

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

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Декан факультету

Завідувач кафедри

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

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

« 2 » червня 2021 р.

« 2 » червня 2021 р.

**Кваліфікаційна робота**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавра**

з спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр та назва напрямку підготовки (спеціальності))

на тему: Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування  
кисломолочного сиру

Виконав: студент 4 курсу, групи АК-4-2 Дьяченко Антон Олегович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Міркевич Роман Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Риженко Є.С. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.

# Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

«29» квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Дьяченко Антону Олеговичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру*

керівник роботи *к.т.н., ст. викл. Міркевич Роман Миколайович*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» квітня 2021 р. № 248-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «2» червня 2021 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 29 квітня 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 Дьяченко А.О.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| АНОТАЦІЯ .....  | 4  |
| ANNOTATION .....  | 5  |
| ВСТУП .....   | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ  |    |
| 1.1. Аналіз технологічної лінії виробництва кисломолочного сиру.....                              | 7  |
| 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації .....   | 11 |
| РОЗДІЛ 2. ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ          |    |
| 2.1. Вибір технічних засобів автоматизації .....  | 16 |
| 2.2. Опис схеми автоматизації процесу пресування кисломолочного сиру.....                         | 26 |
| РОЗДІЛ 3. КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ        |    |
| 3.1. Компонування мікропроцесорного контролера .....  | 32 |
| 3.2. Схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК ...                               | 37 |
| 3.3. Розширена схема підключення датчика температури кисломолочної суміші .....                   | 38 |
| РОЗДІЛ 4. ОПИС ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТЧИКА ТИСКУ DMP 331.....  | 43 |
| РОЗДІЛ 5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  |    |
| 5.1. Алгоритм та програма для контролера Modicon M340 процесу пресування кисломолочного сиру..... | 48 |
| РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА  |    |
| 6.1. Опис мнемосхеми оператора процесу пресування кисломолочного сиру .....                       | 51 |
| РОЗДІЛ 7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ                                 |    |
| 7.1. Дослідження елементарних ланок за встановленими коефіцієнтами                                | 56 |
| ВИСНОВКИ .....  | 61 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....  | 62 |

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 3    |

## АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі розробляється система автоматизації для технологічного процесу пресування кисломолочного сиру.

В кваліфікаційній роботі наведено характеристику процесу заквашування та пресування кисломолочного сиру. Розроблені завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера Modicon M340, наведена специфікація приладів і засобів автоматизації. Показані розміри, монтаж датчика тиску DMP 331. Розширена схема підключення розроблена для датчика температури термометра опору Dtrans T100.

Розроблено алгоритм і програму із використання мови функціональних блоків FBD для технологічного процесу. Розроблено мнемосхему SCADA-програми головного вікна оператора-технолога із застосуванням Vijeo Citect.

Проведено дослідження елементарних ланок, таких як: ланка підсилення, ланка інтегрування та аперіодична ланка при різних заданих коефіцієнтах.

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

## ANNOTATION

In qualification work the system of automation for technological process of pressing of sour-milk cheese is developed.

The qualification work describes the process of fermentation and pressing of sour milk cheese. Tasks for the automation system, automation scheme, connection of sensors and actuators to the Modicon M340 controller are developed, the specification of devices and means of automation is given. The sizes, installation of the DMP 331 pressure sensor are shown. The expanded connection scheme is developed for the temperature sensor of the Dtrans T100 resistance thermometer.

An algorithm and a program for using the language of FBD functional blocks for the technological process have been developed. A mnemonic of the SCADA program of the main window of the operator-technologist with the use of Vijeo Citect has been developed.

The study of elementary links, such as: amplification link, integration link and aperiodic link at different given coefficients.

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

## ВСТУП

Кисломолочний сир - кисломолочний білковий продукт, який виробляють з пастеризованого нормалізованого або знежиреного молока, а також шляхом сквашування закваскою з наступним видаленням з отриманого згустку частини сироватки. Тому проблемою являється неточний процес додавання кількості всіх компонентів для приготування продукту, неточність роботи виконавчих механізмів технологічного процесу приготування. Отже одним із найбільш важливих завдань є розроблення програми керування автоматизованої системи та вдосконалення існуючих систем керування технологічним процесом виробництва кисломолочного сиру.

Автоматизація технологічних процесів виробництва в молочній промисловості здійснюється шляхом впровадження систем контролю, регулювання та керування на базі комплексу технічних засобів загальнопромислового і галузевого призначення.

Широкому впровадженню автоматизації у вітчизняній молочній промисловості сприяє ряд передумов. У їх числі безперервність, потоковість, комплексна механізація технологічних процесів, великі обсяги виробництва молочних продуктів, серійний випуск необхідних приладів і технічних засобів автоматизації та ін.

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

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 1.1. Аналіз технологічної лінії виробництва кисломолочного сиру

Кисломолочний сир - це традиційний білковий кисломолочний продукт, який має високі харчові і лікувально-дієтичні властивості. Його виготовляють сквашуванням пастеризованого незбираного і знежиреного молока та вилученням із одержаного згустку частини сироватки. Кисломолочний сир із непастеризованого молока можна використовувати тільки для виготовлення виробів, які підлягають обов'язковій термічній обробці (вареники, сирники тощо), а також для виробництва плавлених сирів [1-3].

Кисломолочний сир із непастеризованого молока можна використовувати тільки для виготовлення виробів, які підлягають обов'язковій термічній обробці (вареники, сирники тощо), а також для виробництва плавлених сирів [4]. Основною операцією у виробництві кисломолочного сиру є сквашування молока, яке викликає коагуляцію білків і утворення згустку. Існує два основних способи коагуляції: кислотний і кислотно-сичужний.

За кислотного способу коагуляція казеїну відбувається внаслідок молочнокислого бродіння. Утворений згусток має добру консистенцію, але при виробництві жирного кисломолочного сиру він важче звільняється від сироватки. Тому раніше кислотним методом виробляли тільки нежирний кисломолочний сир. Наразі, поряд з новими прийомами обробки згустку цей спосіб як економічно найвигідніший використовують також у виробництві жирного і напівжирного кисломолочного сиру.

За кислотно-сичужного способу коагуляція казеїну і утворення згустку відбуваються під дією молочної кислоти і сичужного ферменту, або пепсину. Сичужний фермент посилює процес синерезису в згустку, в результаті чого поліпшується виділення ним сироватки.

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |             |      |        |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|-------------|------|--------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |             |      |        |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ.        | Арк. | Аркуші |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |             | 7    | 6      |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      |  | НУХТ АК-4-2 |      |        |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |             |      |        |

Жирний і напівжирний кисломолочний сир, незалежно від методу коагуляції білка, на підприємствах виробляють традиційним або роздільним способом.

