

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

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

«8» лютого 2022 р.

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

«8» лютого 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

на тему: Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової
обробки молока

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАК-3-Іск

_____ Смачелюк Сергій Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Романов Микола Сергійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ Лариса Загоровська _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. зав. кафедри АКТСУ

_____ Я.В.Смітюх

«11» листопада 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Смачелюку Сергію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока*

керівник роботи *к.т.н. доц. Романов Микола Сергійович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2021 р. № 886-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «15» лютого 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

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

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 11 листопада 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Смачелюк С.В.

_____ (підпис)

Керівник роботи Романов М.С.

_____ (підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі наведено опис розробки системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока.

В системі автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока використано ПЛК Schneider Electric M340.

В записці розглянуто монтаж датчика мутності – SATRON VOM.

Під час розробки дисплейної мнемосхеми для автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора використано Citect SCADA 2015.

В роботі проведено комп'ютерне моделювання процесу пастеризації молока з знаходження оптимальних налаштувань ПІ-регулятора та розрахунок компенсатора та моделювання компенсації збурення – зміни витрати молока на процес пастеризації.

Ключові слова: молоко, пастеризація, автоматизація, M340, SATRON VOM.

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

Annotation

In the qualification work is described of development of system of automation of technological process of heat treatment of milk.

The Schneider Electric M340 PLC was used in the automation system of the technological process of heat treatment of milk.

In the note discusses the installation of a turbidity sensor – SATRON VOM.

Citect SCADA 2015 was used in the development of the display mnemonic for the operator's automated workstation (AWS).

The computer modeling of the process of milk pasteurization was used to find the optimal settings of the PI-regulator and was calculated of the compensator and the simulation of disturbance compensation – changes in milk consumption for the pasteurization process.

Keywords: milk, pasteurization, automation, M340, SATRON VOM.

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

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 7 |
| Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації | 8 |
| 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації..... | 8 |
| 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації..... | 13 |
| Розділ 2. Система автоматизації | 14 |
| 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)..... | 14 |
| 2.2. Схема автоматизації..... | 32 |
| 2.3. Специфікація засобів автоматизації..... | 33 |
| Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення | 36 |
| 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)..... | 36 |
| 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК..... | 37 |
| 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру..... | 38 |
| Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів | 42 |
| Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК) | 47 |
| Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога | 52 |
| 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI..... | 52 |
| 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора..... | 53 |
| Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання | 54 |
| 7.1. Постановка задачі дослідження..... | 54 |
| 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі..... | 55 |
| 7.3. Моделювання САР..... | 56 |
| 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків..... | 60 |
| Висновки | 61 |
| Список використаної літератури | 62 |

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

Вступ

Технологічний процес теплової обробки молока проводиться для знищення хвороботворних мікроорганізмів в молоці для забезпечення довготривалого періоду його використання.

При дотриманні технологічних вимог під час технологічного процесу теплової обробки молока досягається отримання молочної продукції високої якості.

Для забезпечення оптимального проведення технологічного процесу теплової обробки молока необхідно використовувати сучасні технології та засоби автоматизації, що забезпечать економне використання енергоресурсів, що в подальшому призведе до зменшення собівартості готової продукції та збільшення прибутковості підприємства.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока з використанням сучасних технології та засобів автоматизації для проведення технологічного процесу теплової обробки молока на оптимальному рівні.

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

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.

Теплова обробка молока – одна з основних та необхідних технологічних операцій переробки молока, що проводяться з метою знезараження. Ефективність теплової обробки пов'язана з термостійкістю молока, що обумовлюється його білковим, сольовим складом і кислотністю, які, у свою чергу, залежать від пори року, періоду лактації, фізичного стану та породи тварин, режимів та раціону годівлі.

При тепловій обробці молоко та молочні продукти зазнають складні зміни біохімічних та фізико-хімічних властивостей, а також видозміни складових частин молока.

Ціль теплової обробки молока:

- зниження загальної кількості мікроорганізмів та знищення патогенних форм;
- інактивація (руйнування) ферментів молока для підвищення стійкості при тривалому зберіганні;
- забезпечення специфічного смаку, запаху, кольору та консистенції;
- створення сприятливих температурних умов для проведення заквашування, випарювання, зберігання, а також процесів механічної обробки.

Теплова обробка молока є комбінацією режимів впливу температури (нагріву або охолодження) та тривалості витримки за цієї температури.

| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | | |
|------------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------|--|-----------------------|----------------|
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Смачелюк С.В.</i> | | | <i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока</i> | | |
| <i>Керівник</i> | | <i>Романов М.С.</i> | | | | 8 | 6 |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Смітюх Я.В.</i> | | | | <i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i> | |
| <i>Секр. ЕК</i> | | <i>Проскурка Є.С.</i> | | | | | |

У молочній галузі теплова обробка проводиться за температури 100 °С та понад 100 °С. При нагріванні до 100 °С у молоці гинуть тільки вегетативні форми, а при температурі понад 100 °С – вегетативні та спорові форми.

Основними процесами теплової обробки молока є пастеризація та стерилізація. Крім того, при тепловій обробці молоко піддають охолодженню, підігріву (нагріву), термічно-вакуумній обробці.

Нагрівання (підігрів) не відіграє основної ролі, а найчастіше виконує допоміжну (підготовчу) функцію у процесі переробки молока.

Підігрів молока застосовують перед сепаруванням, гомогенізацією, а також у виробництві різних молочних продуктів.

Мета пастеризації – це знищення вегетативних форм мікроорганізмів, які знаходяться в молоці, а саме: збудників кишкових захворювань, а також бруцельозу та туберкульозу і ящуру, зберігаючи при цьому його біологічну, поживну цінність та якість.

Ефективність пастеризації залежить від 2-х основних параметрів: температури та витримки його за даної температури. В залежності від цього розрізняють пастеризацію з витримкою чи без витримки.

Тривалість витримки та температура пастеризації пов'язані між собою залежністю, при якій тривалість витримки зменшується із підвищенням температури пастеризації.

Пастеризоване молоко має бути попередньо очищене на фільтрах або сепараторах-молокоочисниках та мати кислотність не більше 21 °Т, так як за більшої кислотності білки молока при нагріванні згортаються та його частина осаджується на тепло-передаючій поверхні апаратів, утворюючи шар пригару.

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

Піна в молоці також негативно впливає на ефективність процесу пастеризації.

Існують такі види пастеризації молока:

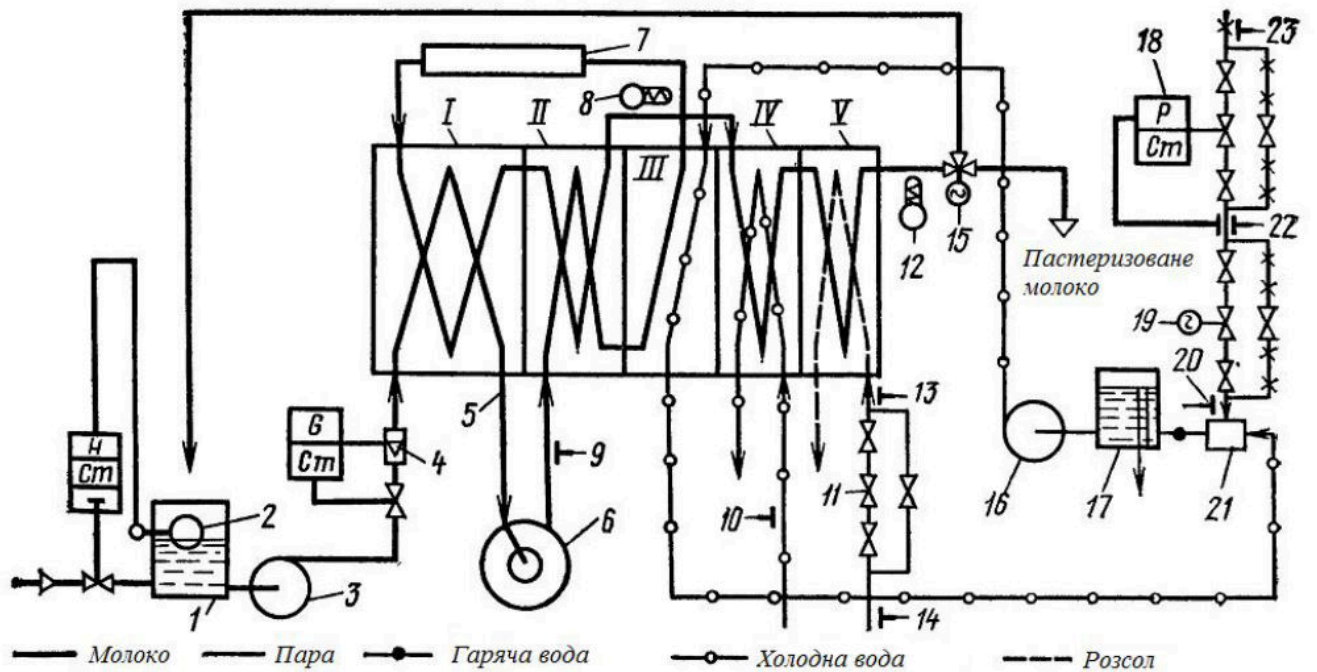
– тривала пастеризація молока при температурі 74–78 °С з витримкою 30 хвилин, при температурі 90–99 °С витримкою від 2–15 хвилин до 5 годин (рис. 1.1);

– короткочасна пастеризація молока при температурі 80 °С, 85–87 °С чи 90–95 °С без витримки;

– високотемпературна пастеризація молока при температурі 105–107 °С без витримки.

Для тривалої пастеризації використовують резервуари періодичної дії, а для короткочасної та моментальної пастеризації – пластинчасті, трубчасті та інші пастеризаційні апарати (рис. 1.2). [1]

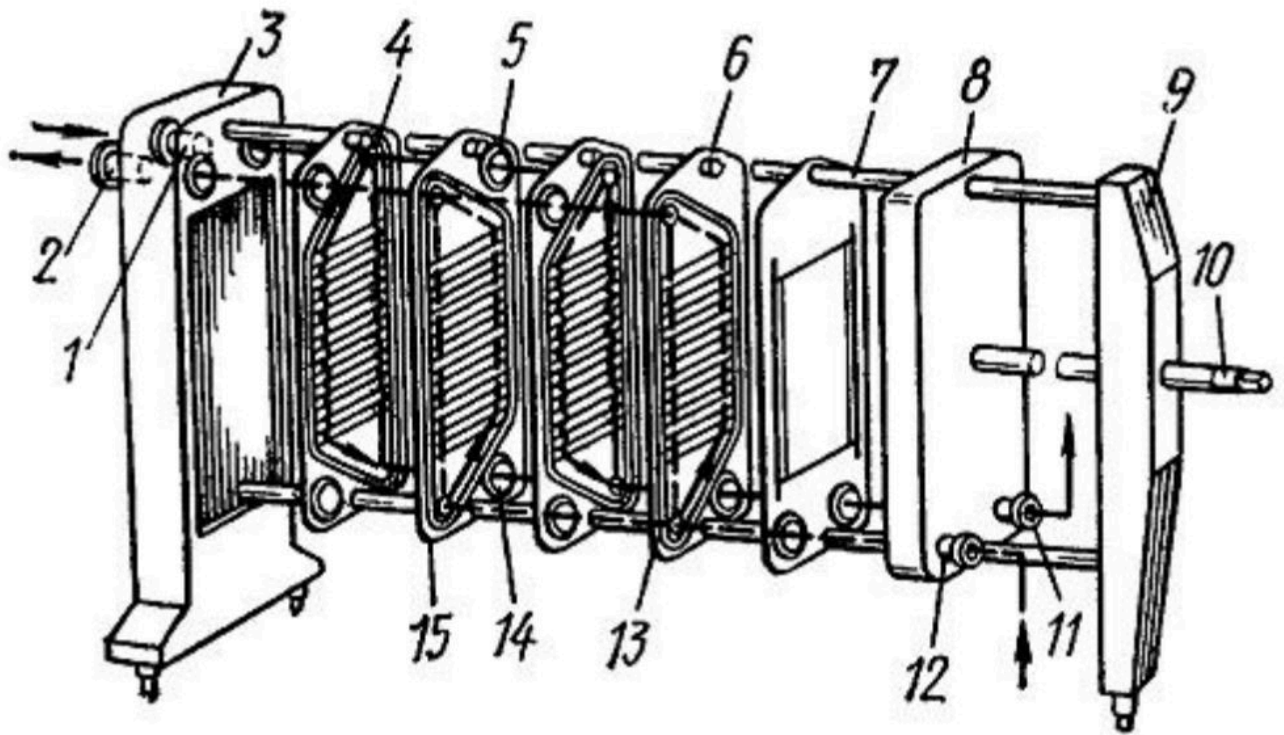
| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



1 – зрівняльний бак; 2 – поплавковий регулятор рівня; 3 – насос для молока; 4 – регулятор; 5 – пластинчастий теплообмінний апарат; 6 – сепаратор; 7 – апарат для витримки; 8, 12 – датчики температури; 9, 10, 13, 14, 20, 22, 23 – манометри; 11 – вентиль регулювання подачі розсолу; 15 – поворотний клапан; 16 – насос гарячої води; 17 – бачок-акумулятор; 18, 19 – клапани, які регулюють подачу пара; 21 – пароконтактний нагрівач води.

Рис. 1.1. Схема пастеризації з витримкою.

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



1, 2, 11, 12 – штуцера; 3 – передня стійка; 4 – верхній кутовий отвір; 5 – мала кільцева прокладка; 6 – гранична пластина; 7 – штанга; 8 – нажимна плита; 9 – задня стійка; 10 – гвинт; 13 – велика гумова прокладка; 14 – нижній кутовий отвір; 15 – теплообмінна пластина.

Рис. 1.2. Будова пластинчастого теплообмінного апарату.

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

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

| № | Машина, агрегат, установка | Параметр, місце відбору сигналу | Припустиме значення параметра | Вид автоматизації | Характер контролю чи управління | Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії | Додаткові умови |
|---|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Резервуар | Рівень | 80 % | Управління | Стан | Вплив на насоси М1 та М2 | |
| | | Температура | 4 °С | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапан подачі холодоагенту | |
| | | Жирність молока | 4 % | Контроль | Відображення, реєстрація | АРМ оператора | |
| | | Змішувач | Вкл/Викл | Управління | Стан | Вплив на стан роботи двигуна М3 | |
| 2 | Трубопровід | Температура | 80 °С | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапан подачі гарячої води | |
| | | Температура | 6 °С | Регулювання | Стабілізація | Вплив на клапан подачі холодоагенту | |
| | | 3-х ходові клапани | Вкл/Викл | Управління | Стан | Вплив на клапани 5в та 5г | |

Розділ 2. Система автоматизації

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

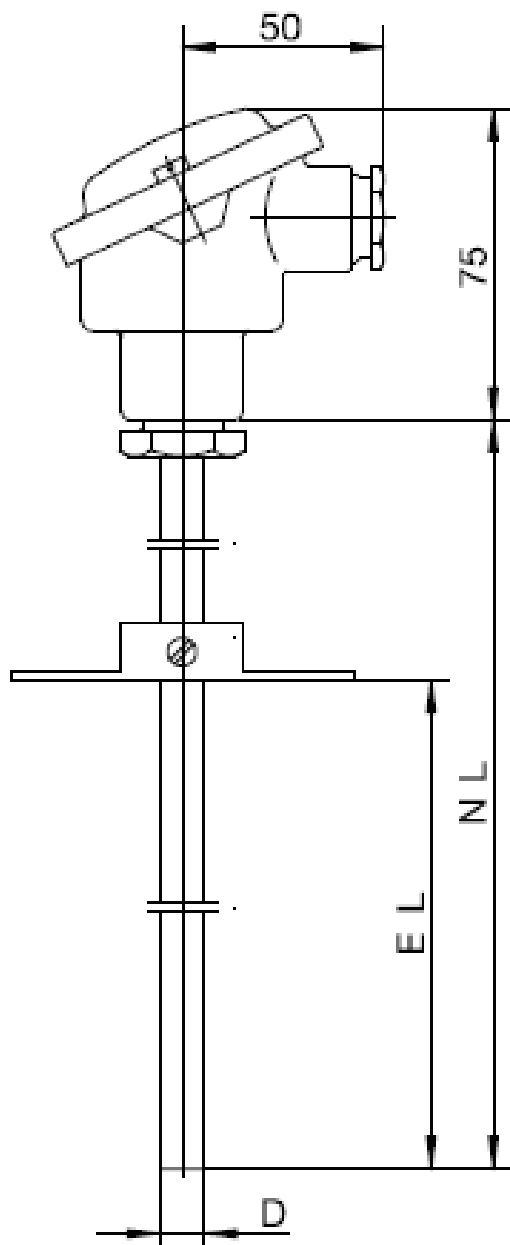
Вимірювання температури молока

Для вимірювання температури молока під час проходження технологічного процесу теплової обробки молока використовуються датчики JUMO 902120/11 (рис. 2.1). [2]

