P_{л1}=992.89 +191=1183.89$ Па;

$P_1=P_{поч}= \Delta P_{л1} = 1800000-1183=1798917$ Па;

$P_2=840000$ Па;

$\mu_2=31*10^{-5}$ МПа;

$P_2= P_1=923.73;$

$\Delta P_{пр2}=0.032\frac{922.73*0.978^2}{2252*10^{-3}}=122$ Па;

$\Delta P_{м2}=2*0.25\frac{P2*V2}{2}+0.2\frac{P2*V2}{2}=0.7\frac{P2*V2}{2}=308.9;$

$\Delta P_{л2}=430.9$ Па;

Розрахунок втрати тиску при максимальній витраті:

Втрата тиску в РО при максимальній розрахунковій витраті, Па: ΔРро=Рмер-(ΔРл1-ΔРл2)=599490 Па;

ΔРмер=Рпоч=Ркін=600000 Па;

Розрахунок пропускної здатності, вибір регулювального органу та його перепускної характеристики:

Розрахунок пропускної здатності:

За допомогою ріняння розраховую необхідне значення пропускної здатності Kv max в залежності від Qmax (Gmax) і ΔРро, м3/год.

$$K_{vmax}=\frac{Qmax\sqrt{v}}{100\sqrt{\Delta Ppo}}=\frac{140*\sqrt{965.3}}{100\sqrt{599490}}=0.056\ м^3/год;$$

Вибір РО:

Вибираю РО з умовою пропускної здатності Kv у, яка більше за розрахункове значення Ку max на 20%:

$K_{vy}=1.2*1.1*0.056=0.074;$

D=250

$K_{vy}=1000$

P=4 МПа;

Двосідельний РО

Клапан

$\xi y=\frac{25.4Fy^2}{Kvy^2}=909130$

$Fy^2=\frac{\pi Dy^2}{4}=196\ см^2;$

$K_{кав}=0.8;$

$\Delta P_{кав}= K_{кав}(P-P_{нё})=1312000$ Па;

$\Delta P_{ро}\leq \Delta P_{кав};$

Розрахунок перепаду тиску

Визначаю відношення η перепаду тиску в лінії до перепаду тиску на РО при максимальних витратах.

$\eta=\frac{\Delta Pл}{\Delta Po}=0.0027;$

Уточнюю перепад тиску

Значення η уточнюють за формулою:

$$\eta' = \eta\,(K_{vy} / TK_{v\,max})^2$$

$$\eta' = \eta\left(\frac{0.074}{1.1*0.056}\right)=0.032;$$

Уточнюють також перепад на РО:

ΔP'ро=ΔРмер / (η '+1)

$$\Delta P'_{po}=\frac{\Delta P_{мер}}{\eta'+1}=581395;$$

Рохрахунок відносного значення витрат:

Знаходжу відносне значення витрат qmax та qmin діленням (Qmax і (Qmin на

Q’max.

$$Q'_{max}=1.2.1.1*140=181.8;$$

$$q_{max}=\frac{Qmax}{Q'max}=0.75;$$

$$Q'_{min}=Q_{max}*0.25=35;$$

$$q_{min}=\frac{Qmin}{Q'max}=0.18;$$

Вибір пропускної характеристики РО:

Вибираю пропускну характеристику регулювального органа для забезпечення лінійної витрачальної характеристики клапанів визначають діапазон переміщення РО:

при η < 1,5 - за витрачальною характеристикою РО з лінійною пропускною характеристикою вибираю за додатком:

L_{max}=0.37;

L_{min}=0.07;

$K_{po\,max}$=1.3;

$K_{po\,min}$= 1.7;

3.5.2 РОЗРАХУНОК З’ЄДНАННЯ РЕГУЛЮВАЛЬНОГО ОРГАНА З ВИКОНАВЧИМ МЕХАНІЗМОМ

Будову безрозмірної статичної характеристики з’єднання виконавчого механізму наведено на рисунку 3.27.

Будову безрозмірної статичної характеристики з’єднання виконавчого механізму з регулювальним орган наведено на рисунку 3.28.