Нормалізоване молоко очищують від механічних домішок і направляють на пастеризацію. Режим пастеризації молока впливає на консистенцію одержаного при заквашуванні згустку. З підвищенням температури пастеризації щільність згустку збільшується, але одночасно з цим зростає і його здатність втрачати вологу, що утруднює видалення з нього сироватки. Через це при виготовленні кисломолочного сиру молоко пастеризують за температури  $78 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  з витриманням 15 – 20 с. Цей режим вважається достатнім для знищення мікрофлори в нормалізованій суміші і одержання згустку, зручного для подальшої обробки.

Пастеризовану суміш охолоджують до температури заквашування 28 – 30  $^\circ\text{C}$  в теплу і 30 – 32  $^\circ\text{C}$  в холодну пору року. Заквашування і сквашування суміші відбувається у спеціальних двостінних ваннах для виготовлення сиру. Для зручності в обслуговуванні їх монтують на площадках [5,6].

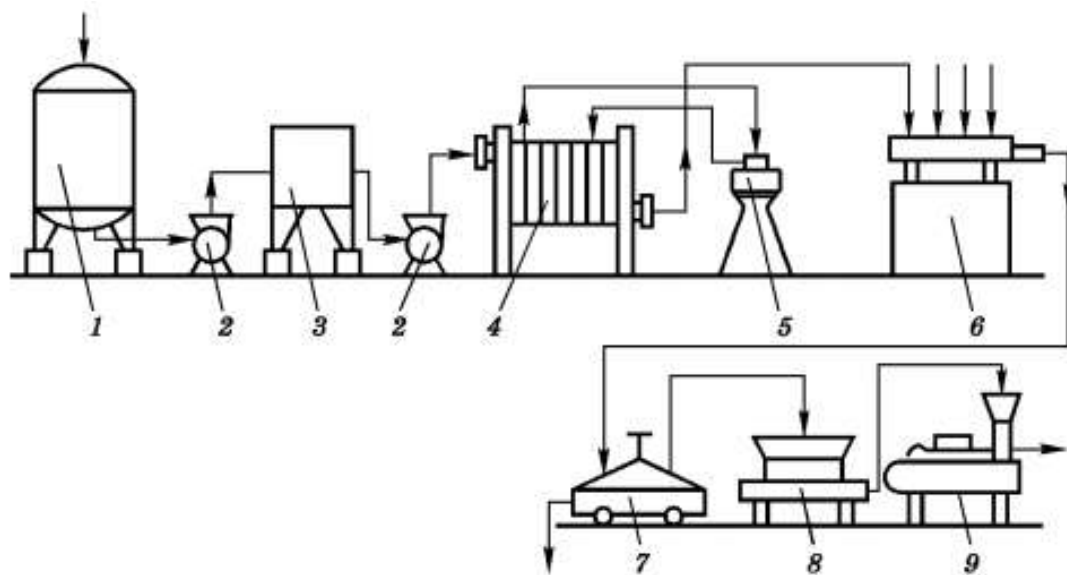


Рис. 1.1. Схема технологічної лінії виробництва кисломолочного сиру традиційним способом

1 — ємкість для нормалізованого молока; 2 — насос; 3 — вирівнювальний бак; 4 — пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка; 5 — сепаратор-нормалізатор; 6 — сирна ванна; 7 — прес-візок; 8 — охолоджувач сиру; 9 — автомат для фасування та пакування сиру

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                              | 8    |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

При виробництві кисломолочного сиру кислотнo-сичужним способом в охолоджену до температури заквашування суміш вносять 1 – 5 % закваски, виготовленої на чистих культурах мезофільного молочнокислого стрептококу. Ретельно перемішане молоко витримують протягом 2 – 3 год до досягнення ним кислотності 32 – 35 °Т. Після цього в нього вносять 40%-й розчин кальцію хлориду з розрахунку 400 г безводної солі на 1 т молока.

Сичужний фермент, або пепсин, вносять у вигляді 1 %-го розчину з розрахунку 1 г ферменту на 1 т молока. Розчин сичужного ферменту готують на кип'яченій і охолодженій до 35 °С воді. Розчин пепсину для підвищення його активності готують на кислій освітленій сироватці за температури  $36 \pm 2$  °С за 5 – 8 год до застосування. Внесення сичужного ферменту неоднoчасно із закваскою дає змогу в перші 2 – 3 год після заквашування перемішувати молоко

Для скорочення тривалості сквашування молока можна використовувати закваску, яка складається із мезофільних і термофільних молочнокислих стрептококів у співвідношенні 1 : 1 в кількості 5 % від маси молока. Температуру сквашування при цьому підвищують у теплий період року до  $35 \pm 1$  °С. Тривалість сквашування молока скорочується до 4 – 5 год, а виділення сироватки із згустку відбувається інтенсивніше.

Пресування кисломолочного сиру може відбуватися різними способами.

#### **Самопресування та пресування.**

Після відокремлення частини сироватки сирний згусток розливається в лавсанові мішечки для подальшого самопресування з наступним доохолодженням. Самопресування, яке триває не менше 1 год, застосовують для залишкового відділення сироватки від згустку та одержання зі стандартним вмістом вологи. Температура в приміщенні не повинна бути вище 16° С. Після самопресування проводять примусове пресування з наступним охолодженням кисломолочного сиру.

#### **Пресування.**

1. Після сквашування згусток перемішують та розливають у невеликі форми для пресування у спеціальній машині під тиском 0,5-1 бар. Утворений

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

кисломолочний сир вивантажують та направляють на доохолодження та пакування.

2. Для зменшення трудомісткості процесу виробництва кисломолочного сиру замість ванн використовують сировиготовлювач ТІ-4000. Він складається з двох двостінних ванн місткістю 2000 л кожна з кранами для випускання сироватки і люками для вивантаження кисломолочного сиру. Над кожною ванною закріплені пресувальні ванни з перфорованими стінками, на які натягуються чохла з фільтрувальної лавсанової тканини. Пресувальні ванни за допомогою гідравлічного приводу можуть підніматися вгору або опускатися донизу майже до зіткнення з дном ванни для сквашування. Сир при використанні цього устаткування виготовляють, як правило, кислотно-сичужним способом.