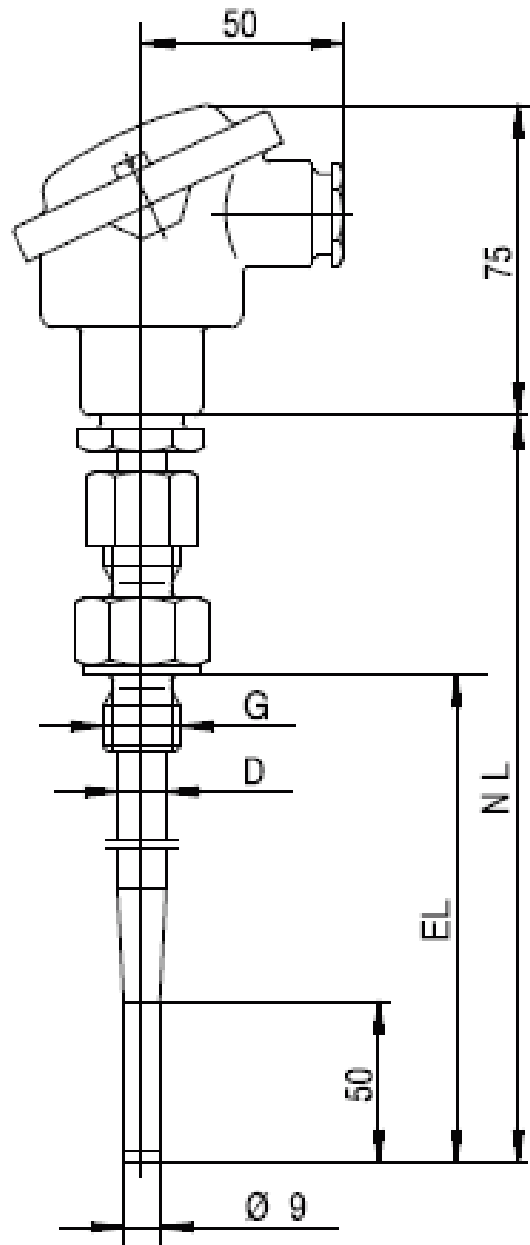


Рис. 2.1. JUMO 902120/11.

| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | | |
|------------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------|--|-------------|----------------|
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Смачелюк С.В.</i> | | | <i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока</i> | | |
| <i>Керівник</i> | | <i>Романов М.С.</i> | | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | | <i>Смітюх Я.В.</i> | | | <i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i> | | |
| <i>Секр. ЕК</i> | | <i>Проскурка Є.С.</i> | | | | | |



Тип 902120/10



Тип 902120/11

Рис. 2.2. Розміри JUMO 902120/11.

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

Кваліфікаційна робота

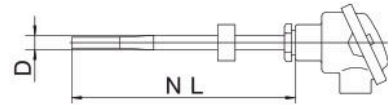
Арк.

15

Order specifications: Push-in RTD temperature probe with connection head form B

(1) Basic type

902120/11 Push-in RTD temperature probes with stepped sheath



| | |
|---|--|
| | (2) Operating temperature in °C |
| x | 150 -200 to +600 °C |
| x | 402 -50 to +400 °C (standard) |
| x | 415 -50 to +600 °C |
| | (3) Measuring insert |
| x | 1001 1x Pt100 in 3-wire-circuit |
| x | 1003 1x Pt100 in 2-wire circuit |
| x | 1011 1x Pt100 in 4-wire circuit |
| x | 2001 2x Pt100 in 3-wire circuit |
| x | 2003 2x Pt100 in 2-wire circuit |
| | (4) Tolerance class as per DIN EN 60751 |
| x | 1 Class B (standard) |
| x | 2 Class A |
| | (5) Sheath diameter D in mm |
| x | 12 Ø 12 mm stepped down to 9 mm |
| | (6) Nominal length NL in mm (100 ≤ NL ≤ 700) |
| x | 180 180 mm, fitting length (EL) 100 to 140 mm |
| x | 270 270 mm, fitting length (EL) 100 to 230 mm |
| x | 290 290 mm, fitting length (EL) 100 to 250 mm |
| x | 350 350 mm, fitting length (EL) 100 to 310 mm |
| x | 410 410 mm, fitting length (EL) 100 to 370 mm |
| x | 500 500 mm, fitting length (EL) 100 to 460 mm |
| x | ... Specification in plain text (50 mm steps) |
| | (7) Process connection |
| x | 000 without process connection |
| x | 254 Sheath screw-connection G 1/2 |
| | (8) Extra codes |
| x | 000 no extra code |
| x | 320 terminal head Form BUZ |
| x | 321 terminal head Form BUZH |
| x | 322 Connection head form BBK |
| x | 330 1x analog transmitter, 4 to 20 mA output, data sheet 70.7030 |
| x | 331 1x transmitter programmable output 4 to 20 mA/20 to 4 mA, data sheet 70.7010 |
| x | 333 1x analog transmitter, 0 to 10 V output, data sheet 70.7030 |
| x | 334 2x analog transmitters, 4 to 20 mA output, data sheet 70.7030 |
| x | 335 2x transmitter programmable output 4 to 20 mA/20 to 4 mA, data sheet 70.7010 |
| x | 337 2x analog transmitters, 0 to 10 V output, data sheet 70.7030 |
| x | 859 1x Wtrans B programmable head transducer with radio transmission, data sheet 70.7060 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|--------|-----|------|-------|-------|-------|
| Order code | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| Order example | 902120/11 | - 402 | - 1001 | - 1 | - 12 | - 410 | - 000 | / 000 |

Рис. 2.3. Специфікація JUMO 902120/11.

Електропневматичний перетворювач

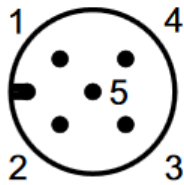
Для управління пневматичними клапанами під час проходження технологічного процесу теплової обробки молока використано електропневматичні перетворювачі ASCO NUMATICS SentronicLP (рис. 2.4). [3]



Рис. 2.4. ASCO NUMATICS SentronicLP.

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

CONNECTOR PINNING / CABLE WIRING



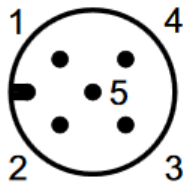
View from soldering side

| pin | description | 5-wire cable (2m) | 6-wire cable (5m, 10m) |
|-------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 24V voltage supply | brown | brown |
| 2 | Analog setpoint input | white | white |
| 3 | Supply ground | blue | green |
| | Analog ground [*] | | yellow |
| 4 | Analog output (feedback) ¹ | black | pink |
| 5 | Digital output (pressure switch) | grey | grey |
| Body | EMC shield | shield | shield |

^{*} A 6-wire cable with separate analog ground is used for cable lengths over 2 m to set off the voltage drop for the setpoint.

¹ Analog input when using cascade control

CONNECTOR PINNING / 2BIT - SETPOINT



| pin | description |
|-----|----------------------|
| 1 | 24V voltage supply |
| 2 | Input signal 1 (LSB) |
| 3 | Supply ground |
| 4 | Input signal 2 (MSB) |
| 5 | unused |

Рис. 2.5. Схема контактів ASCO NUMATICS SentronicLP.

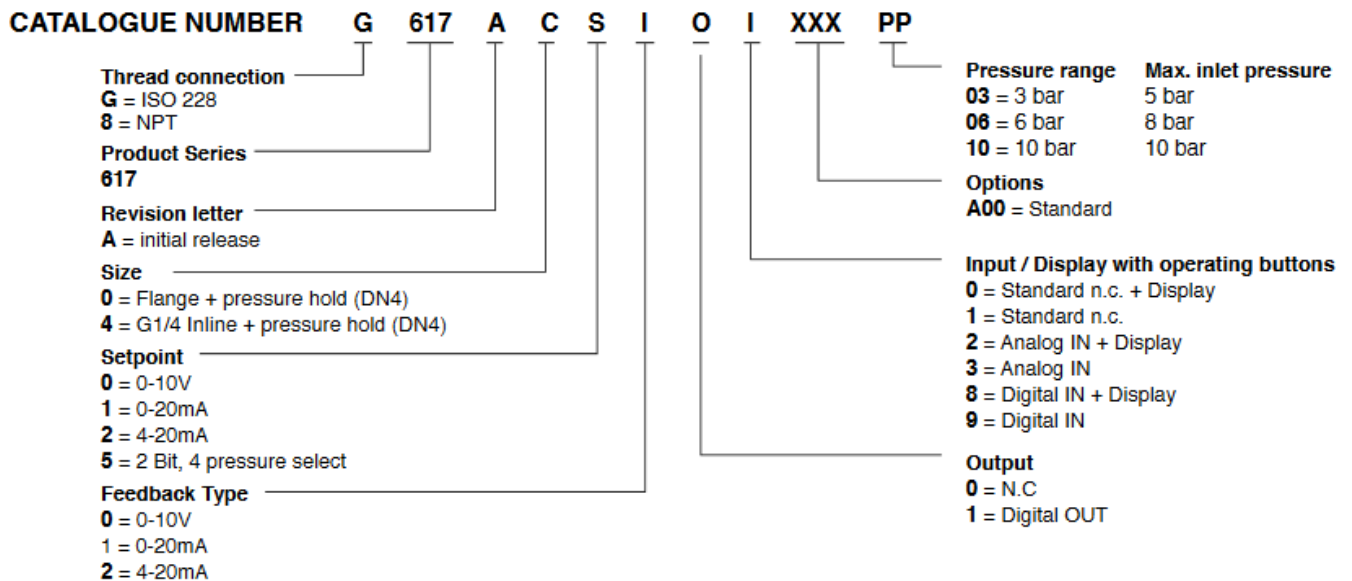


Рис. 2.6. Специфікація ASCO NUMATICS SentronicLP.

GENERAL

| | |
|--------------------------------------|--|
| Fluids | Air or neutral gas filtered at 50 μm , without condensate, lubricated or unlubricated, class 5 according to ISO 8573-1:2010 [7:4:4] |
| Max. allowable pressure (MAP) | At least 1 bar above the maximum outlet pressure |
| Pressure range | 0-3 bar, 0-6 bar, 0-10 bar |
| Fluid temperature | 0°C to +60°C |
| Ambient temperature | 0°C to +50°C |
| Flow (Qv at 6 bar) | 470 NI/min |
| Setpoint | 0 - 10 V (Impedance 100 k Ω) 0 - 20 mA / 4 - 20 mA (Impedance 250 Ω) |
| Hysteresis | 1% of span |
| Linearity | 1% of span |
| Repeatability | 1% of span |
| Minimum setpoint | 100 mV (0,2 mA/4,2mA) with shutoff function |
| Minimum outlet pressure | 1% of span |
| Failsafe behaviour | Pressure hold on loss of power, without control |

CONSTRUCTION

| | |
|-----------------------|------------------|
| Body | Aluminium |
| Internal parts | POM (polyacetal) |
| Seals | NBR (nitrile) |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

SPECIFICATIONS

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

Рис. 2.7. Технічні характеристики ASCO NUMATICS SentronicLP.



Рис. 2.8. Спосіб використання ASCO NUMATICS SentronicLP.

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

Пневматичний клапан

Під час проходження технологічного процесу теплової обробки молока використані пневматичні клапани Dwyer Hi-Flow (рис. 2.9). [4]



Рис. 2.9. Dwyer Hi-Flow.

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

| MODEL CHART - 2-WAY SIMPLIFIED SELECTION GUIDE WITH STANDARD PRODUCTS | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------------|-------------------|----------------------------------|------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|------------------|----------------|
| Pipe Size | Cv 100% | Body Material | Air-To-Open Model | Max USP psi [bar] 3-15 [.21-1.0] | A in [mm] | C in [mm] | Air-To-Close Model | Max USP psi [bar] 3-15 [.21-1.0] | B in [mm] | C in [mm] |
| 1/2" | 6.45 | Bronze | 2000VA32-230 | 250 [17.2] | 19-3/4 [501.7] | 7-3/4 [196.9] | 2000VA32-220 | 250 [17.2] | 18-7/16 [468.3] | 7-3/4 [196.9] |
| 1/2" | 6.45 | 316 SS | 2000VA42-230 | 300 [20.7] | 19-3/4 [501.7] | 7-3/4 [196.9] | 2000VA42-220 | 300 [20.7] | 18-7/16 [468.3] | 7-3/4 [196.9] |
| 3/4" | 10.75 | Bronze | 2001VA32-230 | 250 [17.2] | 19-3/4 [501.7] | 7-3/4 [196.9] | 2001VA32-220 | 250 [17.2] | 18-7/16 [468.3] | 7-3/4 [196.9] |
| 3/4" | 10.75 | Bronze | 2001VA32-231 | 250 [17.2] | 20-3/8 [517.5] | 10-5/8 [269.9] | 2001VA32-221 | 250 [17.2] | 19-1/8 [485.8] | 10-5/8 [269.9] |
| 3/4" | 10.75 | 316 SS | 2001VA42-230 | 285 [19.7] | 19-3/4 [501.7] | 7-3/4 [196.9] | 2001VA42-220 | 300 [20.7] | 18-7/16 [468.3] | 7-3/4 [196.9] |
| 3/4" | 10.75 | 316 SS | 2001VA42-231 | 300 [20.7] | 20-3/8 [517.5] | 10-5/8 [269.9] | 2001VA42-221 | 300 [20.7] | 19-1/8 [485.8] | 10-5/8 [269.9] |
| 1" | 17.42 | Bronze | 2002VA32-230 | 166 [11.4] | 20-3/16 [512.8] | 7-3/4 [196.9] | 2002VA32-220 | 192 [13.2] | 18-7/8 [479.4] | 7-3/4 [196.9] |
| 1" | 17.42 | Bronze | 2002VA32-231 | 250 [17.2] | 20-13/16 [528.6] | 10-5/8 [269.9] | 2002VA32-221 | 250 [17.2] | 19-9/16 [496.9] | 10-5/8 [269.9] |
| 1" | 17.42 | 316 SS | 2002VA42-230 | 166 [11.4] | 20-3/16 [512.8] | 7-3/4 [196.9] | 2002VA42-220 | 192 [13.2] | 18-7/8 [479.4] | 7-3/4 [196.9] |
| 1" | 17.42 | 316 SS | 2002VA42-231 | 300 [20.7] | 20-13/16 [528.6] | 10-5/8 [269.9] | 2002VA42-221 | 300 [20.7] | 19-9/16 [496.9] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | Bronze | 2003VA32-230 | 98 [6.8] | 20-5/16 [515.9] | 7-3/4 [196.9] | 2003VA32-220 | 115 [7.9] | 19 [482.6] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | Bronze | 2003VA32-231 | 245 [16.9] | 20-15/16 [531.8] | 10-5/8 [269.9] | 2003VA32-221 | 250 [17.2] | 19-11/16 [500.1] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | Bronze | 2003VA32-233 | 250 [17.2] | 25-13/32 [645.3] | 13-3/8 [339.7] | 2003VA32-223 | 250 [17.2] | 23-1/8 [587.4] | 13-3/8 [339.7] |
| 1-1/4" | 25.30 | 316 SS | 2003VA42-230 | 98 [6.8] | 20-5/16 [515.9] | 7-3/4 [196.9] | 2003VA42-220 | 115 [7.9] | 19 [482.6] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | 316 SS | 2003VA42-231 | 245 [17.0] | 20-15/16 [531.8] | 10-5/8 [269.9] | 2003VA42-221 | 300 [20.7] | 19-11/16 [500.1] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | 316 SS | 2003VA42-233 | 300 [20.7] | 25-13/32 [645.3] | 13-3/8 [339.7] | 2003VA42-223 | 300 [20.7] | 23-1/8 [587.4] | 13-3/8 [339.7] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 2004VA32-230 | 65 [4.5] | 20-11/16 [525.5] | 7-3/4 [196.9] | 2004VA32-220 | 80 [5.5] | 19-3/8 [492.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 2004VA32-231 | 168 [11.6] | 21-5/16 [541.3] | 10-5/8 [269.9] | 2004VA32-221 | 235 [16.2] | 20-1/16 [509.6] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 2004VA32-233 | 250 [17.2] | 25-25/32 [654.8] | 13-3/8 [339.7] | 2004VA32-223 | 250 [17.2] | 23-1/2 [596.9] | 13-3/8 [339.7] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 2004VA42-230 | 65 [4.5] | 20-11/16 [525.5] | 7-3/4 [196.9] | 2004VA42-220 | 80 [5.5] | 19-3/8 [492.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 2004VA42-231 | 168 [11.6] | 21-5/16 [541.3] | 10-5/8 [269.9] | 2004VA42-221 | 235 [16.2] | 20-1/16 [509.6] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 2004VA42-233 | 300 [20.7] | 25-25/32 [654.8] | 13-3/8 [339.7] | 2004VA42-223 | 300 [20.7] | 23-1/2 [596.9] | 13-3/8 [339.7] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 2005VA32-230 | 31 [2.1] | 20-15/16 [531.8] | 7-3/4 [196.9] | 2005VA32-220 | 44 [3.0] | 19-5/8 [498.5] | 7-3/4 [196.9] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 2005VA32-231 | 88 [6.1] | 21-9/16 [547.7] | 10-5/8 [269.9] | 2005VA32-221 | 140 [9.7] | 20-5/16 [515.9] | 10-5/8 [269.9] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 2005VA32-233 | 175 [12.1] | 26-1/32 [661.2] | 13-3/8 [339.7] | 2005VA32-223 | 250 [17.2] | 23-3/4 [603.3] | 13-3/8 [339.7] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 2005VA42-230 | 31 [2.1] | 20-15/16 [531.8] | 7-3/4 [196.9] | 2005VA42-220 | 44 [3.0] | 19-5/8 [498.5] | 7-3/4 [196.9] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 2005VA42-231 | 88 [6.1] | 21-9/16 [547.7] | 10-5/8 [269.9] | 2005VA42-221 | 140 [9.7] | 20-5/16 [515.9] | 10-5/8 [269.9] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 2005VA42-233 | 175 [12.1] | 26-1/32 [661.2] | 13-3/8 [339.7] | 2005VA42-223 | 272 [18.8] | 23-3/4 [606.3] | 13-3/8 [339.7] |

Рис. 2.10. Розміри клапанів Dwyer Hi-Flow.