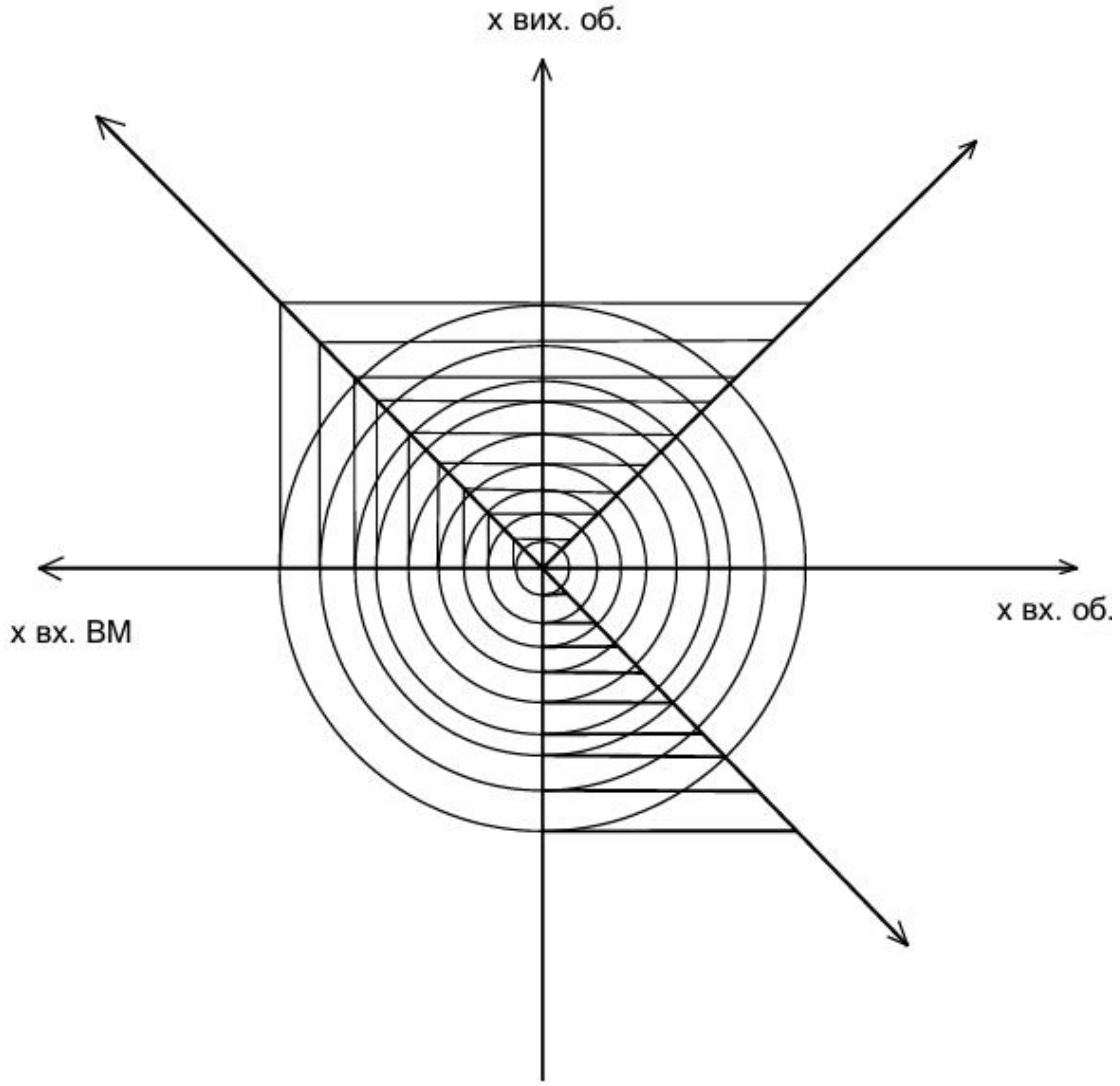


Рисунок 3.27 – Будова безрозмірної статичної характеристики з’єднання виконавчого механізму.

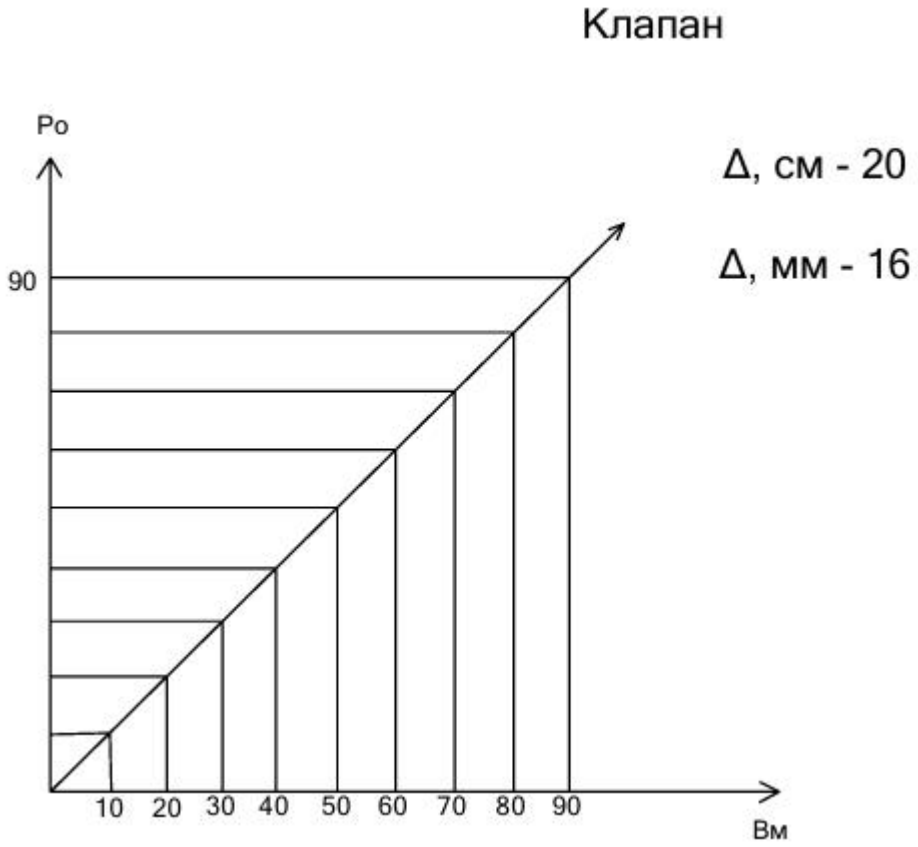


Рисунок 3.28– Будова безрозмірної статичної характеристики з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

3.5.3 ВИБІР ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ

Вибір виконавчого механізму (ВМ) базується на зусиллі, яке він повинен розвивати для зміни положення РО. Зусилля, необхідне для переміщення двосідельного клапана, складається з сили неврівноваженості статичного тиску середовища на затвор, сили тиску на шток і сили тиску на затвора визначається як добуток різниці площ верхнього та нижнього сідел корпуса на максимальний перепад тиску ΔРро до та після клапана.

$$R=A*1*\frac{r}{h};$$

L=100 мм;

r=200 мм;

h=0.6*0.4*225=5

4 мм;

R=1.4*100*$\frac{200}{54}$=518.5;

S=1000 мм;

L=R-r=318.5 мм;

Кінематичну схеми з'єднання виконавчого механізму з клапаном наведено на рисунку 3.29.