Приготовлене для заквашування молоко надходить у ванни, де в нього вносять закваску, розчини кальцію хлориду і сичужного ферменту і залишають для сквашування. Одержаний згусток розрізають ножем, який входить у комплект сировиготовлювача, на кубики з довжиною ребра 20 мм і залишають у спокої на 30 – 40 хв. За цей час із згустку виділяється значна кількість сироватки, яку відбірником видаляють із ванни. Попереднє видалення сироватки закріплює згусток і підвищує ефективність його пресування. Після часткового зливу сироватки перфоровану ванну за допомогою гідравлічного приводу опускають вниз. Швидкість занурення пресувальної ванни у згусток встановлюють залежно від якості згустку і виду кисломолочного сиру. При пресуванні згустку, особливо в перший період, слід занурювати його у ванну з найменшою швидкістю, інакше частинки згустку будуть дуже подрібнюватись, що збільшить відхід білка в сироватку. Пресувати нежирний згусток треба з більшою швидкістю занурення ванни, ніж жирного.

Сироватка, яка виділяється під час пресування, проходить крізь фільтрувальну тканину, перфоровану поверхню ванни, збирається всередині цієї пресувальної ванни, звідки через кожні 15 – 20 хв відкачується насосом. Залежно від виду продукту, який виготовляється, тривалість пресування різна: для кисломолочного сиру жирного вона становить не більш як 4 год, напівжирного

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

— не більш як 3 год, нежирного — не більш як 2 год. Після закінчення пресування перфоровану ванну піднімають і готовий продукт через люк у нижній ванні відвантажують у візок, який підйомником подається вгору і перевертається над бункером охолоджувача. Кисломолочний сир, виготовлений у сирововиготовлювачі, має високу якість і специфічну шарувату структуру

3. Ванни-вставки. Нині досить широко використовується прогресивний спосіб виробництва кисломолочного сиру з використанням ванн-вставок. Він полягає в тому, що видалення сироватки із згустку, а також охолодження кисломолочного сиру відбуваються в перфорованих ваннах-вставках, які переміщуються по горизонталі і вертикалі за допомогою тельферів. Перфоровану ванну-вставку з охолодженим кисломолочним сиром за допомогою тельфера піднімають і сироватка з неї впродовж 15 – 20 хв стікає у ванну для охолодження. За цей час у холодному продукті забезпечується стандартний вміст вологи [7].

## 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 | 2                          | 3                               | 4                             | 5                 | 6                                     | 7   | 8               |
| 1 | Резервуар для сквашування  | Рівень                          | 0-100 %                       | Регулювання       | Стабілізація                          | Вплив на клапан подачі молока                             |                 |
| 2 | Резервуар для сквашування  | Температура                     | 28-35 °С                      | Контроль          | Відображення Реєстрація, Сигналізація | АРМ оператора   |                 |
| 3 | Резервуар для сквашування  | Кислотність                     | 32-70 °Т                      | Контроль          | Відображення Реєстрація, Сигналізація | АРМ оператора   |                 |
| 4 | Резервуар для сквашування  | Оберти мішалки                  | об/хв                         | Управління        | Ручне, дистанційне                    | Пуск, зупинка з АРМа оператора і кнопка «Стоп» по місцю   |                 |

Продовження табл. 1.1.

| 1 | 2                          | 3       | 4                   | 5           | 6                  | 7   | 8 |
|---|----------------------------|---------|---------------------|-------------|--------------------|---|---|
| 5 | Трубопро від закваски      | Витрата | 5 % від маси молока | Регулювання | Стабілізація       | Вплив на клапан подачі закваски                         |   |
| 6 | Трубопро від подачі суміші | Витрата |                     | Регулювання | Стабілізація       | Вплив на частоту подачі насосу                          |   |
| 7 | Трубопро від повітря       | Тиск    | 0,5-2 бар           | Регулювання | Стабілізація       | Вплив клапан подачі повітря                             |   |
| 8 | Прес                       | Частота |                     | Управління  | Ручне, дистанційне | Пуск, зупинка з АРМа оператора і кнопка «Стоп» по місцю |   |

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

## РОЗДІЛ 2

### ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

#### 2.1. Вибір технічних засобів автоматизації

Автоматизація технологічних процесів виробництва в молочній промисловості здійснюється шляхом впровадження систем контролю, регулювання та керування на базі комплексу технічних засобів загальнопромислового і галузевого призначення [8].

Широкому впровадженню автоматизації у вітчизняній молочній промисловості сприяє ряд передумов. У їх числі безперервність, потоковість, комплексна механізація технологічних процесів, великі обсяги виробництва молочних продуктів, серійний випуск необхідних приладів і технічних засобів автоматизації та ін. [8].

Для виробництва сиру безперервним способом необхідно контролювати в автоматичному режимі ряд параметрів для забезпечення поточності [8].

Розвиток технічних засобів автоматизації є складним процесом, в основі якого лежать економічні інтереси і технічні потреби автоматизації виробництв, з одного боку, і ті ж інтереси і технологічні можливості виробників технічних засобів автоматизації – з іншого. Первинним стимулом розвитку є підвищення економічної ефективності роботи підприємств, завдяки впровадженню нових, більш досконалих технічних засобів автоматизації.

Первинні прилади, датчики або первинні перетворювачі призначені для безпосереднього перетворення вимірюваної величини в іншу величину, зручну для вимірювання або використання. Вихідними сигналами первинних приладів, датчиків є як правило уніфіковані стандартизовані сигнали, в іншому випадку використовуються нормують перетворювачі [9-11].

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |        |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|--------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |        |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.. |        |      |  |      | 13   | 16     |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |        |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |        |

## Датчик температури.

Новий датчик температури з 2-провідним вимірювальним перетворювачем для харчової промисловості та фармацевтики:

- Для температур -50 до +260 ° C.
- Сертифікований EHEDG (Європейська група з розробки гігієнічного устаткування).
- Відповідає директивам про обмеження використання деяких шкідливих речовин в електричному та електронному обладнанні
- Конфігурація через програму Setup і USB-порт
- Циліндрове приєднання M 12x1; ступінь захисту IP67 по DIN EN 60 529 з встановленим циліндричним штекером

Для розвитку в харчовій і фармацевтичній галузях промисловості фірма JUMO GmbH & Co. KG розробила новий термометр опору з рядом переваг для користувача [12].

Система повністю знаходиться в корпусі датчика і відповідає всім вимогам даних галузей. Вкручуючий термометр опору має компактну конструкцію. Він складається із захисної трубки з вбудованим сенсором, приєднання до процесу та корпуси годинників електроніки вимірювального перетворювача. Як підключення до процесу можливі гвинтові приєднання, конусні і клемні штуцери, приварні муфти, з'єднання Varivent® або кульові приварні муфти.

Захисна трубка складається з нержавіючої сталі, а корпус датчика має ступінь захисту IP 67 згідно DIN EN 60 529. Вбудований цифровий 2-х провідний вимірювальний перетворювач перетворює значення опору в уніфікований струмовий сигнал. Діапазон вимірювання, а також додаткові параметри, необхідні для роботи, конфігуруються за допомогою Setup-програми [12].