HI-FLOW™ CONTROL VALVES

Globe Valves, Ideal for Steam and Water Flow Control, 1/2" to 2-1/2" Sizes, 2-Way or 3-Way



Рис. 2.11. Види клапанів Dwyer Hi-Flow.

Вимірювання жирності молока в резервуарі

При визначенні жирності молока в резервуарі під час технологічного процесу теплової обробки молока використовуються датчик мутності SATRON VOM (рис. 2.12).



Рис. 2.12. SATRON VOM.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

Оптичний датчик мутності SATRON VOM функціонує за принципом зворотного розсіювання за допомогою використання світлодіодної технології (рис. 2.13). [5]

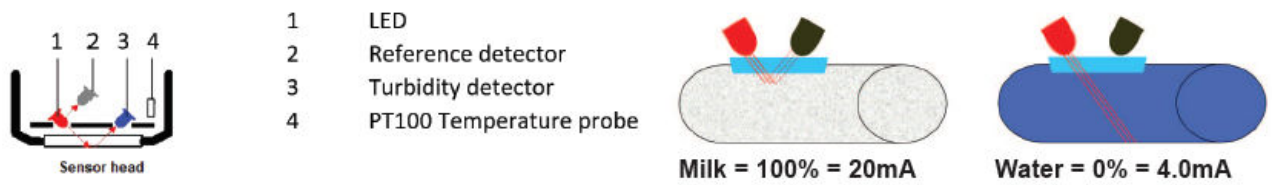


Рис. 2.13. Принцип роботи датчика SATRON VOM.

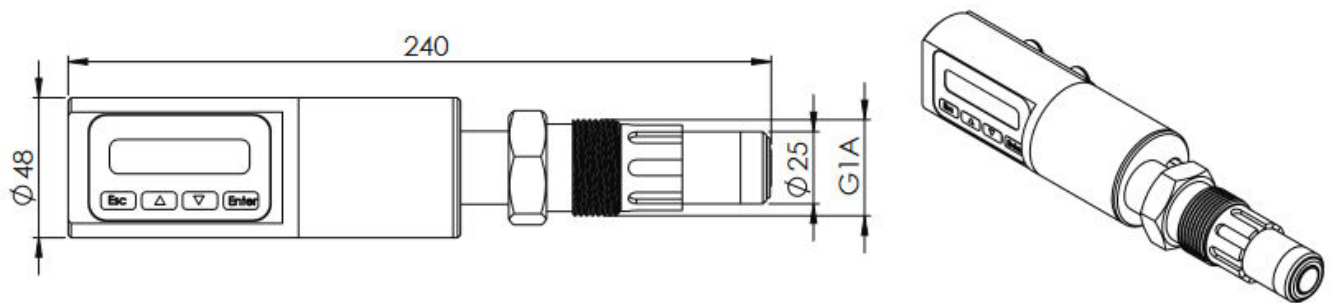


Рис. 2.14. Розміри SATRON VOM.

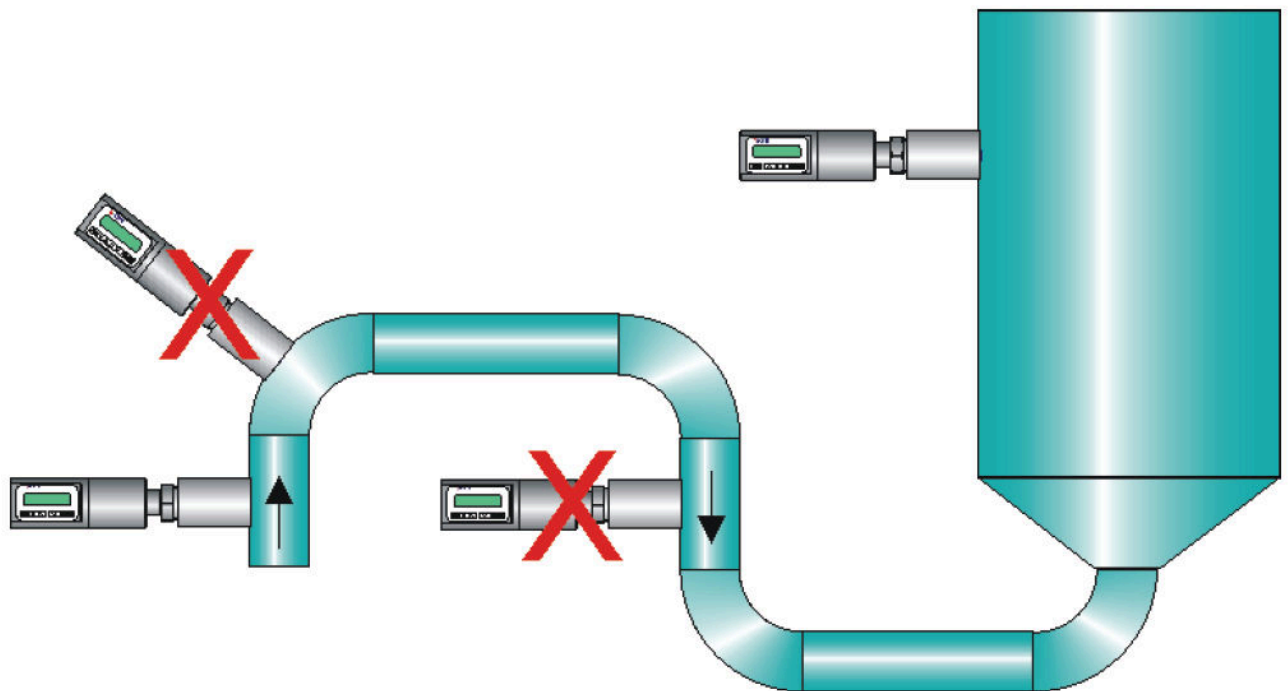


Рис. 2.15. Спосіб встановлення SATRON VOM.

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

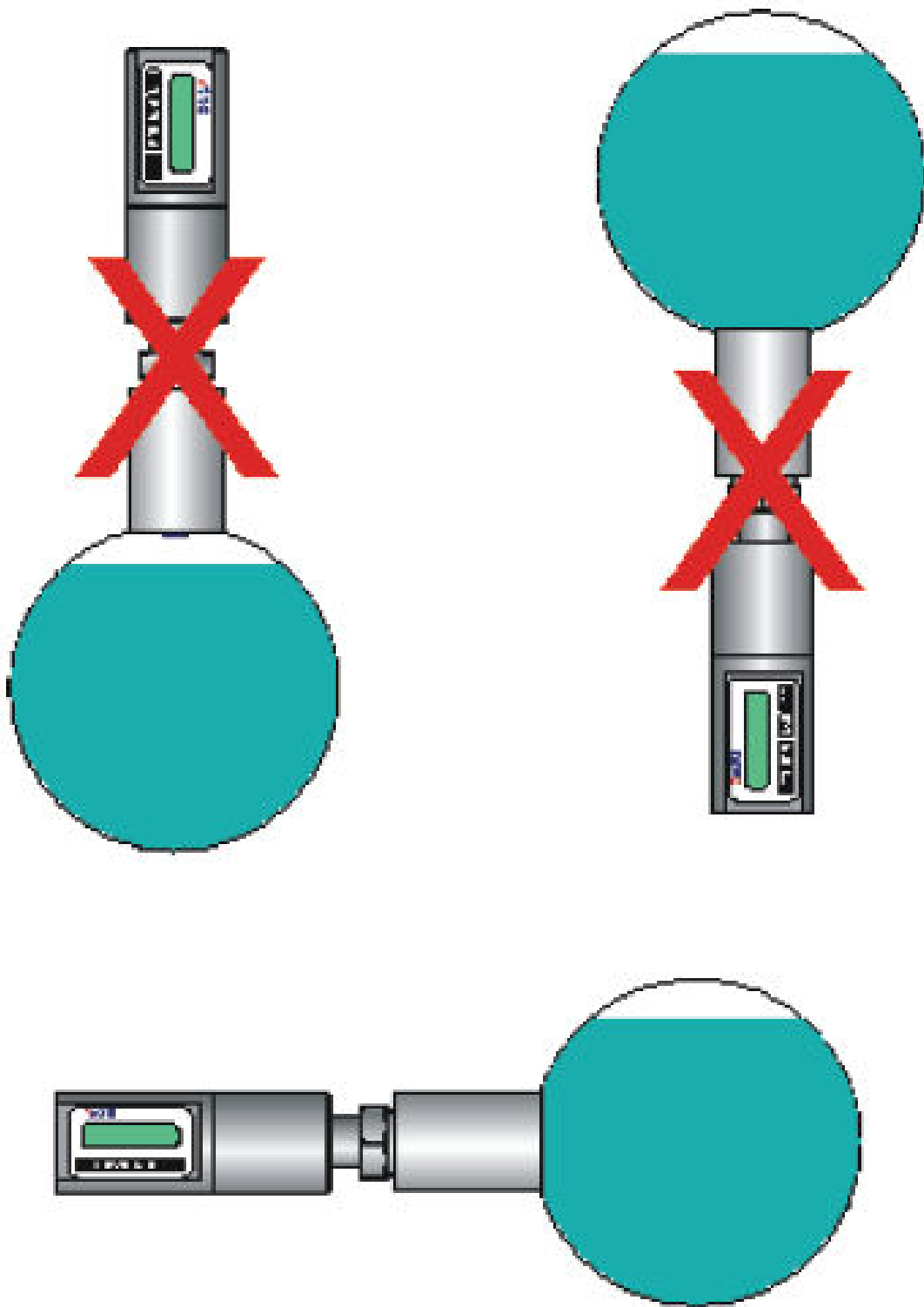


Рис. 2.16. Спосіб встановлення SATRON VOM.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Measuring range

0...300 000NTU equivalent

Calibration

The transmitter is factory calibrated at 4mA = water, 20mA = 2% fat cow milk, freely adjustable with pushbuttons or Hart® modem.

Damping

Time constant adjustable 0.01 to 60 s.

Repeatability

0.1% from maximum span.

Response time

0.1s (with less than 0.1s damping)

Accuracy

| | |
|----------------------|----------------------|
| 0...1 000 NTU | 0.25% ±50 NTU offset |
| 1 000...10 000 NTU | 1% |
| 10 000...300 000 NTU | 5% |

Unit selection

%, NTU, FNU, FTU, mg/L, g/dm³, PPM

Temperature limits

Ambient: -30 to +80 °C (-22...176°F)
 Process N type: -5 to +100 °C (23...212°F)
 (120 °C for 10min) (248°F)
 Process H type: -5 to +140 °C (23...284°F)
 (160 °C for 30 min) (320°F)
 Shipping & storage: -40 to +80 °C
 (-40...176°F)
 Display operating range: 0 to +50 °C
 (Does not affect operation of the transmitter)

Output 3-wire (3W), 4-20 mA NAMUR NE43

Supply voltage

Nominal 24 VDC, (21,6 - 27,6V) 200mA

Humidity limits 0-100 % RH

Pressure class:

- PN40
 - Test pressure -1 to 250 bar (-14,5 to 3625,94 PSI)

EMC directive 2014/30/EC

- EN 61326-1:2013

CONSTRUCTION

Materials:

Sensing element: AISI316L, PEEK, Duplex (EN. 1.4462), Hast. C276/C22, or Titanium Gr2.
 Surface quality: Polished Ra <0,8µm
 Lens: Sapphire or Spinel ceramic

Housing with display code N:

Housing: AISI303/316, Seals: Nitrile-rubber and Viton®, Nameplates: Polyester

Housing without display code H:

Housing: AISI303/316, Seals: Viton® and NBR.
 Nameplates: Polyester

Connection hose between sensing element and housing code L:

PVC signal cable or hose protected with PTFE/AISI316 braiding
 Nameplates: Polyester

Electrical connections

Housing without display code H:
 1x M12 plug connector

Housing with display, code N:

2x M12 plug connector

I/O-connections

Current output1 Turbidity active
 Range (Namur NE 043) 3.5...23 mA
 Maximum load 600 Ω
 Factory setting 4...20 mA

Switch outputs (up to 3 available)

solid state relay, grounding contact
 Maximum voltage 35 V
 Maximum current 50 mA
 Maximum leakage current 10 µA

Switch inputs (up to 3 available)

NC (no connection) OFF
 0...2 V ON
 Minimum values for switch in use
 Voltage 16 V
 Current 4 mA
 Leakage current 1 mA

Current output2

Internal power supply
 Current output 2 has same ground as binary IO
 Maximum load 400 Ω
 Range 3.5...23 mA
 Factory setting 4...20 mA
 External power supply
 Current output 2 is galvanically isolated

Maximum supply voltage 35 VDC
 Range 3.5...23 mA
 Factory setting 4...20 mA
 Maximum isolation voltage 100 VDC

Process connections

- With G1 connecting thread
 - Tri-Clamp 25/38 and 40/51
 - Tuchenhagen Type "N"
 - 1" retractable "B1"

Protection class: IP66, IP67 and IP68

See Selection chart.

Weight

| | |
|---------------------------|--------|
| Housing without (H): | 0.9 kg |
| Housing with Display (N): | 1.3 kg |
| Remote Housing (L): | 2.5 kg |
| Remote sensor (R): | 2.5 kg |

Min. load using HART®-communication 250 Ω

Output signal according to NAMUR NE043 Signal Level for the failure information of Digital Transmitters.

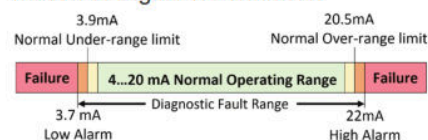


Рис. 2.17. Технічні характеристики SATRON VOM.

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

Вимірювання рівня молока в резервуарі

Визначення рівня під час технологічного процесу теплової обробки молока виконується радарним рівнеміром E+H Micropilot FMR50 рис. 2.19.



Рис. 2.19. E+H Micropilot FMR50.

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

E+H Micropilot FMR50 визначає відстань від датчика до поверхні середовища. Сигнали від радара E+H Micropilot FMR50 випускаються антеною, вони відбиваються від поверхні середовища і після відбиття знову приймаються антеною E+H Micropilot FMR50.

Сигнали, що приймаються антеною передаються в мікропроцесор перетворювача датчика для визначення рівня в резервуарі L, рис. 2.20:

$$L = E - D$$

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

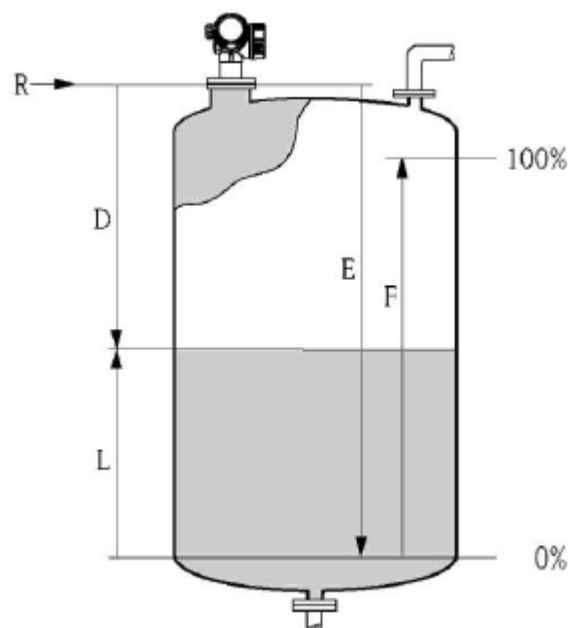
L – рівень рідини в резервуарі;

D – відстань від датчика до поверхні середовища;

E – відстань від дону резервуара до датчика;

c – швидкість світла;

t – часом прийняття відбитого сигналу. [6]



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

E – калібрування порожнього резервуара (= нульовий рівень);

F – Калібрування повного резервуара (= діапазон);

D – виміряна відстань;

L – рівень ($L = E - D$).