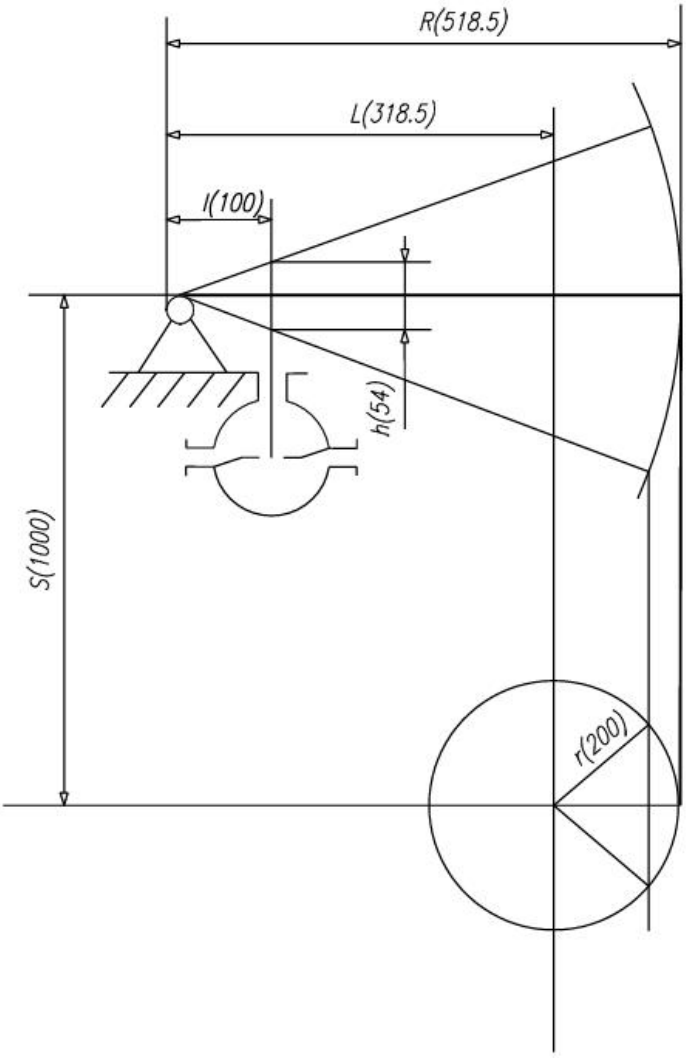


Рисунок 3.29– Кінематична схеми з'єднання виконавчого механізму з клапаном

QSH5718-76-28-189

Зовнішній вигляд QSH5718-76-28-189 навелено на рисунку 3.30.

Технічні характеристики QSH5718-76-28-189 навелено на рисунках 3.31-3.32.

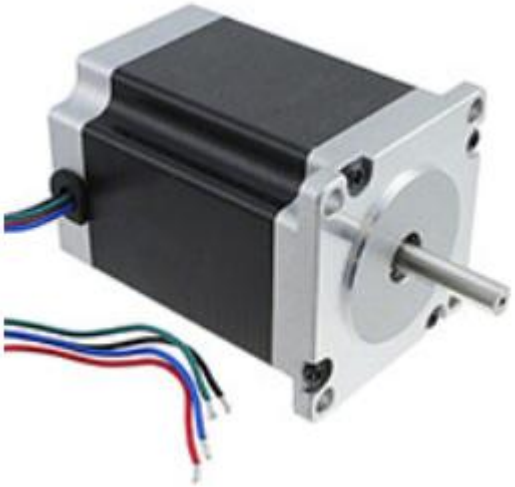


Рисунок 3.30 - Зовнішній вигляд QSH5718-76-28-189

TYPE	DESCRIPTION
Category	Motors, Actuators, Solenoids and Drivers Stepper Motors
Mfr	Analog Devices Inc./Maxim Integrated
Series	QMot QSH5718
Packaging	Box
Part Status	Active
Type	Hybrid
Coil Type	Bipolar
Voltage - Rated	3.2VDC
Current Rating (Amps)	2.8 A
Steps per Revolution	200.0
Step Angle	1.8°
Accuracy	±5%

Рисунок 3.31 - Технічні характеристики QSH5718-76-28-189 (1)

Torque - Holding (oz-in / mNm)	267.64 / 1890
Size / Dimension	Square - 2.220" x 2.220" (56.40mm x 56.40mm)
NEMA Frame Size	23
Diameter - Shaft	0.250" (6.35mm)
Length - Shaft and Bearing	0.945" (24.00mm)
Mounting Hole Spacing	1.856" (47.14mm)
Termination Style	Wire Leads
Operating Temperature	-20°C ~ 50°C
Coil Resistance	1.13 Ohms
Features	Flatted Shaft
Rotor Inertia	480gcm²
Approval Agency	CE
Weight	2.3 lbs (1 kg)
Base Product Number	QSH5718

Рисунок 3.32 - Технічні характеристики QSH5718-76-28-189 (2)

3.6 ПЛК

Програмований логічний контролер (PLC) – це спеціалізований комп'ютер, який використовується для автоматизації виробничих процесів. Він керує машинами, механізмами та технологічними лініями, забезпечуючи точність, надійність та гнучкість у промислових умовах.

МІК-50

Програмований логічний контролер МІК-50

- компактний малоканальний багатофункціональний високопродуктивний мікропроцесорний контролер;

- автоматичне регулювання та логічне управління технологічними процесами;

- підключення зовнішніх сигналів здійснюється через клеми, встановлені на задній стінці приладу.

Функціональні можливості

- контролер МІК-50 - це проектно-компонований виріб, який дозволяє користувачеві вибрати потрібний комплект модулів і блоків згідно з числом та видом вхідних-вихідних сигналів;

- вбудовані засоби самодіагностики: сигналізація та ідентифікація несправностей, про вихід сигналів за допустимі межі, про збої в ОЗ.