Прилад призначений для промислового застосування і відповідає європейським нормам електромагнітної сумісності (EMC). Високотемпературне виконання перетворювача Dtrans T100 також можливо з подовженою частиною. З вбудованим вимірювальним перетворювачем, діапазон виміру може бути до + 260 ° C, виконання без подовження розраховане на діапазон від -50 ° C до + 200°C. Інша виконання без подовження і вбудованого програмованого 2-х

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 14   |

проводового вимірювального перетворювача розраховане на діапазон температур  $-50^{\circ}\text{C} \dots 150^{\circ}\text{C}$ .

Електричне приєднання здійснюється за допомогою 4-х полюсного штекера, M12x1. В якості чутливих елементів застосовуються температурні сенсори Pt100 або Pt1000 по 2-х або 4-х провідній схемі.

Можлива заводська установка за бажанням Клієнта.

Термометр опору JUMO Dtrans T100 має EHEDG- допуск і тому призначений для використання в харчовій промисловості та фармацевтиці [12].



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд термометра опору Dtrans T100

### **Ультразвуковий індикатор рівня серії EA**

Ультразвукові вимірювачі рівня - це недорогі використанням безконтактної технології, легко встановлюються пристрої. Вони розроблені з тим, щоб відповідати зростаючим вимогам до точності вимірювання в промисловості [13].

Ці пристрої використовують ультразвукові імпульси, що посилаються передавачем в напрямку матеріалу, і вимірюють час проходження сигналу від передавача до матеріалу і назад. Відстань до матеріалу визначаються зі співвідношення  $D = Vt / 2$ , де  $V$  - швидкість поширення звуку.

Основні технічні характеристики ультразвукових датчиків серії EA (рис. 2.2):

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 15   |

- Безконтактні метод робить їх нечутливими до зміни властивостей матеріалу - тиску, щільності, в'язкості
- Доступні діапазони вимірювання 2м, 5м, 7.5м, 10м, 15м, 20м, 40м
- Точність вимірювання +/- 0.25%, при вимірюванні рідин дозвіл - 2 мм
- Вихід - 2-х провідний, 3-х провідний (голівка і блок управління розділені)
- Малий кут променя, мала сліпа зона, підходять для малих ємностей
- Аналоговий вихід 4 ~ 20 мА або 20 ~ 4 мА
- Напругою живлення ~ / 220В або = 24В
- Підходять як для рідин, так і для сипучих матеріалів
- Робоча температура від -40 ° С до + 80 ° С
- Ступінь захисту корпусу IP-65
- Порт зв'язку: RS232, RS485
- Релейний вихід - до 5 реле SPDT, програмуються на різні діапазони

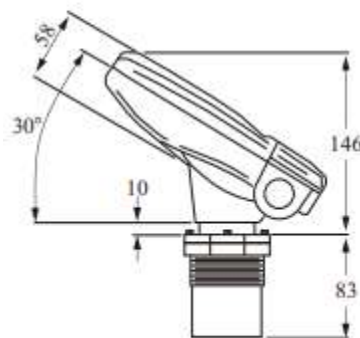


Рис. 2.2. Зовнішній вигляд ультразвукового рівнеміра EA  
**Датчик кислотності сквашування.**

Електроди з аналогової і цифрової технологією Memosens для визначення рН.

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 16   |

Величина рН служить одиницею виміру кислотності або лужності рідких середовищ. Сляна мембрана електрода підводить електрохімічний потенціал, що залежить від величини рН середовища. Цей потенціал генерується за рахунок виборчого проникнення іонів  $H^+$  через зовнішній шар мембрани. У цій точці утворюється електрохімічний граничний шар з електричним потенціалом. Вбудована еталонна система  $Ag / AgCl$  служить в якості електрода порівняння. Перетворювач перетворює вимірюваний напруга в відповідну величину рН, використовуючи рівняння Нернста [14].



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд чутливого електрода CPS11

До складу вимірювальної системи входять [14]:

- Електрод рН CPS11 або цифровий датчик CPS11D
- Перетворювач, наприклад, Liquisys M CPM223/253 (з технологією Memosens для CPS11D)
- Спеціальний вимірювальний кабель, наприклад, СРК9, або інформаційний кабель Memosens СУК10
- Стаціонарний, обтічний або висувний блок, наприклад, Cleanfit P CPA472

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

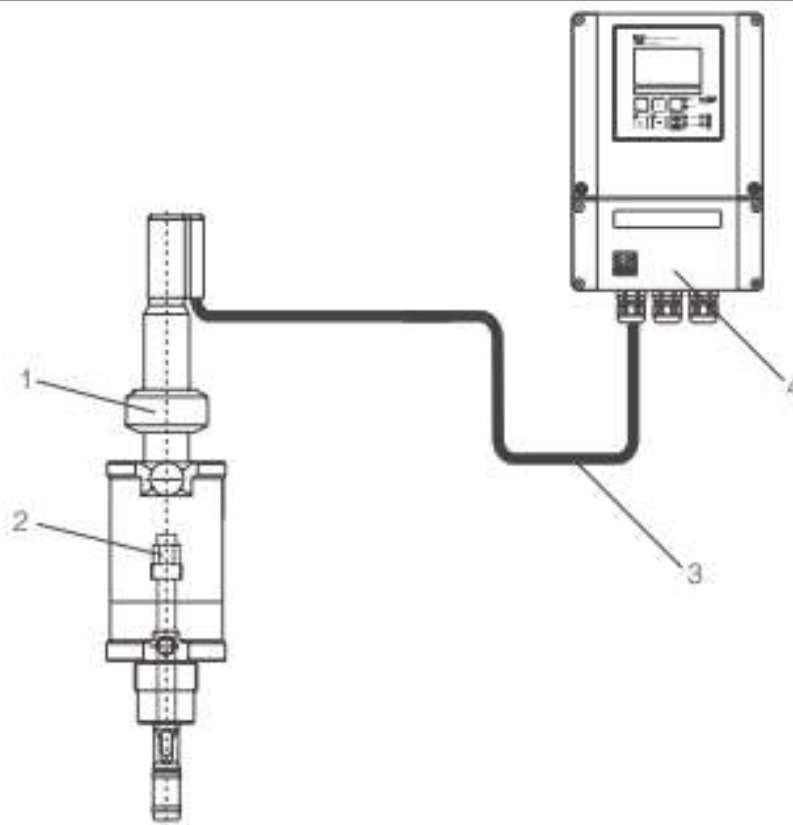


Рис. 2.4. Система для вимірювання величини рН

1 Висувний блок Cleanfit Р СРА472. 2 Електрод рН СРС11. 3 Спеціальний вимірювальний кабель СРК9 (для електродів зі знімною головкою ТОР 68) / СΥΚ10 для цифрових датчиків). 4 Перетворювач Liquisys М СРМ253 Електрод ВА (для технологічних застосувань, стерилізований):

- рН: 0 ... 14 рН,
- Температура: 0 ... 135 ° С / 32 ... 275 ° F

Liquisys СРМ253 [15] - це стандартний перетворювач рН / ОРР для всіх аналогових і цифрових датчиків Memosens. Він підвищує експлуатаційну безпеку завдяки постійним перевіркам достовірності передачі даних і датчиків. Просте меню і двоточкове калібрування спрощують і прискорюють конфігурацію і експлуатацію.