Рис. 2.20. Принцип роботи E+H Micropilot FMR50.

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

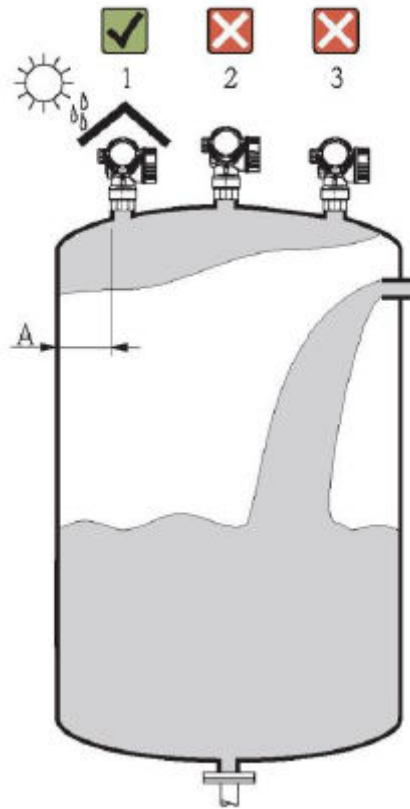


Рис. 2.21. Принцип монтажу E+H Micropilot FMR50.

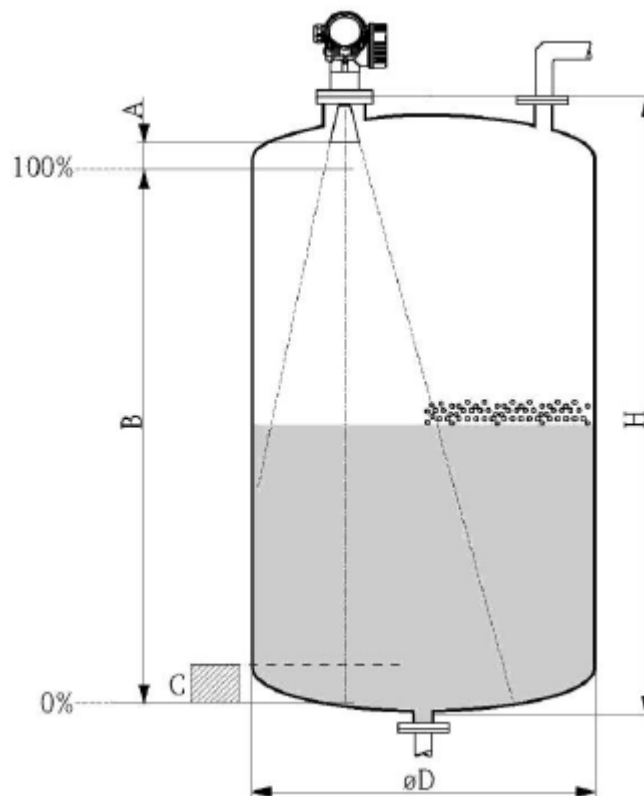


Рис. 2.22. Принцип визначення рівня E+H Micropilot FMR50.

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

3-х ходові клапани

Під час технологічного процесу теплової обробки молока для регулювання потоку молока чи миючого засобу використовуються 3-х ходові клапани Dwyer Hi-Flow (рис. 2.23). [4]

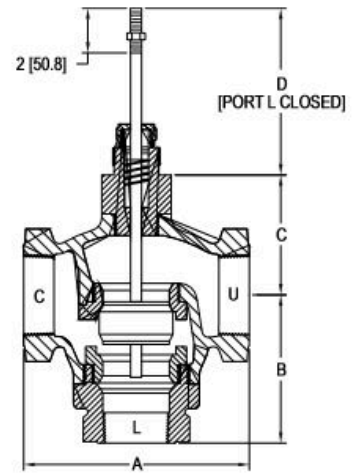
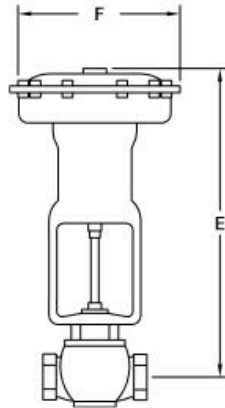


Рис. 2.23. Dwyer Hi-Flow.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

HI-FLOW™ CONTROL VALVES

3-Way Standard Products for Mixing or Diverting



| DIMENSIONS | | | |
|------------|-----------------|---------------|----------------|
| Pipe Size | B in [mm] | C in [mm] | D in [mm] |
| 1/2" | 2-9/16 [65.1] | 2-3/16 [55.6] | 4-1/8 [104.8] |
| 3/4" | 2-9/16 [65.1] | 2-3/16 [55.6] | 4-1/8 [104.8] |
| 1" | 3 [76.2] | 2-7/16 [61.9] | 4 [101.6] |
| 1-1/4" | 3-3/16 [81.0] | 2-1/2 [63.5] | 3-3/4 [95.3] |
| 1-1/2" | 3-3/4 [95.3] | 2-3/4 [69.9] | 3-11/16 [93.7] |
| 2" | 3-15/16 [100.0] | 3-3/16 [81.0] | 3-11/16 [93.7] |

Рис. 2.24. Будова Dwyer Hi-Flow.

| MODEL CHART - HI-FLOW™ CONTROL VALVES, 3-WAY SIMPLIFIED SELECTION GUIDE WITH STANDARD PRODUCTS | | | | | | |
|--|---------|---------------|--------------|-------------------|------------------|----------------|
| Pipe Size | Cv 100% | Body Material | Model | USP [S] psi [bar] | E in [mm] | F in [mm] |
| 1/2" | 6.45 | Bronze | 3000WA32-220 | 250 [17.2] | 18-1/16 [458.8] | 7-3/4 [196.9] |
| 1/2" | 6.45 | 316 SS | 3000WA42-220 | 300 [20.7] | 18-1/16 [458.8] | 7-3/4 [196.9] |
| 3/4" | 10.75 | Bronze | 3001WA32-220 | 250 [17.2] | 18-1/16 [458.8] | 7-3/4 [196.9] |
| 1" | 17.42 | Bronze | 3002WA32-220 | 200 [13.8] | 18-5/16 [465.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1" | 17.42 | Bronze | 3002WA32-221 | 250 [17.2] | 19 [482.6] | 10-5/8 [269.9] |
| 1" | 17.42 | 316 SS | 3002WA42-220 | 200 [13.8] | 18-5/16 [465.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1" | 17.42 | 316 SS | 3002WA42-221 | 300 [20.7] | 19 [482.6] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | Bronze | 3003WA32-220 | 120 [8.4] | 18-3/8 [466.7] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/4" | 25.30 | Bronze | 3003WA32-221 | 250 [17.2] | 19-1/16 [484.2] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 3004WA32-220 | 80 [5.6] | 18-5/8 [473.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 3004WA32-221 | 200 [13.8] | 19-5/16 [490.5] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | Bronze | 3004WA32-223 | 250 [17.2] | 21-3/8 [542.9] | 13-3/8 [339.7] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 3004WA42-220 | 80 [5.5] | 18-5/8 [473.1] | 7-3/4 [196.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 3004WA42-221 | 200 [13.8] | 19-5/16 [490.5] | 10-5/8 [269.9] |
| 1-1/2" | 32.10 | 316 SS | 3004WA42-223 | 300 [20.7] | 21-3/8 [542.9] | 13-3/8 [339.7] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 3005WA32-220 | 45 [3.1] | 19-1/16 [484.2] | 7-3/4 [196.9] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 3005WA32-221 | 100 [6.9] | 19-3/4 [501.7] | 10-5/8 [269.9] |
| 2" | 50.30 | Bronze | 3005WA32-223 | 175 [12.1] | 21-13/16 [554.0] | 13-3/8 [339.7] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 3005WA42-220 | 45 [3.1] | 19-1/16 [484.2] | 7-3/4 [196.9] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 3005WA42-221 | 100 [6.9] | 19-3/4 [501.7] | 10-5/8 [269.9] |
| 2" | 50.30 | 316 SS | 3005WA42-223 | 175 [12.1] | 21-12/16 [554.0] | 13-3/8 [339.7] |

Рис. 2.25. Розміри Dwyer Hi-Flow.

2.2. Схема автоматизації

На функціональній схемі автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока зображено процеси контролю та регулювання технологічних параметрів, що описані нижче.

Контроль жирності молока в резервуарі визначається датчиком мутності (поз. 5а).

Вимірювання температури молока відбувається датчиками (поз. 1а–3а). Регулювання температури пастеризації, охолодження та підтримка температури охолодження в резервуарі виконується пневматичними клапанами (поз. 1в–2в) подачі гарячої води та холодоагенту, які управляються електропневматичними перетворювачами (поз. 1б–3б).

Вимірювання рівня молока в резервуарі відбувається ультразвуковим рівнеміром (поз. 4а). Регулювання рівня здійснюється насосами (поз. М1–М2), якими управляють магнітні пускачі (поз. КМ1–КМ2).

Управління пневматичними 3-х ходовими клапанами (поз. 6в–6г), що управляють потоком молока чи миючого розчину здійснюють електропневматичні перетворювачі (поз. 6а–6б).

Управління двигуном змішувача (поз. М3) в резервуарі відбувається за допомогою магнітного пускача (поз. КМ3).

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

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації.

| № п/п | № поз. за схемою | Місце встановлення | Найменування і технічна характеристика виробу | Тип, Марка | К-сть | Виробник |
|-------|------------------|--------------------|--|-----------------------------------|-------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1а, 2а, 3а | по місцю | Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань -50...+400 °С | 902120/11-402-1001-12-410-254/331 | 3 | JUMO, Німеччина |
| 2 | 1б, 2б, 3б | на щиті | Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Уживл.=24 V. | SentronicLP G617A4220 0A0003 | 3 | ASCO Numatics, Ірландія |
| 3 | 1в, 2в, 3в | по місцю | Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа. | Dwyer Hi-Flow 2005VA42-230 | 3 | СВ Альтера, м. Київ |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--------|----------|--|------------------------------|---|-------------------------------|
| 4 | 4а | по місцю | Радарний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...30 м | Micropilot FMR50 | 1 | Endress+Hauser, Швейцарія |
| 5 | 5а | по місцю | Датчик мутності, діапазон вимірювань 0-100 %, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 24 В DC | SATRON VOM | 1 | SATRON Instruments, Фінляндія |
| 6 | 6а, 6б | на щиті | Перетворювач електропневматичний для перетворення дискретного сигналу: 0-24 V в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Уживл.=24 V. | SentronicLPG 617A45200A0 003 | 2 | ASCO Numatics, Ірландія |
| 7 | 6в, 6г | по місцю | 3-х ходовий пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа. | Dwyer Hi-Flow 3005WA42-220 | 2 | СВ Альтера, м. Київ |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---------------------|-------------|---|-----------------------------|---|------------------------------------|
| 8 | КМ1, КМ2, КМ3 | по місцю | Електромагнітне реле, 3 контакти, напруга макс. 400 В АС, струм комутації 40 А | Carlo Gavazzi RZ3A60D40P | 3 | СВ «Альтера» м. Київ |
| 9 | М1, М2 | по місцю | Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 2.2 кВт, напруга живлення 380В. | Grundfos TP 80-140/2 | 2 | Насос- Монтаж м. Київ |
| 10 | М3 | по місцю | Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380В | АИР80А4 | 1 | ООО "Систе- макс" м. Київ |

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока використано ПЛК Schneider Electric M340.

Використані модулі ПЛК Schneider Electric M340 для автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока вказані в таблиці 3.1 та їх компонування вказано на рис. 3.1.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК M340.

| Модулі вводу/виводу | | Примітка |
|---------------------|-----------|-----------------------|
| Найменування | Кількість | |
| BMX P34 2020 | 1 | Процесор |
| BMX CPS 2000 | 1 | Блок живлення |
| BMX AMI 0810 | 1 | 8 аналогових входів |
| BMX AMO 0802 | 1 | 8 аналогових виходів |
| BMX DDO 1602 | 1 | 16 дискретних виходів |

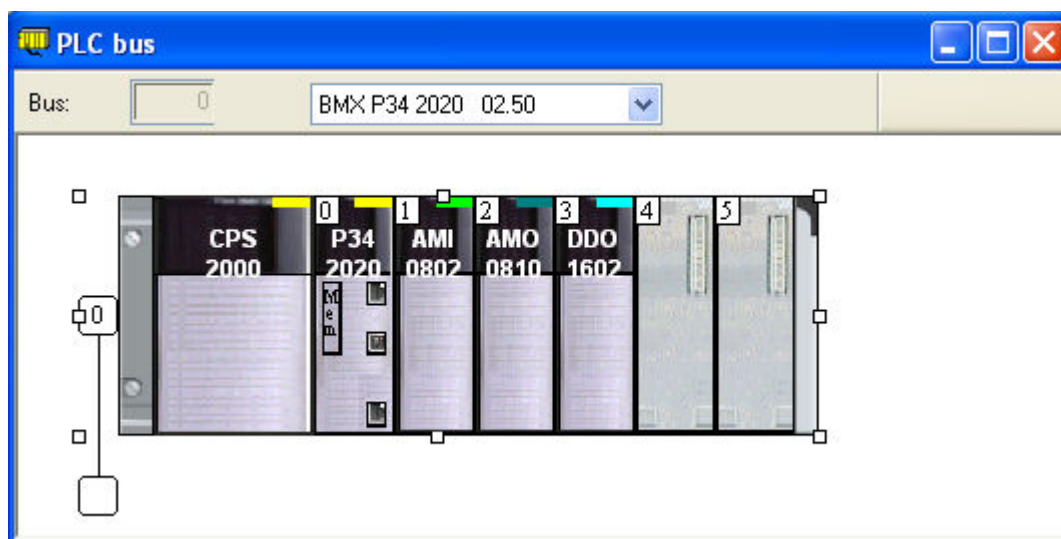


Рис. 3.1. Компонування модулів ПЛК M340.

| | | | | | Кваліфікаційна робота | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|---|----------------|------|--------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Смачелюк С.В. | | | Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Керівник | | Романов М.С. | | | | | 36 | 6 |
| Зав. каф. | | Смітюх Я.В. | | | | НУХТ ЗАК-3-1ск | | |
| Секр. ЕК | | Проскурка Є.С. | | | | | | |

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова електрична схема автоматичного регулювання технологічного процесу теплової обробки молока включає такі елементи:

- QF1–QF3 – двох полюсні вимикачі з захистом від короткого замикання;
- БЖ1–БЖ2 – блоки живлення на 24 В постійної напруги ОВЕН БП-60Б-Д4-24.