Програмування контролера виконується за допомогою клавіш передньої панелі або за інтерфейсом за допомогою спеціального програмного забезпечення – візуального редактора FBD-програм АЛЬФА. Як мову програмування в системі реалізовано мову функціональних блокових діаграм Function Block Diagram (FBD), що надає користувачеві механізм об'єктного візуального програмування. Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) IEC 1131-3. Редактор FBD-програм АЛЬФА має вбудований налагоджувач програм, систему логічного контролю за станом програми, можливості документування програм, друку, представлення програми у вигляді таблиці та ін.

Математична обробка інформації

Контролер МІК-50 містить бібліотеку функціональних блоків, достатню для того, щоб вирішувати порівняно складні завдання автоматичного регулювання та логіко-програмного управління.

Бібліотека функціональних блоків умовно поділена на розділи:

- функціональні блоки введення-виведення: інтерфейсне введення-виведення, аналогове введення-виведення, дискретне введення-виведення, імпульсне введення;

- Математичні функціональні блоки: множення, підсумовування з масштабуванням, поділ, корінь квадратний, абсолютне значення, інтегрування, диференціювання із затримкою;

- Логічні функціональні блоки: Логічне І, багатовходове І, Логічне АБО, багатовходове АБО, що виключає АБО, мажорування, тригер, регістр, виділення фронту;

- функціональні блоки управління програмою: мінімум, максимум, ковзне середнє, затримка, екстремум, обмеження, обмеження швидкості, перемикач за номером, компаратор, таймер, лічильник, мультивібратор, одновібратор, імпульсатор;

- функціональні блоки управління технологічним процесом: фільтр, масштабування, шматково-лінійна функція, уставка аналогова, уставка часу, програмний задатчик, таймер-сигналізатор реального часу, лінійна зміна параметра, регулятор аналоговий, регулятор каскадний, регулятор імпульсний, панель користувача;

- функціональні блоки дельта-регуляторів: регулятори аналогові та імпульсні з розширеними функціями, дельта-регулятор.

Зовнішній вигляд МІК-50 навелено на рисунку 3.33.

Технічні характеристики МІК-50 навелено на рисунках 3.34-3.35.



Рисунок 3.33 - Зовнішній вигляд МІК-50

Технічна характеристика	Значення
Аналогові вхідні сигнали	
Кількість аналогових входів	До 8
Типи вхідних аналогових сигналів	
- уніфіковані	0-5 мА (Rin=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rin=100 Ом), 0-10 В (Rin>25 кОм)
- напруги	0-50 мВ, 0-200 мВ, 0-1 В
- від термоперетворювачів опору	TSP 50P, 100P, гр.21, TSM 50M, 100M, гр.23
- від термопар	THC(L), THA(K), TPP(S), TPR(B), TVR (A), TJQ(J), THCn(E)
Період вимірювання, не більше	0,1 сек
Гальванічна ізоляція	групова, входи гальванічно ізольовані з інших входів та інших ланцюгів
Основна наведена похибка перетворення	± 0,2%
Аналогові вихідні сигнали	
Кількість аналогових виходів	До 2
Тип вихідного аналогового сигналу	0-5 мА (Rн<=2кОм), 0(4)-20 мА (Rн=2кОм)
Основна наведена похибка формування вихідного сигналу	
-АО1	±0,2%
- АО2	±0,4%
Цифрова індикація	
Точність індикації	±0,01%
Кількість розрядів цифрового індикатора	4
Висота цифр світлодіодних індикаторів	10 мм

Рисунок 3.34 - Технічні характеристики МІК-50(1)

Дискретні вихідні сигнали	
Кількість дискретних виходів	До 5
Типи виходів:	
- Транзистор ОК	до 40В, 100мА
- механічне реле (контакт, що перемикається)	до 220В, 8А
- твердотільне реле	до 60В, 1.0AAC/ADC
Гальванічна розв'язка дискретних виходів	групова

Послідовний інтерфейс RS-485	
Тип каналу	Асинхронний напівдуплексний (прийом та передача йдуть по одній парі проводів з поділом за часом)
Кількість приймачів	32 приймача на одному сегменті
Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі	1200 метрів
Кількість активних передавачів	1 (тільки один активний передавач)
Максимальна кількість вузлів у мережі	250 з урахуванням магістральних підсилювачів
Вид кабелю	кручена пара, екранована кручена пара
Гальванічна розв'язка	інтерфейс гальванічно ізольований від інших входів-виходів та інших ланцюгів (напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В)
Протокол зв'язку	Режим Modbus RTU (віддалений термінал)

Електричні дані	
Напруга живлення:	
• змінного струму	~220 (+22–33) В, (50 ± 1) Гц
• постійного струму	24 В
Потужність від мережі змінного струму, не більше:	до 13 ВА
Струм споживання живлення 24В, не більше:	не більше 350 мА

Рисунок 3.35 - Технічні характеристики МІК-50(2)

	Корпус. Умови експлуатації
Тип статури	Корпус для утопленного щитового монтажа, IP30
Розміри фронтальної рамки)	96 x 96 мм
Монтажна глибина	190 мм max
Виріз на панелі	(92^+0,8) x (92^+0,8) мм
Маса блоку, не більше	до 1,0 кг
Температура довкілля	від -40°С до +70°С
Атмосферний тиск	від 85 до 106,7 кПа
Вібрація з частотою/амплітудою	до 60Гц/до 0,1мм

Рисунок 3.36 - Технічні характеристики МІК-50(3)

4 РОЗРАХУВАННЯ ПІД-ЗАКОНУ РЕГУЛЯТОРА

У процесі пастеризації молока необхідно точно контролювати температуру, щоб забезпечити знищення шкідливих мікроорганізмів і зберегти якість продукту. Для цього використовують систему автоматичного регулювання температури (САР), яка аналізує зміни температури, коригує нагрів і підтримує стабільні умови.

Температурні зміни в молоці залежать від:

Потужності нагрівального елемента (електричний або паровий підігрівач).

Характеристик теплообміну – молоко має високу теплоємність, що впливає на швидкість нагріву та охолодження.