Короткі характеристики:

- вхідний сигнал - 1-канальний перетворювач
- Вихідний сигнал - 0 / 4-20 мА, Hart, Profibus

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



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд перетворювача Liquisys M CPM223/253

Масовий (коріолісову) витратомір SITRANS FC430 [16], виробництва компанії "SIEMENS" призначений для всіх завдань вимірювання витрати рідин і газів в різних галузях промисловості, забезпечуючи оптимізація технологічних процесів виробництва. Витратоміри масовий SITRANS FC430 розрахований на використання для забезпечення швидкого дозування, обліку, а також для вимірювання витрати.

Регулятор потоку масовий Sitrans FC430 має точність 0,1%, малу втрату тиску і виключно стабільну нульову точку.

Масовий витратомір SITRANS FC430 використовуються для вимірювання витрати рідких і газових середовищ в стандартних та гігієнічних умовах, технологічних процесах різних галузей промисловості:

Конструктивні та функціональні особливості витратоміра SITRANS FC430 базуються на останніх досягненнях в технології цифрової обробки сигналу. Регулятор потоку SITRANS FC430, вихідний сигнал: стандартний з аналоговим виходом 4 до 20 мА, HART 7.2.

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 19   |

Додаткові функції введення / виводу можуть бути вільно сконфігуровані для аналогових, імпульсних сигналів, частоти, реле або положення. Передавач поставляється з графічним дисплеєм, конфігурованим користувачем, з новою SensorFlash технологією, і мікро-SD-карти для резервного копіювання конфігурації, оновлення прошивки і зберігання даних.

Переваги:

- Висока точність, високу швидкодію, висока надійність;
- Широкий динамічний діапазон вимірювань витрат;
- Компактна конструкція дозволяє проведення установки витратоміра в складні системи трубопроводів;
- Простота в обслуговуванні, модулі можуть бути легко замінені;
- Ефективне поділ процесу вимірювання від вібрації техніки;
- Безпечна робота в критично важливих додатках;
- Незалежна пам'ять для всіх установок і даних по роботі;
- Отримання достовірних результатів вимірювань через високий відносини сигнал / шум;
- Захищена цифрова передача даних вимірювань з датчика;
- SensorFlash передача параметрів установок і даних, доступна проста заміна датчика;
- Порт USB для швидкого підключення та налаштування;
- Графічний дисплей з підсвічуванням, російськомовне меню, рівень доступу по паролях;

Масовий витратомір SITRANS FC430 (конструкція з подвійною трубою):

- Діаметр умовного проходу: DN 15, DN 25, DN 50, DN 80;
- Номінальна витрата (по воді), кг / год 3700; 11500; 52000; 136000;
- Похибка по витраті / щільності:  $\pm 0,1\%$ ;
- Діапазон вимірювання щільності: 1 ... 5,0 г / см<sup>3</sup>;
- Похибка по щільності: 0,001 г / см<sup>3</sup>;
- Максимальний тиск середовища: до 100 бар;
- Температура вимірюваного середовища: -50 ... + 200 ° C;

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

- Матеріал сенсора: нержавіюча сталь AISI 316L, W1.4435 / 1.4404 / Hastelloy C22, W2.4602;
- Сертифікати: АТЕХ, ІЕСЕх;



Рис. 2.6. Кориолісовий витратомір SITRANS FC430

### **Витратомір кисломолочної суміші.**

OPTISWIRL 4200 [17] являє собою вихровий витратомір з вбудованим датчиком температури. Він призначений насамперед для вимірювання витрати рідин, сухих або вологих газів і насиченого або перегрітої пари в системах технологічного забезпечення (допоміжних контурах) і розподільних мережах. Цей прилад є також оптимальним рішенням для вдосконалених систем управління енергоспоживанням (відповідно до ISO 50001), так як доступний з функцією вбудованого вимірювання сумарної і корисної теплової енергії для пари і конденсату. Для вимірювання витрати газу і пари при нестабільних робочих умовах вихровий витратомір може оснащуватися опціонально доступним вбудованим датчиком тиску.

На відміну від традиційних вихрових витратомірів, OPTISWIRL 4200 дозволяє об'єднати вимірювання витрати, температури і тиску, а також обчислення теплової енергії в одному пристрої. Це дозволяє заощадити приблизно 45% від монтажних витрат та домогтися підвищення загальної

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 21   |

системної точності вимірювань. Регулятор потоку доступний у виконанні з фланцевим приєднанням або в безфланцевому сендвіч-виконанні. Крім того, він може поставлятися у виконанні з вбудованим звуженням номінального діаметра і в роздільному польовому виконанні (з кабелем довжиною до 50 м / 164 фут). OPTISWIRL 4200 призначений для використання в автоматизованих системах безпеки і сертифікований для застосування у вибухонебезпечних зонах.



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд вихрового витратоміра OPTISWIRL 4200  
*Відмінні риси приладу.*

Фланцеве або компактне сендвіч (безфланцеві) виконання (до DN100 / 4 ")

Компактне універсальний пристрій для різних робочих умов. Вбудоване обчислення сумарної і корисної теплової енергії для пари і гарячої води. Опціонально доступний відсічний клапан для можливості демонтажу датчика тиску без переривання технологічного процесу (наприклад, в разі його калібрування або заміни).

Удосконалена технологія фільтрації сигналів (AVFD, удосконалене детектування частоти вихреутворення).

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

Опціонально доступне вбудоване звуження номінального діаметра, великий діапазон виміру Приблизно на 45% менше витрат на монтаж в порівнянні з вихровим витратоміром з додатковими датчиками температури і тиску і обчислювачем витрати. Також доступний в здвоєному виконанні з двома незалежними первинними перетворювачами і перетворювачами сигналів в одному пристрої для багатопродуктових трубопроводів.

Можливість поставки в якості роздільної версії з корпусом польового виконання для установки перетворювача сигналів на відстані до 50 м / 164 фут від первинного перетворювача.