В принциповій електричній схемі автоматичного регулювання технологічного процесу теплової обробки молока задіяна така нумерація провідників:

- 800–809 – провідники з змінною напругою: ~ 220 В;
- 900–903 – провідники з постійною напругою: $=24$ В;
- 100–104 – провідники вимірювальних сигналів: 4–20 мА;
- 200–210 – провідники сигналів регулювання і управління: $=24$ В та 4–20 мА;
- 0800 – провідник з сигналом пневматичного живлення: 140 кПа;
- 0200–0204 – провідники з сигналом пневматичного управління: 20–100 кПа.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури пастеризації

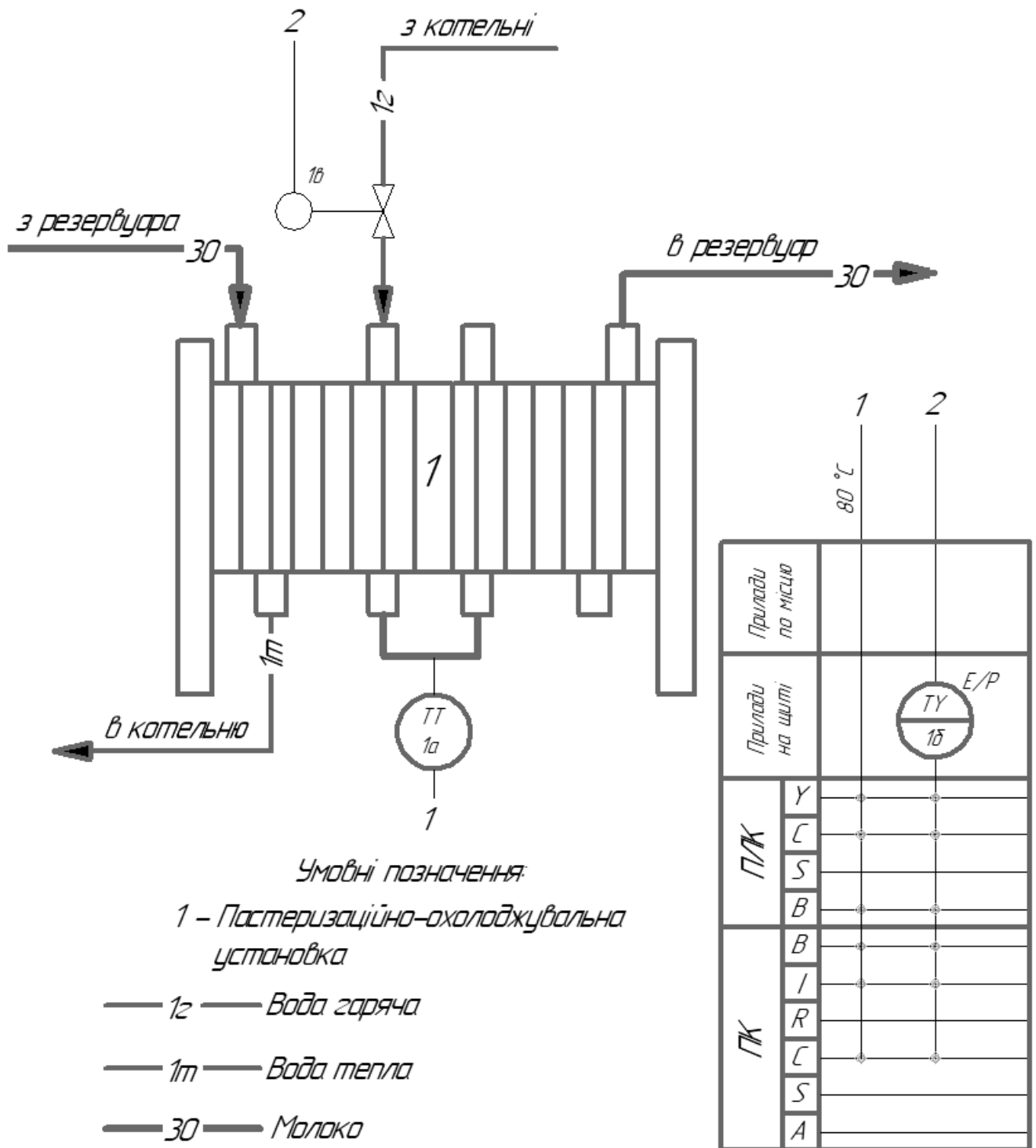


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання температури пастеризації.

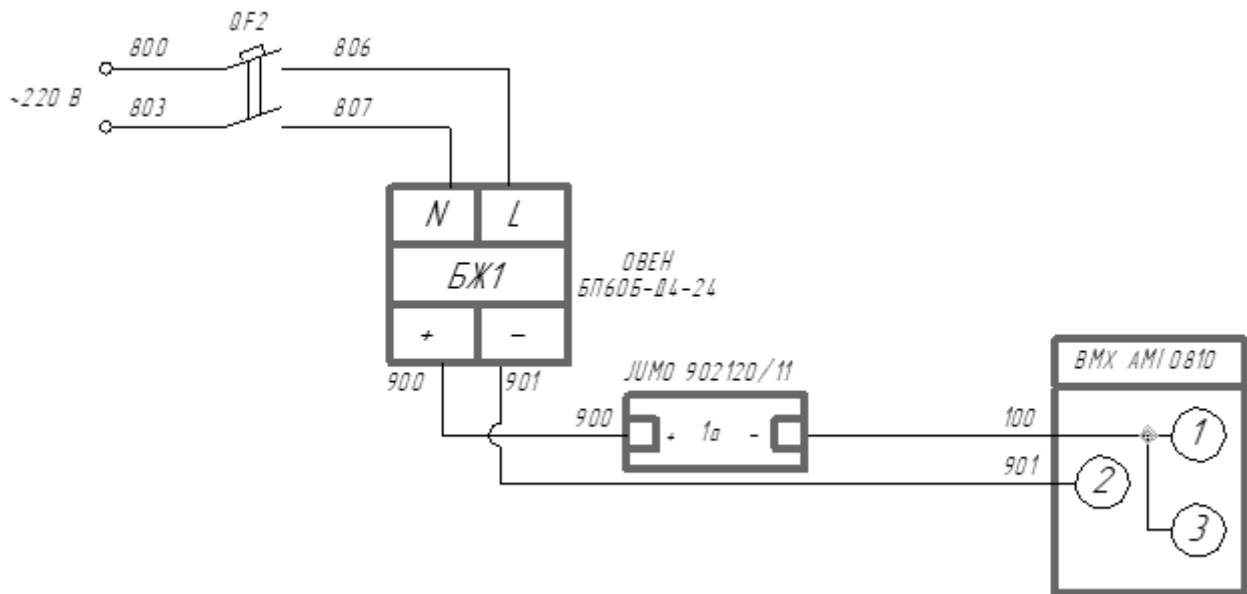


Рис. 3.3. Схема підключення JUMO 902120/11 до BMX AMI 0810.

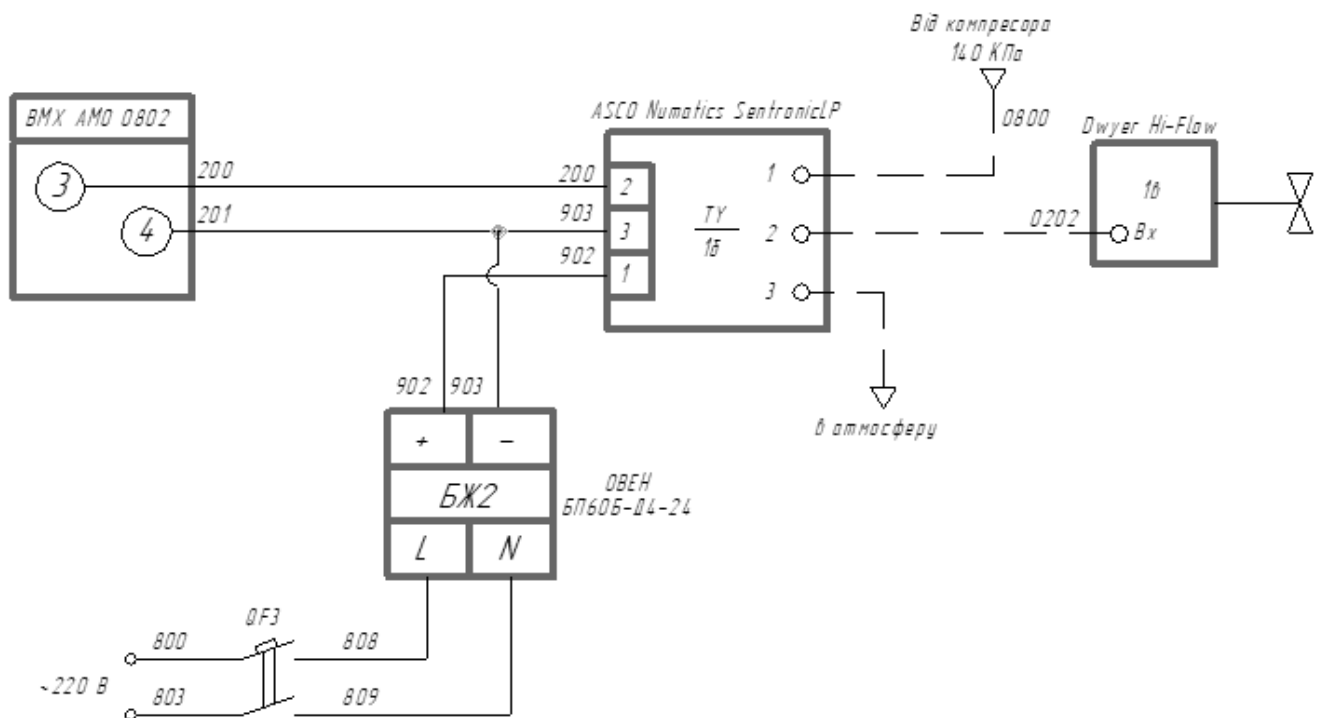


Рис. 3.4. Схема підключення Dwyer Hi-Flow до BMX AMO 0802.

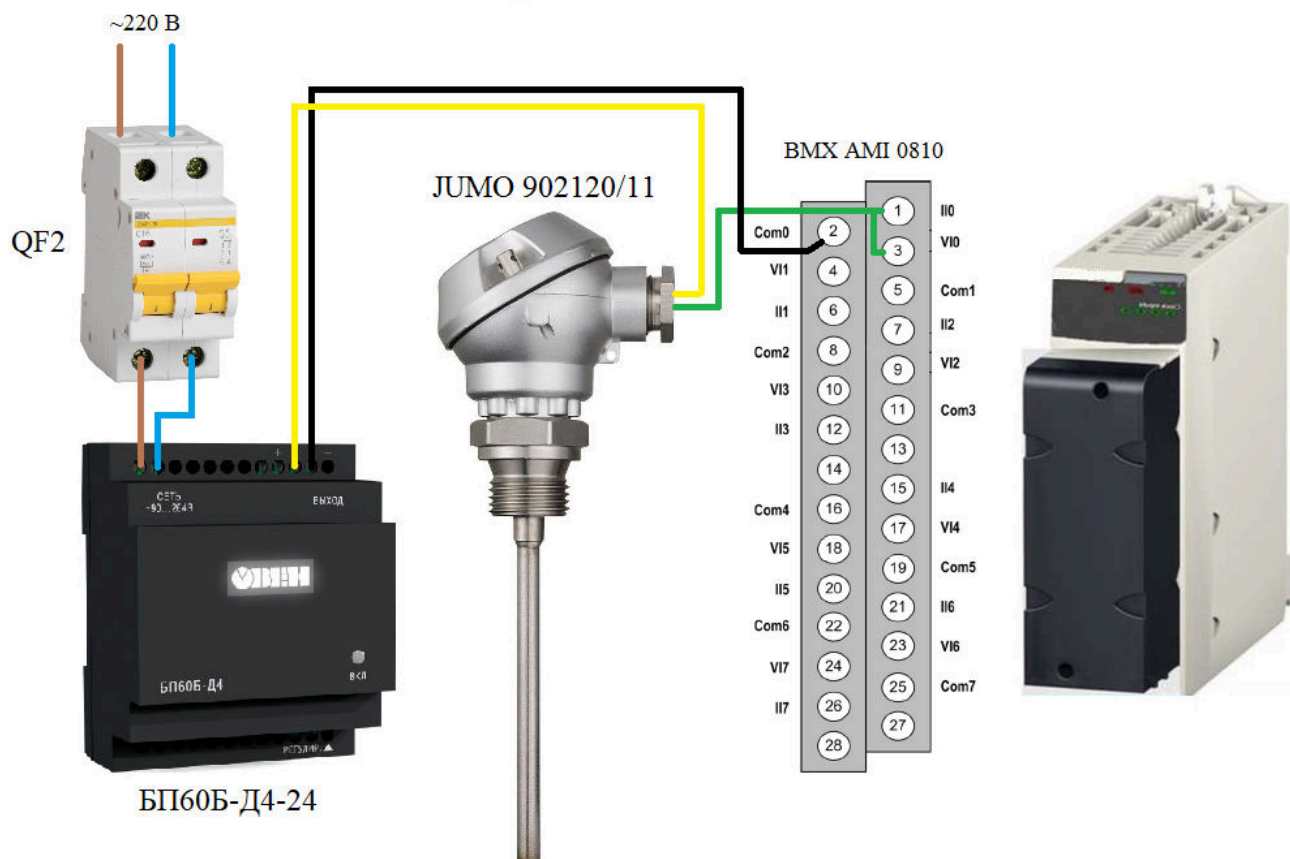


Рис. 3.5. Графічна схема підключення JUMO 902120/11 до BMX AMI 0810.

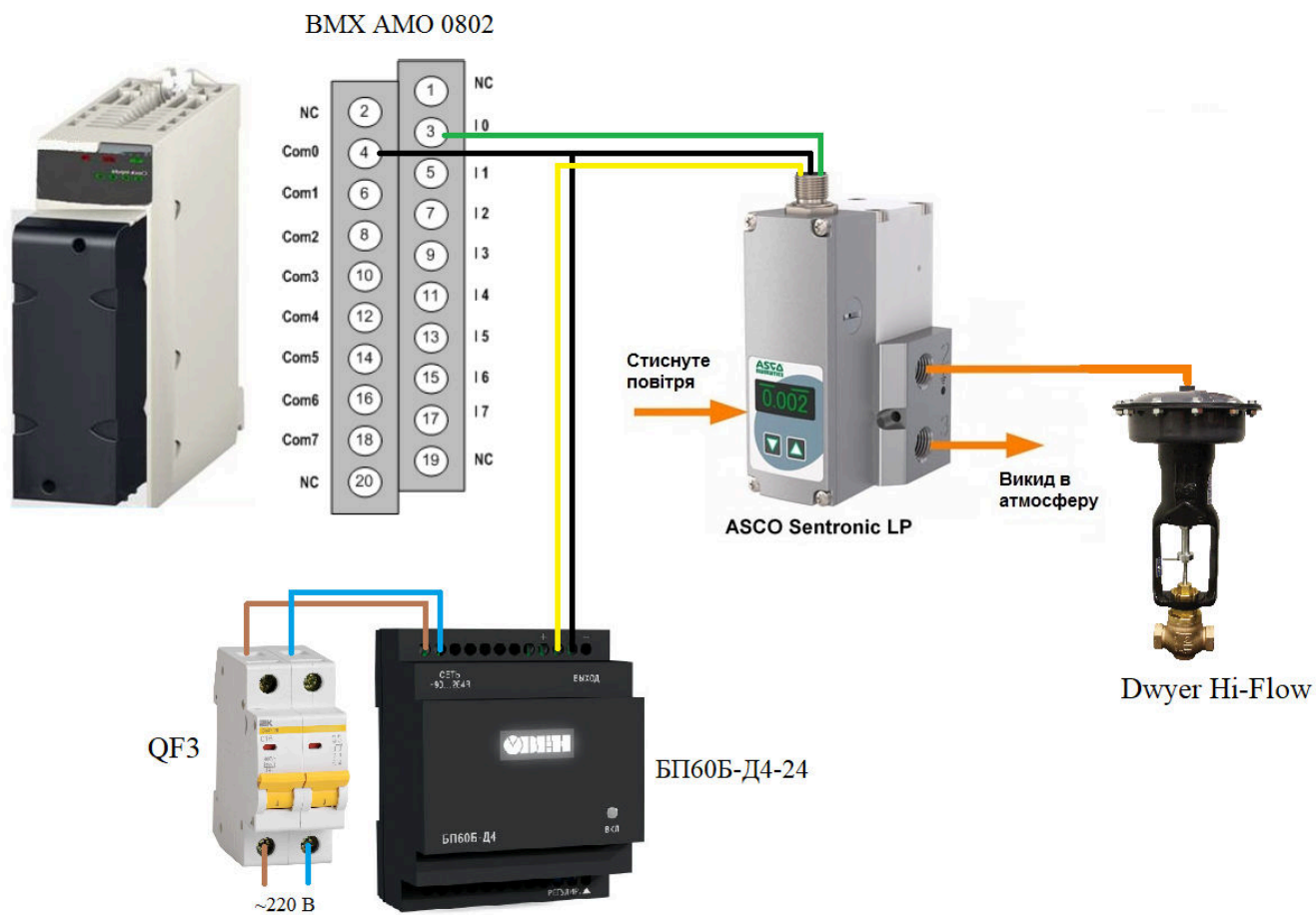


Рис. 3.6. Графічна схема підключення Dwyer Hi-Flow до BMX AMO 0802.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

При визначенні жирності молока в резервуарі під час технологічного процесу теплової обробки молока використовуються датчик мутності SATRON VOM (рис. 4.1).



Рис. 4.1. SATRON VOM.

| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|-----------------------|------|---------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| | | | | | <i>Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока</i> | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розроб. | | Смачелюк С.В. | | | | | 42 | 5 |
| Керівник | | Романов М.С. | | | | <i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i> | | |
| Зав. каф. | | Смітюх Я.В. | | | | | | |
| Секр. ЕК | | Проскурка Є.С. | | | | | | |

Оптичний датчик мутності SATRON VOM функціонує за принципом зворотного розсіювання за допомогою використання світлодіодної технології (рис. 4.2). [5]

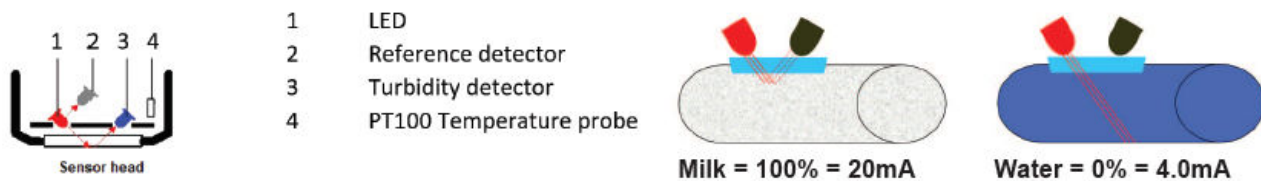


Рис. 4.2. Принцип роботи датчика SATRON VOM.