Втрат тепла через стінки резервуара.

Температурної інерції – після досягнення заданої температури процес ще деякий час "відгукується" на зміни.

З урахуванням цих факторів складається математична модель процесу.

Закон збереження енергії для молока можна записати у вигляді:

[Cm mm dTm\dt = Q_h - kw (Tm - Tenv)]

де (Cm) – теплоємність молока, (J/kgK);

(mm) – маса молока в пастеризаторі, (kg);

(Tm) – температура молока, (K);

(Tenv) – температура навколишнього середовища, (K);

(kw) – коефіцієнт теплових втрат, (W/K);

(Qh) – потужність нагрівача, (W).

Реакція системи на зміну температури описується передатною функцією:

$$[G(s) = K\(tau s + 1)]$$

де (K) – коефіцієнт посилення (визначає чутливість системи до змін температури);

(\tau) – постійна часу пастеризації (характеризує швидкість реакції системи).

Щоб забезпечити точне регулювання температури, використовується PID-регулятор, який складається з трьох компонентів:

$$[U(s) = Kp\ e(s) + Ki \ e(s)\{s\} + Kd\ s\ e(s)]$$

де (Kp) – пропорційний коефіцієнт (відповідає за швидкість реакції);

(Ki) – інтегральний коефіцієнт (усуває систематичну похибку);

(Kd) – диференціальний коефіцієнт (зменшує перепади температури).

Для точного налаштування PID-регулятора використовуються методи:

Метод Зіглера-Ніколса

- встановлюють тільки пропорційний регулятор (P) і збільшують (Kp) до моменту, коли система починає коливатися;
- визначають період коливань (Tu) та критичне значення (Ku).

Формули для налаштування PID-регулятора:

$$[K_p = 0.6 \cdot Ku, \quad K_i = 2 \cdot K_p / Tu, \quad K_d = K_p \cdot Tu / 8]$$

Метод Коена-Куна

Визначають час стабілізації (Ts) та час наростання температури (Tr).

Використовують емпіричні формули:

[K_p = (1.35 / Tr), \quad K_i = (0.5 / Ts), \quad K_d = (0.75 * Tr)]

Якщо потрібно підтримувати температуру 72°C для пастеризації молока, а експериментальні дані показали, що критичне підсилення (Ku = 15), період коливань (Tu = 10) секунд,

Тоді параметри PID-регулятора будуть: [K_p = 9, \quad K_i = 1.8, \quad K_d = 1.125]

5 РОЗРАХІНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ

Вартість обладнання та його встановлення – 267 980 грн

Електроенергія:

$$[\ 4\ кВт * 24\ год * 30\ днів = 2\ 880\ \{\ кВт·год\}\ ]$$

При тарифі 2 грн/кВт·год це 5 760 грн/міс

Обслуговування – 1 500 грн/міс

Заробітна плата персоналу:

До автоматизації – 75 000 грн/міс

Після автоматизації – 114 000 грн/міс

Збільшення витрат на заробітну плату: 39 000 грн/міс

Розрахунок терміну окупності:

Окупність розраховується за формулою:

$$[\ PP = \{Капітальні\ витрати\} \backslash \{Щомісячний\ економічний\ ефект\}\ ]$$

Щомісячний економічний ефект

Реальне збільшення доходів від продуктивності – 146 800 грн/міс

Зміна операційних витрат – збільшення зарплати на 39 000 грн/міс

Чистий економічний ефект:

$$146\ 800 - 39\ 000 = 107\ 800\ грн/міс$$

Термін окупності:

$$[\ PP = \{267\ 980\} \backslash \{107\ 800\} = 2.49\ місяці$$

Окупність досягається за 2,5 місяця

Додатковий дохід 146 800 грн/міс

Збільшення витрат на зарплату компенсується підвищенням продуктивності

6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці на підприємстві по пастеризації молока здійснюється за Законами України "Про охорону праці» та Кодекс законів про працю (КЗпП). Юридичною базою функціонування охорони праці на підприємстві є: колективний договір, що встановлює загальні обов’язки сторін та статут, що встановлює організацію і сферу діяльності підприємства.

На підприємстві по пастеризації молока використовують найману працю за колективним договором, який передбачає захист прав працівників, які постраждали на виробництві від нещасного випадку. Перевірка договору проводиться раз на рік. За не виконання колективного договору відповідальні особи притягуються до адміністративної або дисциплінарної відповідальності. Керівник підприємства по пастеризації молока у питаннях організації роботи з охорони праці виходить із визнання та забезпечення пріоритету життя та здоров'я працівників у процесі виробничої діяльності. При цьому безпека праці враховується при прийнятті рішень з усіх питань виробництва та всіх його рівнях. Це вказує, що на всі стадії, розпочинаючи від створення проекту, планування будівництва та експлуатації виробництва аж до випуску та відвантаження готової продукції, підприємство дотримується правил і норм
охорони праці.

На підприємстві по пастеризації молока регламентований порядок планування заходів з охорони праці, організації виконання та координації робіт, здійснення контролю за дотриманням вимог безпеки та гігієни праці.

Загальне керівництво та відповідальність за правильну організацію інструктажу та навчання працюючих покладається на головного інженера підприємства або на особу, яка його замінює.

Проводяться такі види інструктажу робітників з техніки безпеки та виробничої санітарії:

вступний інструктаж;

інструктаж на робочому місці - первинний, періодичний повторний, позаплановий;

курсове навчання.

Вступний інструктаж проходять всі робітники, інженерно-технічні працівники, службовці та учні, що знову надходять. Його проводить інженер з техніки безпеки як бесіди з показом наочних посібників. Інструктаж керівних та інженерно-технічних працівників проводить головний інженер підприємства.