Сертифікація по SIL 2/3 відповідно до IEC 61508. Повірка витратоміра за місцем експлуатації за допомогою діагностичного пристрою OPTICHECK.

Коротка характеристика:

- Для рідин, (вологих) газів, насиченого і перегрітого пара (+240 ° C)
- Вбудоване вимір P + T: прямий вихід даних по масі, номінальному витраті і / або енергії, сумарною / корисної теплової енергії
- Фланець: DN15 ... 300 / ½ ... 12 "; безфланцева версія: макс. DN100 / 4"
- 2-дротовий, 4 ... 20 мА, HART®, FF, Profibus-PA

**Датчик тиску DMP 331.**

Загальнопромисловий датчик тиску DMP331 [18] перетворює надмірне, абсолютний тиск і розрідження в пропорційний електричний сигнал. Датчик широко використовується для універсального застосування в технологічних процесах і проводиться в різних виконаннях для потрібних технологічних умов.

Датчик DMP331 відмінно підходить для вимірювання статичного і динамічного тиску в діапазоні від 0,04 до 40 Бар. Пристрій має нержавіючий корпус, кремнієвий сенсор тензорезистивного типу, видає кілька варіантів вихідного сигналу, а також підтримує HART протокол. Можлива індивідуальна настройка діапазону вимірювання, наприклад, від -200 мБар до +100 мбар (від -20 кПа до +10 кПа).

*Переваги DMP 331:*

- Кремнієвий тензорезистивного чутливий елемент

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 23   |

- Висока термостабільність і лінійність перетворення
- Багаторівневий захист від замикання, стрибків напруги і невірною підключення
- Наявність різних модифікацій і семи варіантів штуцерних приєднання
- Простота конструкції і компактність
- Широкий діапазон тиску і універсальність застосування
- Невисока вартість і великий термін служби

*Застосування датчика DMP 331:*

Датчик тиску DMP 331 широко використовується в ряді галузей промисловості завдяки універсальності, нержавіюча корпусу і високої надійності.



Рис. 2.8. Зовнішній вигляд датчика тиску DMP331

*Сфери частого застосування датчиків DMP 331:*

- Вимірювання, контроль, сигналізація тиску в технологічних процесах хімічної і харчової промисловості, комунальному господарстві та теплоенергетиці, пневматичних і гідравлічних системах.
- Перетворення тиску в вимірювальних приладах
- Створення автоматизованих систем захисту і сигналізації

*Короткі технічні характеристики DMP 331:*

- Робочий діапазон тисків: від 0 ... 0,04 до 0 ... 40 бар; -1 ... 0 бар
- Види вимірюваного тиску: абсолютне, надмірне, розрідження
- Основна похибка: 0,5 / 0,35 / 0,25 / 0,2% ДІ
- Види вихідного сигналу: 0 / 4-20 мА; 0-10 В; 0-5 В; HART-протокол; Ех-виконання (опція)

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 24   |

- Тип чутливого елемента: кремнієвий тензорезистивного
- Діапазон температур вимірюваного середовища: - 40 ... + 125 ° C
- Клас захисту: IP65-68
- Варіанти штуцерних приєднання: M10x1, M12x1, M20x1.5, G¼ ", G½ ", ¼ "NPT, ½" NPT
- Варіанти електричного підключення: DIN 43650; Binder 723 (5 конт.); M12x1 (4 конт.); кабельний ввід PG7; Виссанеер
- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь 1.4571 і 1.4435
- Матеріал ущільнення: витон (FKM), інші варіанти ущільнення (опція)

### **ITM-110**

Одноканальний мікропроцесорний індикатор [19].

Призначений для вимірювання одного вхідного фізичного параметра (температура, тиск, витрата, рівень і т. П.), Обробка, перетворення, використання математичних функцій і відображення на вбудованому чотирьохрозрядному цифровому дисплеї

Один аналоговий вхід:

- уніфікований сигнал;
- напруга;
- термоперетворювач опору;
- термопара.

Інтерфейс / протокол / режим в мережі:

- RS-485 / ModBus / MASTER або SLAVE Вихід аналоговий (опція):
- 0-5 мА ( $R_n \leq 2\text{кОм}$ );
- 0 (4) -20 мА ( $R_n \leq 500\text{ Ом}$ );
- 0-10 ( $R_n \geq 2\text{кОм}$ ) - за окремим замовленням;

Два дискретних виходи:

- транзистор ОК: до 40В, 100мА;
- реле (перемикається контакт): до 220, 8А;
- твердотельное реле: до 60 В, 1ААС / АDC.

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



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд ІТМ-110

Специфікація приладів та засобів автоматизації процесу пресування кисломолочного сиру наведена у таблиці 2.1.

## 2.2. Опис схеми автоматизації процесу пресування кисломолочного сиру

Схеми автоматизації розробляють загалом на технологічну (інженерну) систему або її складову частину - технологічну лінію, блок обладнання, установку або агрегат.

Схему автоматизації допускається суміщати зі схемою з'єднань (монтажною), що виконується у складі основного комплекту, або зі схемами інженерних систем.

### На схемі автоматизації зображають:

1) технологічне і інженерне обладнання і комунікації (трубопроводи, газоходи, повітропроводи) об'єкту, що автоматизується (далі - технологічне обладнання);

2) технічні засоби автоматизації або контури контролю, регулювання і управління (сукупність окремих функціонально зв'язаних приладів, що виконують певне завдання по контролю, регулюванню, сигналізації, управлінню і т.п.);

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 26   |

3) лінії зв'язку між окремими технічними засобами автоматизації або контурами (при необхідності).

Структурні схеми системи автоматизації виконуються по вузлах і включають всі елементи системи від датчика до регулюючого органа з вказуванням місця розташування та їх взаємозв'язку між собою.

**Схеми автоматизації визначають:**

- функціонально-блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, сигналізації, керування й автоматичного регулювання;
- оснащення об'єкта керування приладами і засобами автоматизації, у тому числі засоби обчислювальної техніки (ЗОТ).

**При розробці схем вирішують наступні задачі:**

- одержання інформації про стан технологічного устаткування;
- безпосередній вплив на технологічний процес для керування ним;
- стабілізація технологічних параметрів;
- контроль і реєстрація технологічних параметрів процесу і стану устаткування.

Ці функціональні задачі вирішуються на базі технічних засобів автоматизації (ТЗА), включаючи ЗОТ.

**Результатом розробки схем автоматизації є:** · вибір методів виміру технологічних параметрів;

- вибір основних технічних засобів автоматизації;
- визначення приводів виконавчих механізмів регулюючих і запірних органів, керованих автоматично чи дистанційно;
- розміщення ТЗА на щитах і пультах, технологічному устаткуванні і трубопроводах.