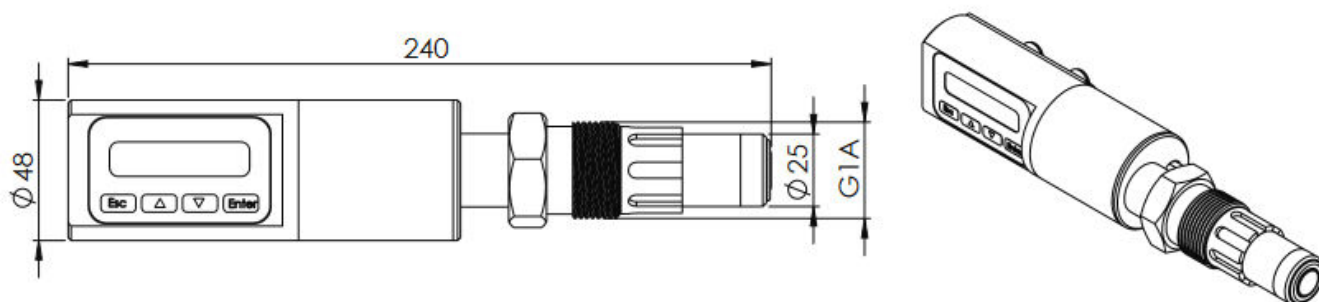


Рис. 4.3. Розміри SATRON VOM.

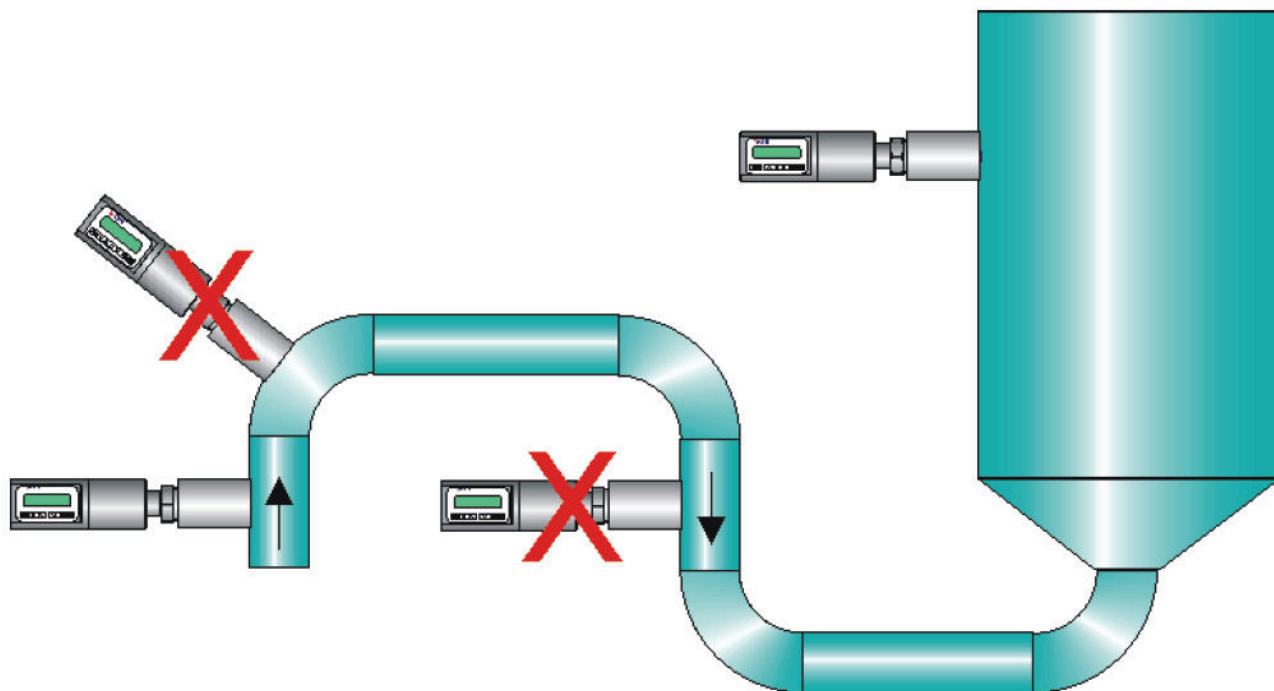


Рис. 4.4. Спосіб встановлення SATRON VOM.

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

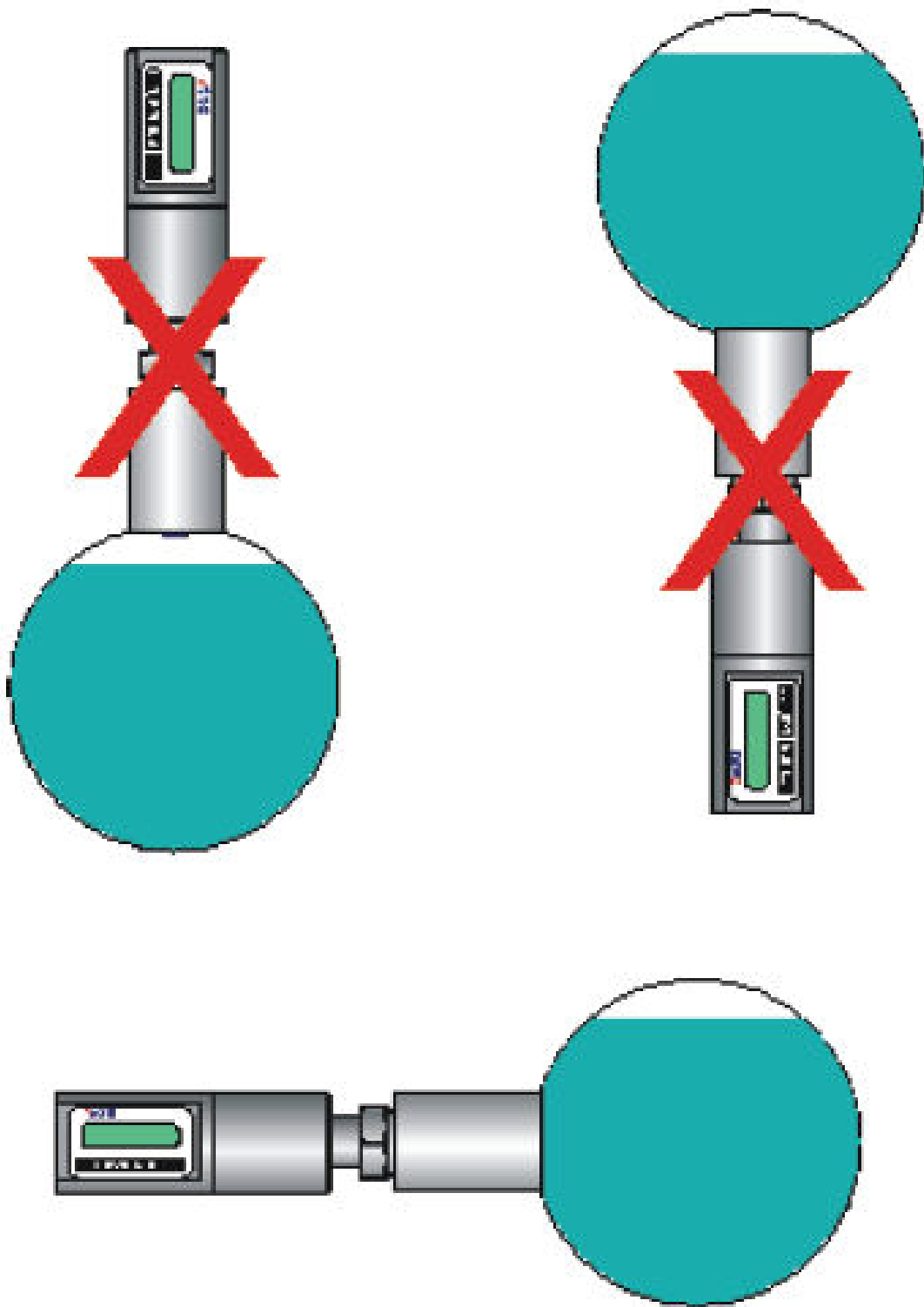
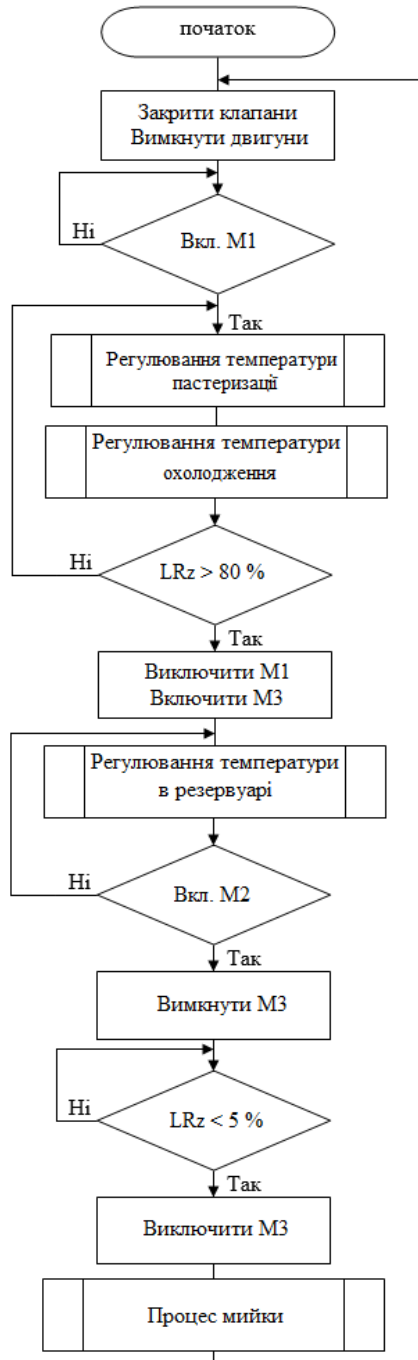


Рис. 4.5. Спосіб встановлення SATRON VOM.

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

Технологічний процес теплової обробки молока функціонує за таким алгоритмом:



| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | <i>Кваліфікаційна робота</i> | | | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|---|-----------------------|------|--------|--|--|
| Розроб. | | Смачелюк С.В. | | | Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока | Лім. | Арк. | Аркуші | | |
| Керівник | | Романов М.С. | | | | | 47 | 5 | | |
| Зав. каф. | | Смітюх Я.В. | | | | <i>НУХТ ЗАК-3-1ск</i> | | | | |
| Секр. ЕК | | Проскурка Є.С. | | | | | | | | |

Змінні для програми в ПЛК описані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Змінні програми та їх адреса для ПЛК.

| Ім'я змінної | Адреса | Найменування |
|--------------|----------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| TPST | %IW0.1.0 | Температура пастеризації молока |
| TOXL | %IW0.1.1 | Температура охолодження молока |
| TRz | %IW0.1.2 | Температура молока в резервуарі |
| LRz | %IW0.1.3 | Рівень молока в резервуарі |
| QRz | %IW0.1.4 | Жирність в резервуарі |
| KLHV | %QW0.2.0 | Клапан подачі гарячої води |
| KLXAP | %QW0.2.1 | Клапан подачі холодоагенту |
| KLXAR | %QW0.2.2 | Клапан подачі холодоагенту в резервуар |
| N1 | %Q0.3.0 | Насос M1 |
| N2 | %Q0.3.1 | Насос M2 |
| Z3 | %Q0.3.2 | Змішувач M3 |
| KLPST | %Q0.3.3 | Клапан подачі молока на пастеризацію |
| KLVRB | %Q0.3.4 | Клапан подачі молока на виробництво |

Програма технологічного процесу теплової обробки молока написана на мові програмування Structured Text:

!%L1: (*Старт*)

REPEAT

KLHV:=0;

KLXAP:=0;

KLXAR:=0;

RESET KLPST;

RESET KLVRB;

RESET N1;

RESET N2;

RESET Z3;

UNTIL NOT %M1

END_REPEAT;

IF %M1 THEN (*Включено насос M1*)

SET N1;

SET %M2;

SET %M3;

REPEAT

PID(' ' ; TPST, KLHV, %M2, %MW1:43);

PID(' ' ; TOXL, KLXAP, %M3, %MW50:43);

UNTIL LRz < 8000

END_REPEAT;

END_IF;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
| | | | | | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

IF LRz > 8000 AND N1 THEN (*Рівень більше 80 %*)

RESET N1;

RESET %M1;

SET Z3;

RESET %M2;

RESET %M3;

KLHV:=0;

KLXAP:=0;

SET %M4;

REPEAT

PID(' ', ' ', TRz, KLXAR, %M4, %MW100:43);

UNTIL Z3

END_REPEAT;

END_IF;

IF %M5 AND Z3 THEN (*Включено насос M2*)

RESET %M5;

RESET %M4;

KLXAR:=0;

RESET Z3;

SET N2;

END_IF;

IF LRz < 500 AND N2 THEN (*Рівень в резервуарі менше 5 %*)

RESET N2;

SET %M6;

JMP %L2;

END_IF;

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

!%L2: (*Процес мийки*)

IF %M6 THEN

SET KLPST;

SET N1;

SET Z3;

RESET %M6;

END_IF;

IF LRz > 9000 AND N1 THEN (*Рівень в резервуарі більше 90 %*)

RESET N1;

RESET KLPST;

SET KLVRB;

SET N2;

END_IF;

IF LRz < 500 AND N2 THEN (*Рівень в резервуарі менше 5 %*)

RESET Z3;

RESET N2;

RESET KLVRB;

JMP %L1;

END_IF;

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

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Мнемосхема технологічного процесу теплової обробки молока виконана в SCADA-програмі Citect SCADA 2015. Опис змінних для SCADA-програми вказано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Змінні в SCADA-програмі.

| Ім'я змінного тега | Адреса | Мін. вихідне значення | Макс. вихідне значення | Мін. значення в одиницях виміру | Макс. значення в одиницях виміру | Тип даних |
|--------------------|----------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| TPST | %IW0.1.0 | 0 | 10000 | -50 | 400 | INT |
| TOXL | %IW0.1.1 | 0 | 10000 | -50 | 400 | INT |
| TRz | %IW0.1.2 | 0 | 10000 | -50 | 400 | INT |
| LRz | %IW0.1.3 | 0 | 10000 | 0 | 2 | INT |
| QRz | %IW0.1.4 | 0 | 10000 | 0 | 100 | INT |
| KLHV | %QW0.2.0 | 0 | 10000 | 0 | 100 | INT |
| KLXAP | %QW0.2.1 | 0 | 10000 | 0 | 100 | INT |
| KLXAR | %QW0.2.2 | 0 | 10000 | 0 | 100 | INT |
| N1 | %Q0.3.0 | 0 | 1 | 0 | 1 | BOOL |
| N2 | %Q0.3.1 | 0 | 1 | 0 | 1 | BOOL |
| Z3 | %Q0.3.2 | 0 | 1 | 0 | 1 | BOOL |
| KLPST | %Q0.3.3 | 0 | 1 | 0 | 1 | BOOL |
| KLVRB | %Q0.3.4 | 0 | 1 | 0 | 1 | BOOL |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|---|----------------|------|--------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Смачелюк С.В. | | | Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Керівник | | Романов М.С. | | | | | 52 | 2 |
| | | | | | | НУХТ ЗАК-3-1ск | | |
| Зав. каф. | | Смітюх Я.В. | | | | | | |
| Секр. ЕК | | Проскурка Є.С. | | | | | | |

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема технологічного процесу теплової обробки молока дозволяє оператору контролювати технологічні параметри з автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора, а також дозволяє вручну управляти клапанами, насосами та двигунами.

Вигляд мнемосхеми технологічного процесу теплової обробки молока зображено на рис. 6.2.