Інструктаж на робочому місці. Інструктаж на робочому тесті проводиться індивідуально з кожним робітником за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, у формі бесіди та підкріплюється прикладами безпечних методів роботи, а також докладним розбором випадків порушення виробничої дисципліни, правил та інструкцій з безпечних прийомів та методів роботи та наслідків, які могли статися внаслідок припущення порушень.

Первинний інструктаж проводиться перед допущення до початку роботи для всіх нових співробітників, і теж перекладених з іншого цеху, з однієї роботи на іншу або з обладнання на інше. У тому числі і у випадках тимчасового перекладу, тобто у всіх випадках, коли робітнику надається нова для нього робота.

Інструктаж проводить керівник (начальник цеху, зміни, майстер, механік, виконроб), на ділянку якого направлений робітник.

Позаплановий інструктаж.

Виконується при такому випадку:

- при зміні роботи обладнання, технологічного процесу, матеріалу вихідної сировини;

- при недотриманні дійсних правил техніки безпеки, дисципліни виробничої чи технологічної;

- у випадках, коли через недостатній інструктаж робітників безпечним прийомам та методам роботи мали місце нещасні випадки та профзахворювання. Кожен робітник, з яким стався нещасний випадок, після відновлення працездатності та перед тим, як розпочати роботу, обов'язково проходить позаплановий інструктаж на робочому місці.

Санітарна освіта. Санітарно-освітня робота на підприємстві по пастеризації молока ставить перед собою завдання ознайомити робітників та службовців із загальними принципами санітарії виробництва та гігієни праці. Робітники та службовці знають про те, які несприятливі фактори можуть мати місце на даному виробництві чи ділянці, які причини їх виникнення, який вплив вони надають на організм працюючих, які шляхи їх усунення та попередження їх дії.

Маючи такі знання, можна краще та правильніше оцінити санітарний стан цеху, свої власні дії та дії товаришів по роботі, активно сприяти проведенню оздоровчих заходів.

Форми санітарно-освітньої роботи: лекції та доповіді, колективні та індивідуальні бесіди, інструктажі, плакати а інші наочні посібники, виставки, бюлетені, демонстрація спеціальних кінофільмів тощо.

У виробничих приміщеннях підприємства по пастеризації молока, що характеризуються високою відносною вологістю на постійних робочих місцях, допускається підвищення вологості в теплу пору року на 10-20%, але не вище 75%. У випадках, коли середня температура зовнішнього повітря найспекотнішого місяця о 13 год перевищує 25 °С (або 23 °С для важких робіт), допустимі температури у виробничих приміщеннях на постійних робочих місцях дозволяється підвищувати у теплий період року (за умови збереження відносної вологості повітря) на 3 °С, але не вище 31 °С у приміщеннях з незначними надлишками явного тепла

(електромеханічна майстерні; насосні станції, тощо) або на 5 °С, але не вище 33 °С у приміщеннях із значними надлишками явного тепла (котельня) на 2 °С, але не вище 30 °С у приміщеннях з нормованим температурно-вологісним режимом (виробничий цех, адміністративний відділ).

Температура нагрітих поверхонь обладнання та трубопроводів на робочих місцях не перевищує 45 °С, а для обладнання та трубопроводів, усередині яких температура менша або дорівнює 100 °С, температура на поверхні не повинна перевищувати 35 °С.

Зазначені температурно-вологісні умови у виробничих цехах слід створювати шляхом улаштування відповідних режимів опалення та вентиляції, а на робочих місцях, де це з яких-небудь причин не є можливим, необхідно влаштовувати місцеві захисні заходи: водоповітряне душування, екранування, високодисперсне розпилення води на опромінювані поверхні, місцеві парасольки.

У жодному разі не можна допускати різких змін параметрів мікроклімату на робочих місцях, протягів, підвищених проти норм температури та вологості тощо, бо це призводить до порушення терморегулювання організму працюючих, спричиняє надмірну втому, ускладнює серцеву діяльність, спричиняє простудні захворювання.

Відповідальність за організацію, забезпечення та дотримання безпечних умов праці на по пастеризації молока несе генеральний директор. Він планує заходи, пов'язані з організацією, навчанням працівників охорони праці. Інженер з охорони праці проводить інструктаж з охорони праці працівників із періодичною перевіркою їх знань у визначені терміни. Розробляє інструктаж з техніки безпеки.

На по пастеризації молока для осіб, що приймаються на роботу, а також для працівників, які йдуть на підвищення повинен проводитися вступний інструктаж з охорони праці. Він проводиться за програмою,

розробленою на підставі законодавчих актів та інших нормативних актів України з урахуванням специфіки діяльності підприємства та встановлених роботодавцем. Він проводиться інженером з охорони праці. Крім вступного інструктажу проводяться первинні інструктажі на місці для роботи, позапланові, цільові та повторні. Ці інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт, який є компетентним з питань охорони праці. Проведення інструктажів включає ознайомлення працівників з наявними шкідливими виробничими факторами, вивченням вимог охорони праці, що містяться в локальних нормативних актах організації, технічної, експлуатаційної документації, а також застосування безпечних методів і прийомів виконання робіт. Інструктаж з охорони праці закінчується усною перевіркою набутих працівником знань та навичок щодо безпечного і роботи в подальшому.

Керівники та фахівці проходять чергову перевірку знань не рідше одного разу на три роки. Перевірка знань вимог охорони праці працівників, у тому числі керівників, проводитися відповідно до нормативних правових актів з охорони праці, та забезпечення дотримання вимог входить до їх обов'язків.

Проведення всіх видів інструктажів реєструється по пастеризації молока у відповідних журналах проведення інструктажів, із зазначенням підпису інструктованого та інструктуючого, а також дати проведення інструктажів.

При звільненні з роботи кожній людині видається трудова та медична книжки.

Працівники підприємства повинні проходити медичний огляд. Результати медичного огляду фіксується у особистій медичній книжці працівника.