**Умови розробки функціональних схем (схем автоматизації).**

1. Повинна зберігатися можливість нарощування функцій керування (принцип відкритості системи).

2. Система повинна будуватися на базі ТЗА державної системи промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП).

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

3. Система повинна будуватися на базі уніфікованих комплексів, що дає значні переваги при монтажі, налагодженні, експлуатації і ремонті.

4. ТЗА вибирають, виходячи з наступних умов:

- виробництва (пожежо- і вибухонебезпечність, запиленість, агресивність і токсичність середовища);
- параметрів вимірюваного середовища;
- відстаней, що допускаються від давачів і виконавчих механізмів до регулюючих пристроїв;
- вимог до точності і швидкодії роботи системи.

Розроблена схема автоматизації процесу пресування кисломолочного сиру представлена на листі 1 графічної частини.

Регулювання рівня наповненості резервуара для сквашування молока виконується за допомогою ультразвукового рівнеміра EA-10P FineTek (поз. 1а), уніфікований сигнал якого 4-20 мА надходить до контролера, де перетворюється у значення від 0 до 10 000, а далі до SCADA-програми, де відображається, архівується та сигналізується на мнемосхемі процесу. Відповідно до програми заповнення керуючий сигнал від контролера надходить до електропневмоперетворювача YТ-1300 InterApp (поз. 1б) та на пневматичний дисковий поворотний затвор EPDM (поз. 1в).

Температура сквашування контролюється за допомогою термометра опору із перетворювачем Pt100 Dtrans T100 (поз. 2а). Значення вимірюваного параметра відображаються, реєструються та сигналізуються за допомогою SCADA-програми. На щиті управління встановлено одноканальний мікропроцесорний індикатор, який відображає значення температури сквашування.

Вимірювання кислотності сквашування для виробництва кисломолочного сиру здійснюється за допомогою комплекту електрода та перетворювача CPS11, CPM223/253 (поз. 3а, 3б). Уніфікований сигнал 4-20 мА надходить на контролер та SCADA-програму, де відображається, реєструється та сигналізується.

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

Дозування кількості закваски відповідно до кількості молока здійснюється за допомогою коріолісового витратоміра з перетворювачем FC430 (поз. 4а, 4б). уніфікований сигнал якого 4-20 мА надходить до контролера, де перетворюється у значення від 0 до 10 000, а далі до SCADA-програми, де відображається, архівується та сигналізується на мнемосхемі процесу. Відповідно до програми дозування керуючий сигнал від контролера надходить до електро-пневмоперетворювача YТ-1300 InterApp (поз. 4в) та на пневматичний дисковий поворотний затвор EPDM (поз. 4г).

Частота обертів мішалки регулюється за допомогою частотного перетворювача ATV630 (поз. 5а).

Витрата кисломолочної суміші на розлив у форми та пресування відбувається за допомогою вихрового витратоміра OPTISWIRL 4200 (поз. 6а). Уніфікований сигнал якого 4-20 мА надходить до контролера, де перетворюється у значення від 0 до 10 000, а далі до SCADA-програми, де відображається, архівується та сигналізується на мнемосхемі процесу. Відповідно до програми дозування керуючий сигнал від контролера надходить до частотного перетворювача ATV630 (поз. 6б), який керує частотою двигуна подачі продукту М2.

Тиск у колекторі подачі повітря на прес для пресування кисломолочного сиру вимірюється та регулюється за допомогою датчика тиску DMP331 (поз. 8а). Значення уніфікованого сигналу 4-20 мА надходить до контролера, де перетворюється у значення від 0 до 10 000, а далі до SCADA-програми, де відображається, архівується та сигналізується на мнемосхемі процесу. Відповідно до програми дозування керуючий сигнал від контролера надходить до електро-пневмоперетворювача YТ-1300 InterApp (поз. 8б) та на пневматичний дисковий поворотний затвор EPDM (поз. 8в).

Специфікація приладів та засобів автоматизації для пресування кисломолочного сиру наведено у таблиці 2.1.

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



| 1  | 2      | 3   | 4              | 5 | 6                  |
|----|--------|---|----------------|---|--------------------|
| 8  | 4в     | Електро-пневно-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, T=-20С+70С  | УТ-1300        | 1 | InterApp           |
| 9  | 4г     | Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, DN150, T до +130С. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar | EPDM           | 1 | InterApp           |
| 10 | 5а     | Перетворювач частоти, частота 50...60 Гц, потужн. двигуна 3кВт, живл. 200-240 В.  | ATV630         | 1 | Schneider Electric |
| 11 | 6а, 6б | Вихровий витратомір, темп. процесу -40...240 °С, матеріал нерж. сталь.  | OPTISWIRL 4200 | 1 | KROHNE Німеччина   |
| 12 | 6в     | Перетворювач частоти, частота 50...60 Гц, потужн. двигуна 3кВт, живл. 200-240 В.  | ATV630         | 1 | Schneider Electric |
| 13 | 7а     | Перетворювач частоти, частота 50...60 Гц, потужн. двигуна 3кВт, живл. 200-240 В.  | ATV630         | 1 | Schneider Electric |
| 14 | 8а     | Датчик тиску, темп. серед. - 40..+125 °С, тиск від 0 до 40 бар, вих. сигнал 4-20 мА.  | DMP331         | 1 | BDSensors          |
| 15 | 8б     | Електро-пневно-позиціонер, вх. сигнал 4-20мА, монтажний кронштейн, для пн. привода, T=-20С+70С  | УТ-1300        | 1 | InterApp           |
| 16 | 8в     | Дисковий пов. затвор, корпус – GGG40, диск-нерж. сталь, EPDM, PN10, DN150, T до +130С. Затвор в зборі з пневмоприводом подвійної дії Air Torque відповідного типорозміру для Р повітря = 6bar | EPDM           | 1 | InterApp           |

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 31   |

## РОЗДІЛ 3

### КОМПОНУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ПРОЦЕСУ ПРЕСУВАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

#### 3.1. Компонування мікропроцесорного контролера

Modicon M340 - це серія програмованих логічних контролерів, що відрізняються компактним дизайном і малими габаритними розмірами при цьому демонструють чудову адаптивність, гнучкість і широкий спектр функціональних можливостей ПЛК високого рівня. Будучи основою обладнання користувача контролер schneider M340 забезпечує просте з'єднання з іншими пристроями даного виробника. У свою чергу інструментальна програмне середовище Unity дозволяє полегшити, а головне скоротити час розробки додатків.