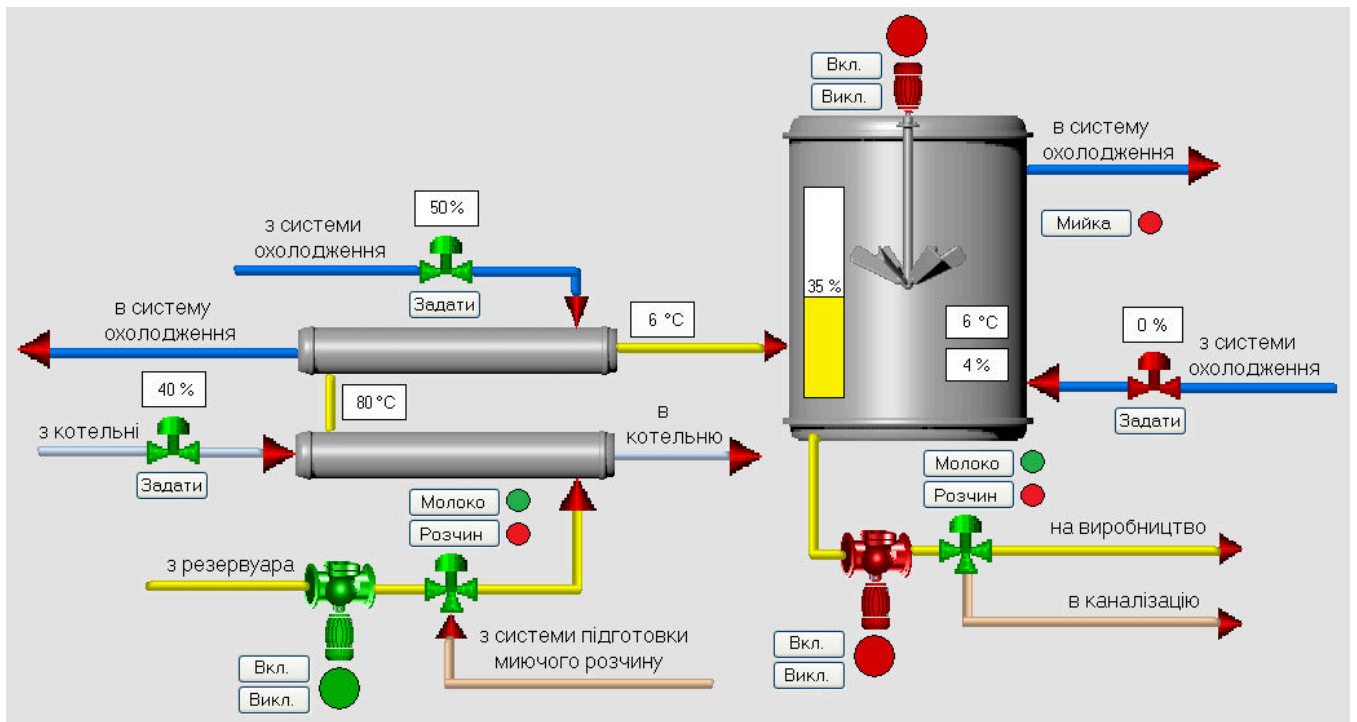


Рис. 6.2. Мнемосхема технологічного процесу теплової обробки молока.

Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Під технологічного процесу теплової обробки молока необхідно визначити оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора для швидкого пастеризації молока та компенсувати збурення у вигляді зміни витрати молока на пастеризацію (рис. 7.1).

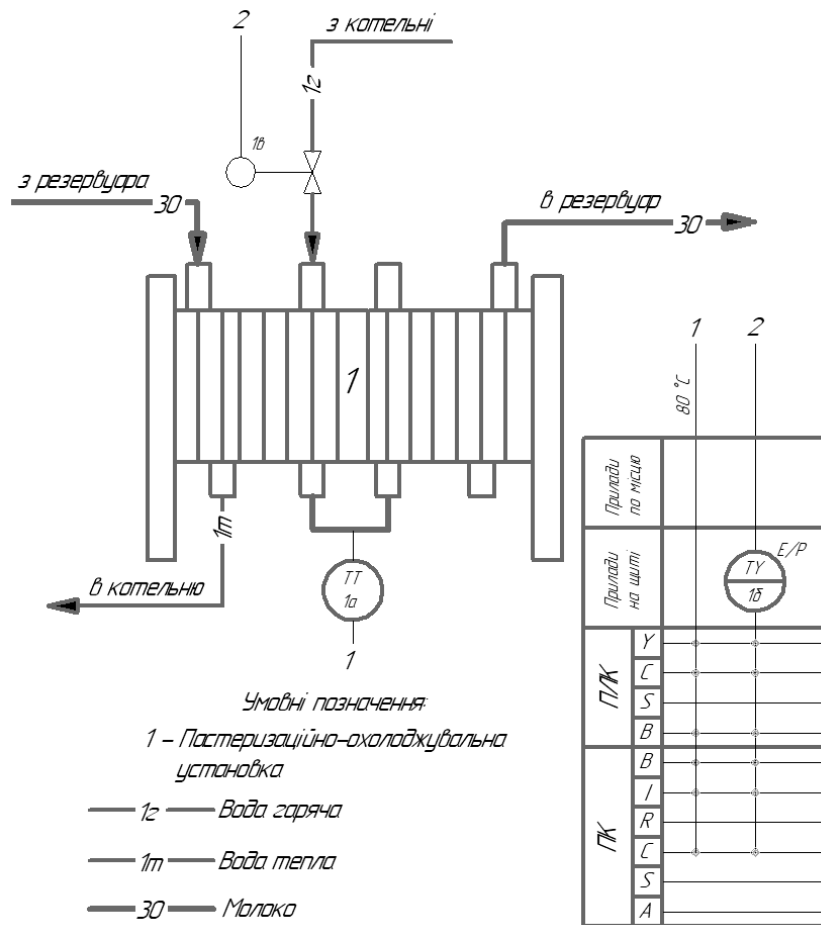


Рис. 7.1. Схема регулювання температури пастеризації молока.

Постановка задачі комп'ютерного моделювання: визначити ОПН ПІ-регулятора для регулювання температури пастеризації молока та компенсувати збурення.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|---|----------------|------|--------|
| | | | | | Кваліфікаційна робота | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Смачелюк С.В. | | | Розробка системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока | Лім. | Арк. | Аркуші |
| Керівник | | Романов М.С. | | | | | 54 | 7 |
| Зав. каф. | | Смітюх Я.В. | | | | НУХТ ЗАК-3-1ск | | |
| Секр. ЕК | | Проскурка Є.С. | | | | | | |

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Згідно поставленої задачі необхідно визначити вхідні та вихідні канали і представити їх на параметричній схемі (рис. 7.2).

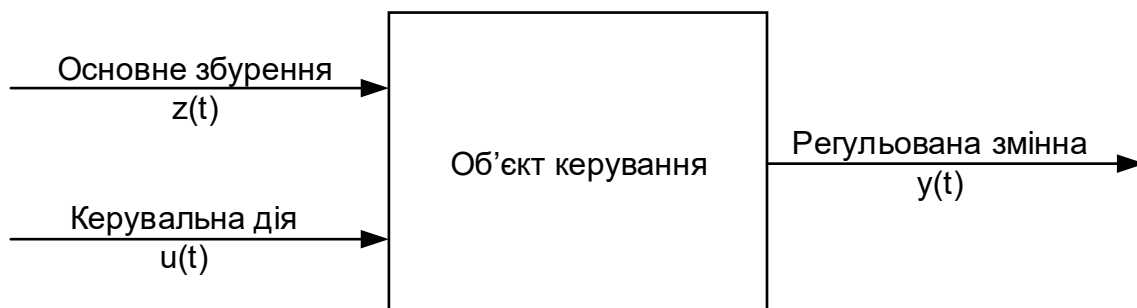


Рис. 7.2. Параметрична схема пастеризації молока.

$z(t)$ – витрата молока, м³/год, FMoL (рис. 7.3);

$u(t)$ – управляюча дія – клапан подачі гарячої води, %ХРО (% ходу регулюючого органу), KLHv (рис. 7.3);

$y(t)$ – температура молока, °С.

Досліджувана модель пастеризації молока складається з аперіодичної ланки, ланок запізнення та ланки підсилення (рис. 7.3):

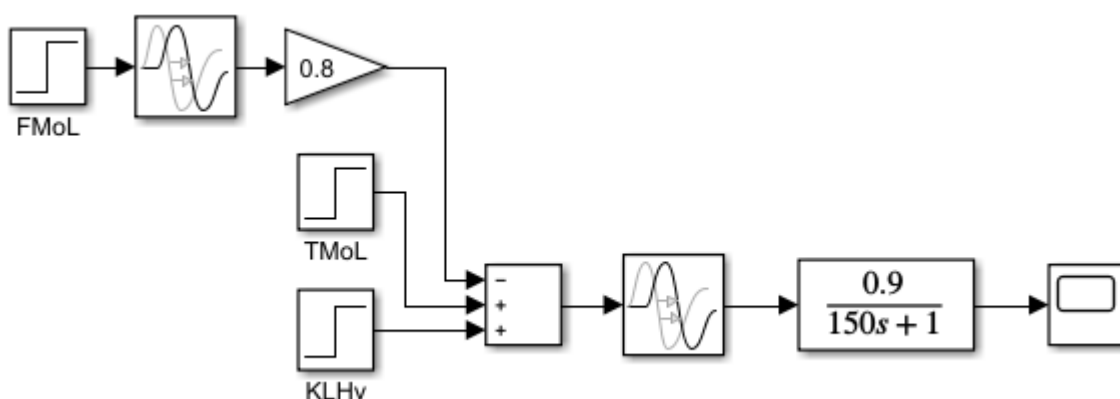


Рис. 7.3. Модель пастеризації молока.

ТМоL – початкова температура молока, °С.

7.3. Моделювання САР

Визначимо оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора за методом – процес з мінімальними часом регулювання, для швидкого процесу нагріву молока до температури пастеризації [7]:

| Закон регулювання | Критерій | | |
|-------------------|--|---|---|
| | Процес з мінімальним часом регулювання | Процес з 20% пере регулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливань | Процес з мінімальною інтегрально-квдратичною оцінкою |
| I | $k_{p1} = \frac{1}{4.5 k_{об} T}$ | $k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$ | $k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$ |
| II | $k_p = \frac{0.3T}{k_{об} \tau}$ | $k_p = \frac{0.9T}{k_{об} \tau}$ | $k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$ |
| III | $k_p = \frac{0.6T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$ | $k_p = \frac{T}{k_{об} \tau}$ $T_i = T$ | $k_p = \frac{0.7T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 0.7T$ |
| ПД | $k_p = \frac{0.95T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$ | $k_p = \frac{1.4T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_\delta = 0.5\tau$ | $k_p = \frac{1.2T}{k_{об} \tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_\delta = 0.4\tau$ |

Визначаємо ОПН ПІ-регулятора:

$$k_{об} = 0,9; T = 150; \tau_{зп} = 10;$$

$$k_p = (0,6 * 150) / (0,9 * 10) = 10;$$

$$T_i = T_{об} = 150; k_i = k_p / T_i = 10 / 150 = 0,067.$$

Підставимо визначені ОПН ПІ-регулятора підставляємо в модель (рис. 7.4).

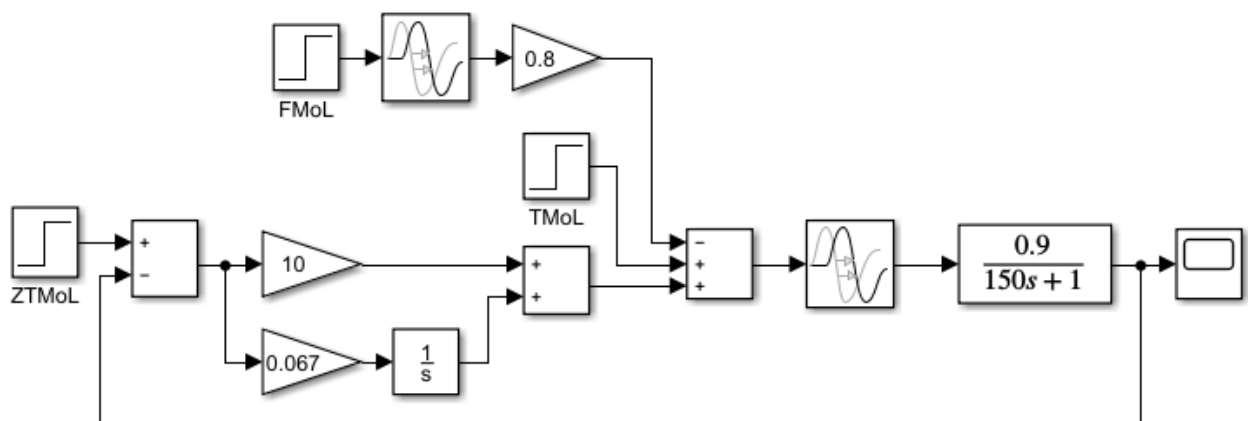


Рис. 7.4. Модель з ПІ-регулятором.

Отриманий перехідний процес з визначеними ОПН ПІ-регулятора представлено на рис. 7.5.

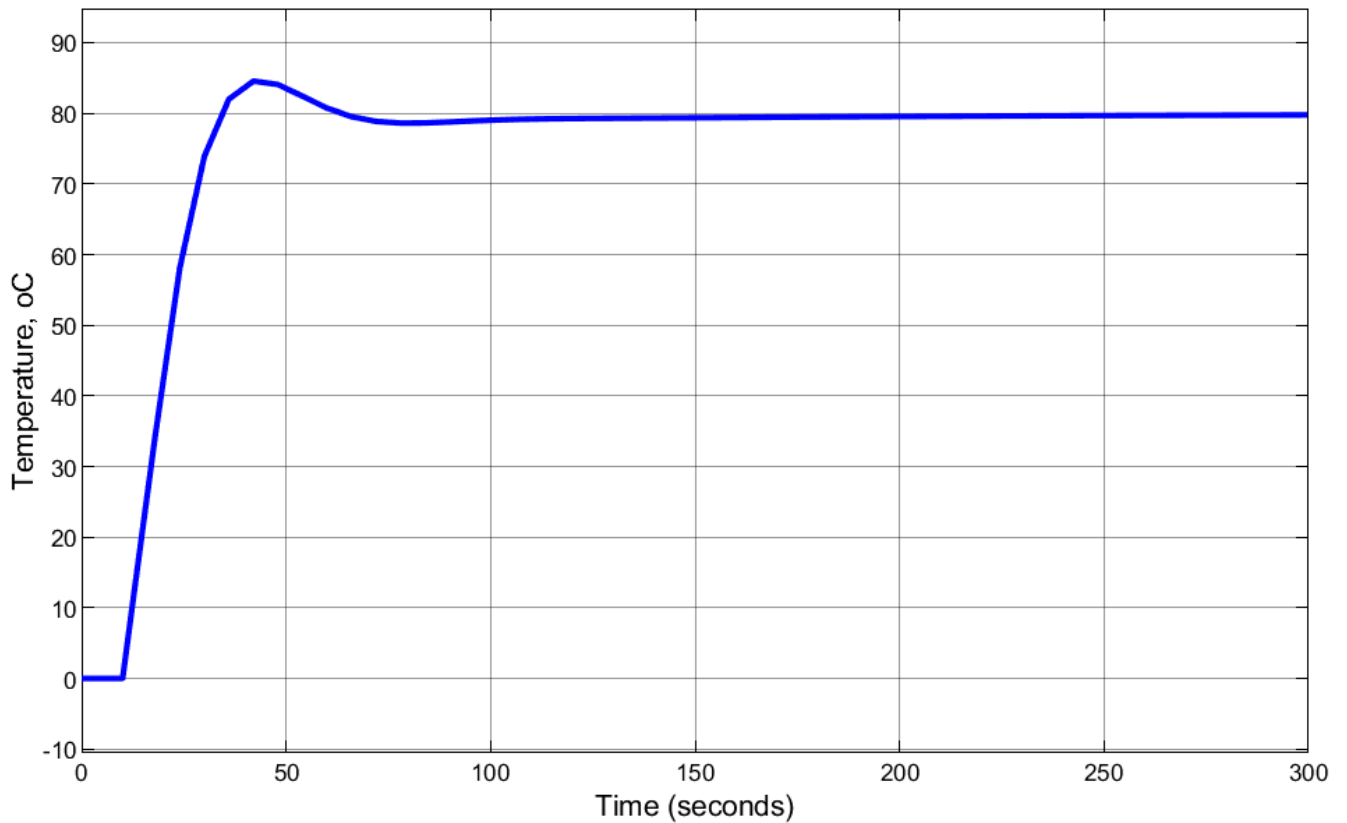


Рис. 7.5. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

Зміна витрати молока впливає на перехідний процес пастеризації. Промодельюємо зміну витрати молока, через певний час (рис. 7.6).