Працівники забезпечені санітарним одягом, спецодягом та спецвзуттям на нековзкій підошві, видачу якого здійснюють залежно від

нормативного терміну служби. Перед видачею нових засобів індивідуального захисту старі засоби списують та утилізують.

Перед початком роботи на підприємстві всі робітники одягають санітарний чистий одяг таким чином, щоб він покривав собою особистісну одежу, волосся забирається під косинку, руки повинні бути ретельно вимиті з милом і оброблені розчином, що дезінфікує. Зміна санітарного одягу проводиться у міру забруднення. На по пастеризації молока передбачені вбиральні та душові, кімнати особистої гігієни жінок. На території є кімнати відпочинку, встановлені місця для куріння.

Працівники підприємства суворо стежать за дотриманням правил охорони праці. Вони користуються всіма необхідними пристроями, що забезпечують безпечні умови праці. На території цехів є знаки безпеки, біля розеток та вимикачів нанесені попереджувальні написи. Усе обладнання та металеві частини, які можуть опинитися під напругою, заземлені. У разі перевантаження та інших несправностей, відбувається аварійне відключення системи живлення.

Відповідальність за стан протипожежної техніки та інвентарю, за виконання протипожежних заходів несе генеральний директор по пастеризації молока.

Виробничі приміщення, склади забезпечені первинними засобами пожежогасіння, що містяться у справному стані - пінними та вуглекислотними вогнегасниками, пожежними щитами та стендами, забарвленими червоною фарбою, пожежними відрами, ящиками з піском та совковою лопатами. Усі працюючі навчені поводження з засобами пожежогасіння.

У нічний час територія та проїзди висвітлюються. Всі будівлі та споруди забезпечені вільним доступом, у виробничих приміщеннях передбачені шляхи безпечної евакуації у разі пожежі, а також аварійне

штучне освітлення. Приміщення та майданчики регулярно очищають від сміття.

Протипожежна робота для підприємства проводитися над повному обсязі. Є пожежні щити та пожежні рукави, сигналізація, що повідомляє про пожежу.

Гігієна праці працівників підприємств харчової промисловості складається з особистої гігієни, правил поведінки на виробництві та медико- санітарного обслуговування працюючих. Особиста гігієна у свою чергу полягає у догляді за шкірою рук, ніг, у дотриманні інструкції застосування спеціального одягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту робітників.

Усі працівники підприємств молочної промисловості повинні дотримуватися правил гігієни та санітарії та насамперед особистої гігієни. Відповідно до санітарних правил всі працівники проходять медичний огляд як при вступі на роботу, так і в процесі роботи не рідше 1 разу на 3 місяці, дослідження на туберкульоз і на бактеріоносійство, на носійство збудників кишкових інфекцій не рідше 1 разу на рік. Результати огляду заносять до санітарної книжки працівника.

На підприємстві по пастеризації молока розроблені та затверджені в встановленому порядку інструкції та правила з охорони праці. Встановлено, що персонал може бути допущений до проведення технологічного процесу тільки після прослуховування та проходження інструктажу з охорони праці, який включає в себе інструктаж вступний та інструктаж на робочому місці (плановий, періодичний, первинний), після чого здійснюється запис в журналі інструктажу.

Підприємство по пастеризації молока дотримується правил безпеки при проведенні технологічного процесу на виробництві, правил вибухопожежонебезпеки та санітарно-епідеміологічний правил безпеки.

Вище керівництво піклується про співробітників, забезпечуюючи на території відділень наявність знаків безпеки. Все обладнання та його металеві частини, які можуть бути під напругою є заземленим. Передбачається аварійне відключення системи живлення у випадках поломки чи перенавантаження.

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження автоматизації процесу пастеризації молока, що включає розробку системи автоматичного регулювання (САР), її технічну реалізацію та економічне обґрунтування впровадження.

На основі аналізу існуючої системи управління було визначено ключові її недоліки, зокрема низьку точність регулювання температури, значні енерговитрати та людський фактор, що впливає на стабільність виробництва. Запропонована автоматизована схема управління базується на використанні сучасних контрольно-вимірювальних приладів, програмованих логічних контролерів (ПЛК) та виконавчих механізмів, що забезпечують високу ефективність та точність керування технологічним процесом.

У процесі роботи розроблено функціональну схему автоматизації, електричні принципові схеми живлення та комутації, а також проведено аналіз взаємодії інформаційних та матеріальних потоків. Обґрунтовано вибір PID-регулятора, параметри якого оптимізовані для забезпечення стабільного температурного режиму.

Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження автоматизації, оскільки термін окупності проєкту складає 2,5 місяця, а рентабельність значно зростає за рахунок збільшення продуктивності та зниження операційних витрат.

Отже, проведене дослідження підтвердило, що автоматизація пастеризації молока є економічно вигідним та технологічно доцільним рішенням, яке забезпечує підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості кінцевої продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Material Flow - What Is It, Types, Examples, Importance. URL: https://www.wallstreetmojo.com/material-flow/ (дата звернення: 03.02.2025)

2. Material Flow Diagram - Samples & Software | e!Sankey. URL: https://www.ipoint-systems.com/software/e-sankey/material-flow-diagram/ (дата звернення: 03.02.2025)

3. Material and information flow in the production process | Download Scientific Diagram URL: https://www.researchgate.net/figure/Material-and-information-flow-in-the-production-process_fig1_4329618 (дата звернення: 03.02.2025)

4. dairy-bro-mc-001616-en-us-19284.pdf URL: https://www.emerson.com/documents/automation/dairy-bro-mc-001616-en-us-19284.pdf (дата звернення: 04.02.2025)

5. In-Line Technologies for the Analysis of Important Milk Parameters during the Milking Process: A Review URL: https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/239 (дата звернення: 05.02.2025)

6. What Is Counter in PLC? Understanding Its Role and Uses URL: https://www.indmallautomation.com/faq/what-is-counter-in-plc/ (дата звернення: 08.02.2025)