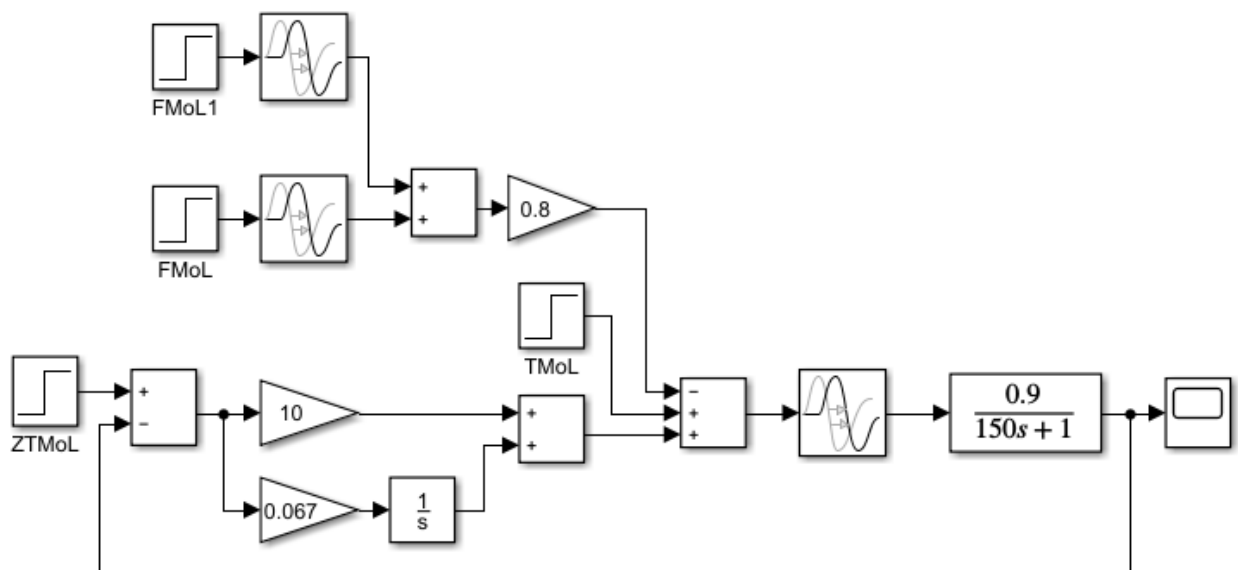


Рис. 7.6. Модування зміни витрати.

Вплив зміни витрати молока на перехідний процес представлено на рис. 7.5.

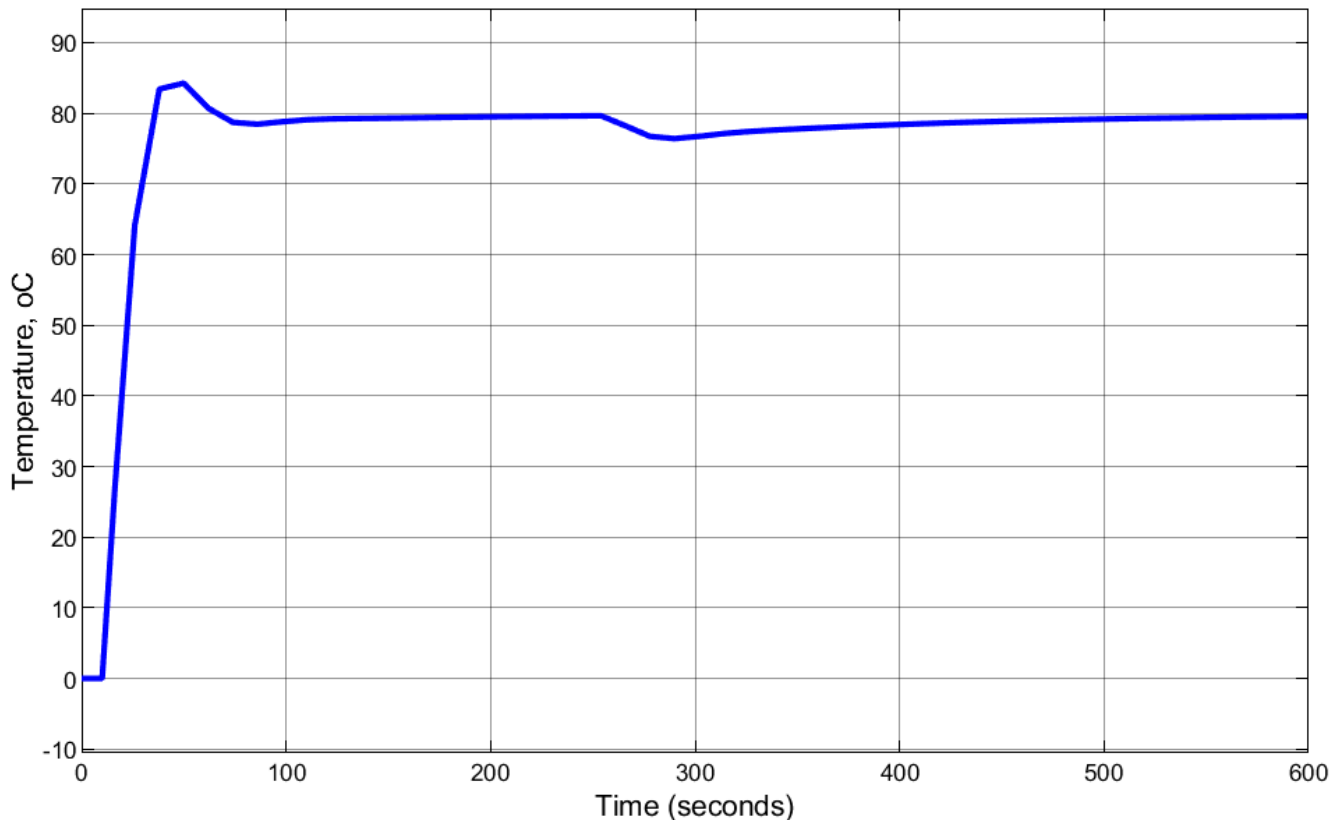


Рис. 7.7. Перехідний процес при зміні витрати молока.

Для зменшення впливу зміни витрати молока на перехідний процес необхідно використати компенсатор. Компенсатор може підключатися:

– на вхід об’єкту, тоді $W_k(p) = -W_{oz}(p) = -0.8$;

– на вхід регулятора, $W_k(p) = -W_{oz}(p) / W_p(p)$.

$W_p(p)$ – передаточна функція регулятора: $10 + 0,067/p$.

$W_{oz}(p)$ – передаточна функція за каналом збурення: $0,8$.

Розрахуємо компенсатор, що підключається на вхід регулятора:

$$-\frac{0.8}{10 + \frac{0.067}{p}} = -\frac{0.8}{\frac{10p + 0.067}{p}} = -\frac{0.8p}{10p + 0.067} = -\frac{0.8p}{0.067(149.25p + 1)} = -\frac{11.94p}{149.25p + 1}$$

Отримано компенсатор у вигляді реальної диференціювальної ланки типу:

$$W(p) = kTp / (Tp+1).$$

Підставимо отриманий компенсатор в модель (рис. 7.8) та отримаємо перехідний процес з компенсуванням збурення (рис. 7.9).

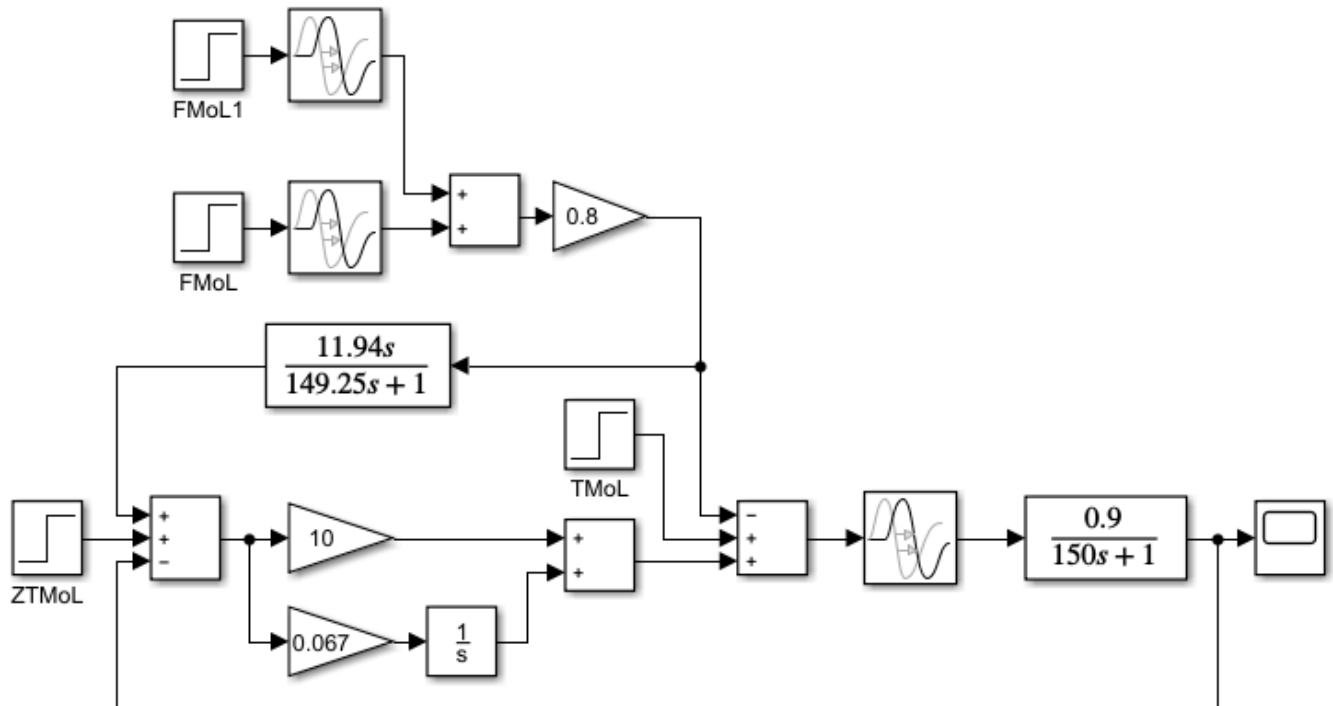


Рис. 7.8. Модель з компенсатором.

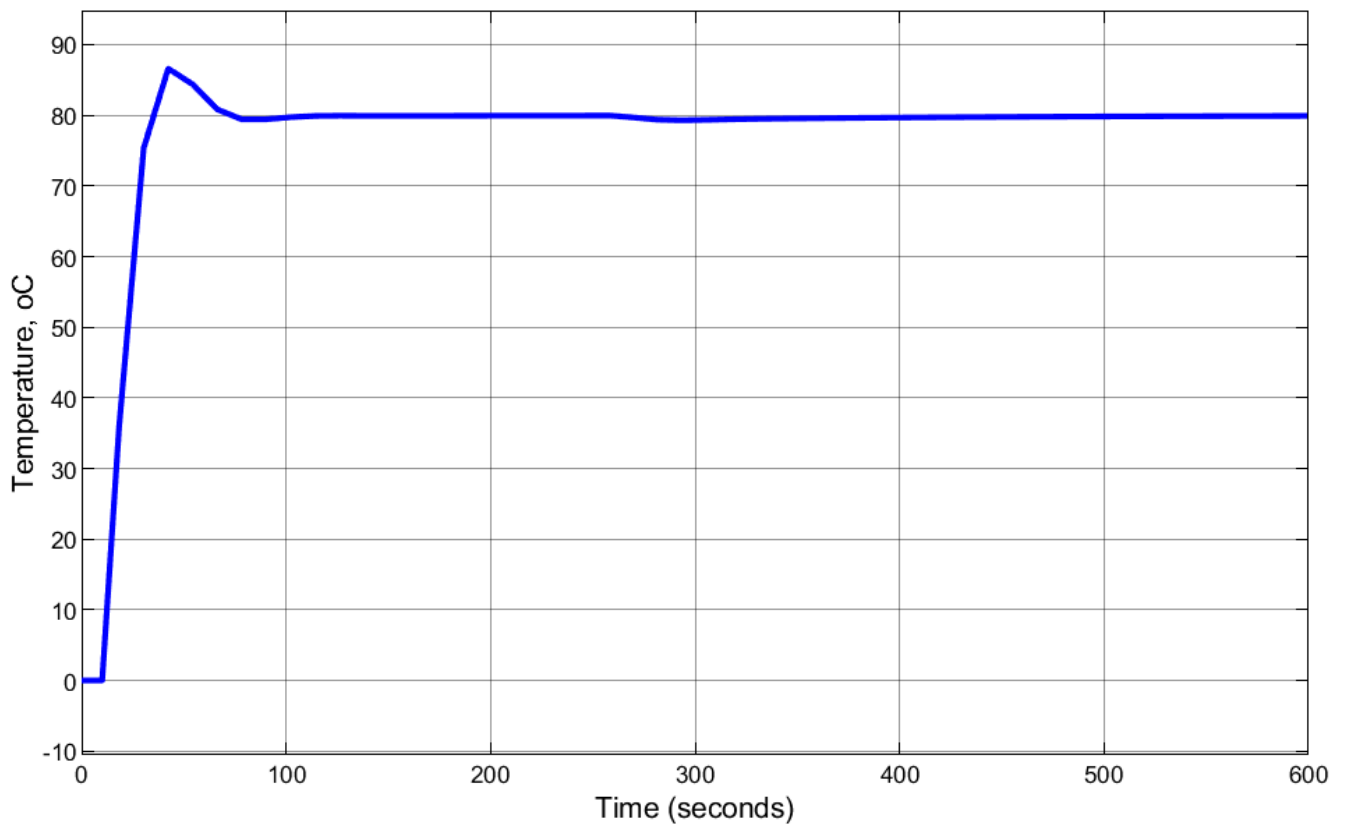


Рис. 7.9. Перехідний процес з компенсатором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Комп'ютерне моделювання для системи автоматичного регулювання (САР) пастеризації молока дозволило знайти оптимальні параметри налаштування (ОПН) ПІ-регулятора з мінімальними часом регулювання:

- коефіцієнта підсилення: $k_p = 10$;
- час інтегрування: $T_i = 150$;
- коефіцієнта інтегрування: $k_i = 0,067$.

Отриманий перехідний процес має мінімальний час регулювання – 150 секунд. Також було розраховано компенсатор, що підключається на вхід регулятора для компенсації збурення – зміни витрати молока. Отриманий компенсатор реалізується у вигляді реальної диференціувальної ланки типу:
 $W(p) = kT_p / (T_p + 1)$.

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

Висновки

В кваліфікаційній роботі наведено розробку системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока.

В системі автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока використано ПЛК Schneider Electric M340.

Також використано Citect SCADA 2015 для розробки дисплейної мнемосхеми технологічного процесу теплової обробки молока для автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

В кваліфікаційній роботі проведено комп'ютерне моделювання процесу пастеризації молока з знаходження оптимальних налаштувань ПІ-регулятора та розрахунок компенсатора та моделювання компенсації збурення – зміни витрати молока на процес пастеризації..

Використанням сучасних технологій та засобів автоматизації при розробці системи автоматизації технологічного процесу теплової обробки молока забезпечує економне використання енергоресурсів, що дозволяє зменшити собівартість готової продукції та збільшити прибутковість підприємства.

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

Список використаної літератури

1. Технология молока и молочных продуктов. URL:
http://www.dongau.ru/obuchenie/nauchnaya-biblioteka/Ucheb_posobiya/2019/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0_%D0%9A%D1%80%D1%8E%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%92%D0%92_2018_232_%D1%81..pdf
2. Push-in RTD temperature probes with terminal head form B. URL:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi9ou7Nm_j0AhVB-yoKHVfLDRwQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.jumo.net%2Fattachments%2FJUMO%2Fattachmentdownload%3Fproductgroup%3D902120%26language%3Den&usg=AOvVaw1heVkGfKpC_8zxn-P8prEW
3. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL:
https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
4. HI-FLOW CONTROL VALVES. URL: https://www.dwyer-inst.com/PDF_files/Hi_Flow.pdf
5. Satron VOM Optical Sensor. URL: <https://satron.com/product/satron-vom-optical-sensor/>
6. Техническое описание Micropilot FMR50. Радарный уровнемер. Измерение уровня жидкостей. URL:
https://portal.endress.com/wa001/dla/5000776/9266/000/00/TI01039FRU_0112.pdf
7. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.

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

8. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
9. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.
10. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.
11. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
12. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
13. Magnetostrictive Level Meters for Liquids. URL:
https://www.kobold.com/uploads/files/n2gb_nmt.pdf
14. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
15. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
16. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
17. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
18. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
19. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
20. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

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

21. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
22. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.
23. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
24. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
25. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
26. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
27. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
28. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

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

- 29.Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.
- 30.Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
- 31.Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.
- 32.Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
- 33.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
- 34.Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 35.Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
- 36.Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
- 37.Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.

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

38. Ладанюк А.П. *Методологія наукових досліджень: навчальний посібник* / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
39. Пупена О. М. *Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник* / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
40. *Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія* / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
41. *Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія* / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
42. Кишенько В.Д. *Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч.* / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
43. Кишенько В.Д. *Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч.* / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
44. Кишенько В.Д. *Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник* / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

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

45. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
46. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.
47. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

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