7. PLC Counter | How counters work in PLC? | Basic Guidance URL: https://instrumentationblog.com/plc-counter-function/ (дата звернення: 08.02.2025)

8. Introduction to Industrial Instrumentation URL: https://automationforum.co/introduction-to-industrial-instrumentation/ (дата звернення: 11.02.2025)

9. Indicators, Recorders, Process Switches and Alarms | Introduction to Industrial Instrumentation | Textbook URL:

https://control.com/textbook/introduction-to-industrial-instrumentation/other-types-of-instruments/ (дата звернення: 11.02.2025)

10. Types of Controllers Used in Industrial Automation and Their Applications URL: https://auto2mation.com/blog/post/types-of-controllers-used-in-industrial-automation-and-their-applications (дата звернення: 11.02.2025)

11. Control Systems - Controllers - GeeksforGeeks URL: https://www.geeksforgeeks.org/electronics-engineering/control-systems-controllers/ (дата звернення: 12.02.2025)

12. Programmable Logic Controllers (PLCs): Basics, Types & Applications | Electrical4U URL: https://www.electrical4u.com/programmable-logic-controllers/ (дата звернення: 13.02.2025)

13. Programmable logic controller - Wikipedia URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller (дата звернення: 17.02.2025)

14. AG/PAS URL: https://library.e.abb.com/public/f4d73527c3237324c125695800556559/PAS_1GG.pdf (дата звернення: 18.02.2025)

15. Design and Automated Control of Pasteurization Process in Dairy Industry Using S7-300 PLC and HMI | SpringerLink URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-9554-7_25 (дата звернення: 21.02.2025)

16. American Journal of Engineering Research (AJER) URL: https://ajer.org/papers/v6(09)/V0609175187.pdf (дата звернення: 25.02.2025)

17. Optimal-Temperature-Control-Scheme-for-Milk-Pasteurization-Process-Using-Different-Tuning-Techniques-for-a-Proportional-Integral-Derivative-Controller.pdf URL: https://www.researchgate.net/publication/360317215_Optimal_Temperature_Control_Scheme_for_Milk_Pasteurization_Process_Using_Different_Tuning_Te

chniques_for_a_Proportional_Integral_Derivative_Controller/fulltext/6310ebc261e4553b95580778/Optimal-Temperature- (дата звернення: 03.03.2025)

18. Signal Converters Improve Accuracy Industrial Applications URL: (дата звернення: 07.03.2025)

19. МИК-50 URL: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=267&category_id=24&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 11.03.2025)

20. RS PRO Type T Exposed Junction Thermocouple 1m Length, 1/0.3mm Diameter → +250°C | RS URL: https://se.rs-online.com/web/p/thermocouples/8479681 (дата звернення: 13.03.2025)

21. БПТ-648 URL: https://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=329&category_id=76&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang=ru (дата звернення: 14.03.2025)

22. ITM-310 та ITM-310A URL: https://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=359&category_id=38&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 15.03.2025)

23. RS PRO Pressure Sensor, 0bar Min, 16bar Max, Voltage Output, Relative Reading | RS URL: https://se.rs-online.com/web/p/pressure-sensors/8285745 (дата звернення: 16.03.2025)

24. МТЛ-32 URL: https://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=47&category_id=46&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang= (дата звернення: 17.03.2025)

25. ДК-11 URL: https://microl.ua/2008-08-11-10-55-54?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=268&

category_id=57&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 18.03.2025)

26. CNT-4 URL: https://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=459&category_id=46&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 19.03.2025)

27. QSH5718-76-28-189 Analog Devices Inc./Maxim Integrated | Motors, Actuators, Solenoids and Drivers | DigiKey URL: https://www.digikey.se/en/products/detail/analog-devices-inc-maxim-integrated/QSH5718-76-28-189/4843431?srsltid=AfmBOoqQLJmL9cqwtg0EAHihVMTQTlntPizqgphszHvR0gHnOtRaY60_ (дата звернення: 23.03.2025)

ДОДАТКИ

Додаток 1. Замовна специфікація

Позиція	Найменування та технічна характеристика обладнання й матеріалів, завод виробник	Тип, марка обладнання	Одиниця вимірювання		Код завода-виробника	Код обладнання, матеріалу	Ціна одиниці, грн	Кількість	Маса одиниці обладнання, К2
			Найм.	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1. Прилади та засоби автоматизації								
1а,4а,5а	Термометр опору	RS PRO Type T	шт.				400	3	
1б,4б,5б	Нормуючий перетворювач	БПТ-648	шт.				500	3	
1в,4г,2б,4е,4ж,5а,5в,3б,1г	Індикатор технологічний мікропроцесорний	ІТМ-310	шт.				900	9	
2а	Барометр	RS PRO Pressure Sensor	шт.				8000	1	
4є, 5г	Мікропроцесорний таймер-лічильник	МТЛ-32	шт.				1100	2	
3а	Датчик рівня	ДК-11	шт.				700	1	
6а	Лічильник мікропроцесорний чотири канальний	CNT4	шт.				400	1	
1д,3в,4и,5е	Виконавчий механізм	QSH5718-76-28-189	шт.				4000	4	
ПЛК	ПЛК	МІК-50-16	шт.				2000	1	
	2. Агрегатні комплекси та засоби обчислювальної техніки								
	Панель оператора	Weintek cMT1106X	шт.				8000	1	
	SCADA система	Visual Intellect	шт.				6000	1	
	3. Щити та пульти управління								
	Щит КІП	ЩИТ-236	шт.				2000	1	
	Щит запобіжників	Nizirioo Fuse box	шт.				3500	1	
	4. Електроапаратура								
	Клемники	JXB 35/35	шт.				20	40	
	DIN-рейка	DIN35x7.5	м.				100	2	
	5. Кабелі та дроти								
	Монтажний дріт	МКВЕВ 2х0,35	м.				150	200	