ЦПУ з широкою функціональністю:

- 7 Кінстр / мс
- Багатоцільова система для гарантованого часу відгуку
- USB порт для програмування і підключення людино-машинного інтерфейсу
- 2 додаткових порту на вибір: Ethernet, CANopen, Modbus

Зручна пам'ять:

- Для програмного коду - до 70 Кінстр.
- Для резервного копіювання програми в поставляється мапі Flash-пам'яті
- Для додаткового зберігання файлів - до 16 Мб, з доступом по FTP.

Функції для специфічних застосувань:

- Швидкісні рахункові модулі
- Управління рухом (інтегрована бібліотека PLC open, модуль послідовностей вихідних імпульсів - PTO)

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |        |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|--------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |        |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |      | 32   | 11     |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |        |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |        |

- Контроль технологічних процесів (інтегрована бібліотека контролю процесів).



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд контролера MODICON M340

**Модулі аналогового вводу/виводу** отримують живлення від шини монтажного шасі. Модулі можна встановлювати і знімати без відключення джерела живлення від стійки ПЛК, без ризику пошкодження обладнання та впливу на роботу інших компонентів ПЛК.

Модулі аналогового вводу-виводу можуть бути встановлені в будь-який слот шасі, крім перших двох слотів (позначених PS і 00), які зарезервовані для модуля живлення (BMX CPS ••••) і процесорного модуля (BMX P34 • •••) відповідно. Живлення розподіляється по внутрішній шині, розташованій усередині стійки (3,3 В і 24 В).

Перед встановленням модуля на монтажному шасі потрібно зняти захисну кришку із роз'єму слота.

**Модулі дискретного вводу-виводу** для платформи Modicon M340 - це стандартні модулі, що займають один слот. Мають міцний корпус, який надійно захищає електроніку та відповідає класу захисту IP20.

Функції:

- Входи/виходи змінного чи постійного струму, позитивна або негативна логіка

- Модульність: 8, 16, 32 або 64 каналів у модулі
- Забезпечує: збір сигналів, адаптацію рівня, гальванічну розв'язку, фільтрацію, захист від перешкод.

Згідно з розробленою схемою автоматизації, скомпонований контролер у середовищі UnityPro та показаний на рис. 3.2. Характеристика модулів наведена у таблиці 3.1.

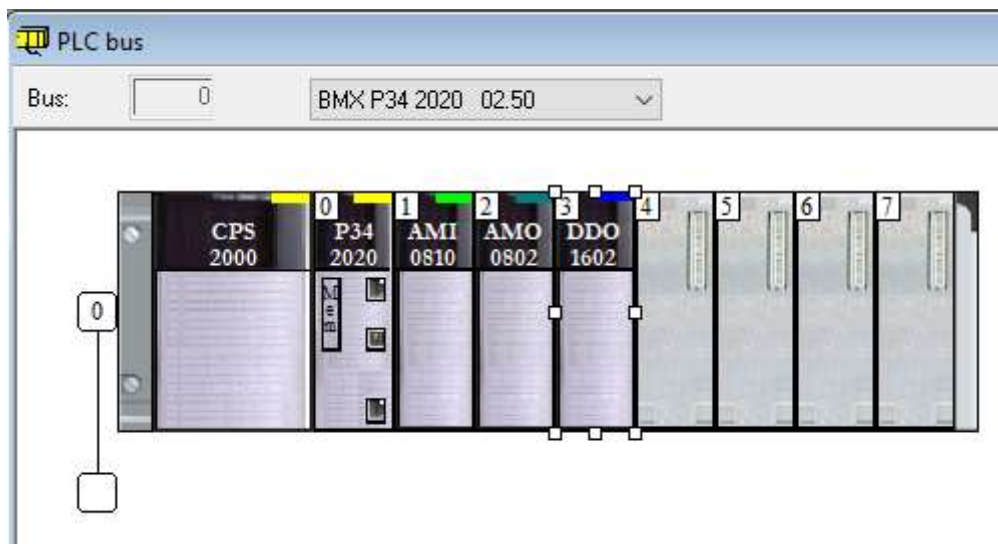


Рис. 3.2. Компонування контролера пресування кисломолочного сиру

Таблиця 3.1. Компоненти контролера MODICON M340 для пресування сиру

| Позначення модуля | К-сть | Найменування модуля        | Характеристика модуля                      |
|-------------------|-------|----------------------------|--|
| ХВР 0600          | 1     | Шасі                       | 12 місць                                   |
| CPS 2000          | 1     | Модуль живлення            | 100...240VAC, 20Вт                         |
| P34 2020          | 1     | Процесорний модуль         | послідовний RS-485/RS-232C Ethernet TCP/IP |
| AMI 0810          | 1     | Аналоговий вхідний модуль  | На 8 каналів                               |
| AMO 0802          | 1     | Аналоговий вихідний модуль | На 8 каналів                               |
| DDO 1602          | 1     | Дискретний вихідний модуль | На 16 каналів                              |
| BMX FTB 2820      | 1     | з'ємна клемна колодка      | 28- контактна                              |
| BMX FTB 20•0      | 2     | з'ємна клемна колодка      | 20- контактна                              |

Характеристика для аналогових модулів АМІ 0810 та АМО 0802 відображена у табл. 3.2 та табл. 3.3 відповідно, схеми підключення показані на рис. 3.3 та рис. 3.4.

Таблиця 3.2. Модуль ВМХ АМІ 0810

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Тип входів          | ізольовані входи високого рівня  |  |
| Діапазон            | напруга  | $\pm 10 \text{ В}, 0 \dots 10 \text{ В}, 0 \dots 5 \text{ В}, 1..5 \text{ В}, \pm 5 \text{ В}$ |
|                     | струм  | $0 \dots 20 \text{ мА}, 4 \dots 20 \text{ мА}, \pm 20 \text{ мА}$                              |
| Модульність         | 8 входів   |  |
| Роздільна здатність | 15 бит + знак  |  |
| Тип підключення     | через 28-контактну знімну клемну колодку з пружинними затискачами ВМХ FTA 2820                   |  |
|                     | готові комплекти кабелів ВМХ FTW p08S, вільні кінці з кольоровим маркуванням (довжина 3 або 5 м) |  |

Таблиця 3.3. Модуль ВМХ АМО 0802

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Тип виходів         | не ізольовані виходи   |  |
|                     | струм  | $0 \dots 20 \text{ мА}, 4 \dots 20 \text{ мА}$ |
| Модульність         | 8 виходи   |  |
| Роздільна здатність | 15 бит + знак  |  |
| Тип підключення     | через 20-контактну знімну клемну колодку з гвинтовими або пружинними затискачами ВМХ FTV 20*0  |  |
|                     | готові комплекти кабелів ВМХ FTW *S, вільні кінці з кольоровим маркуванням (довжина 3 або 5 м) |  |

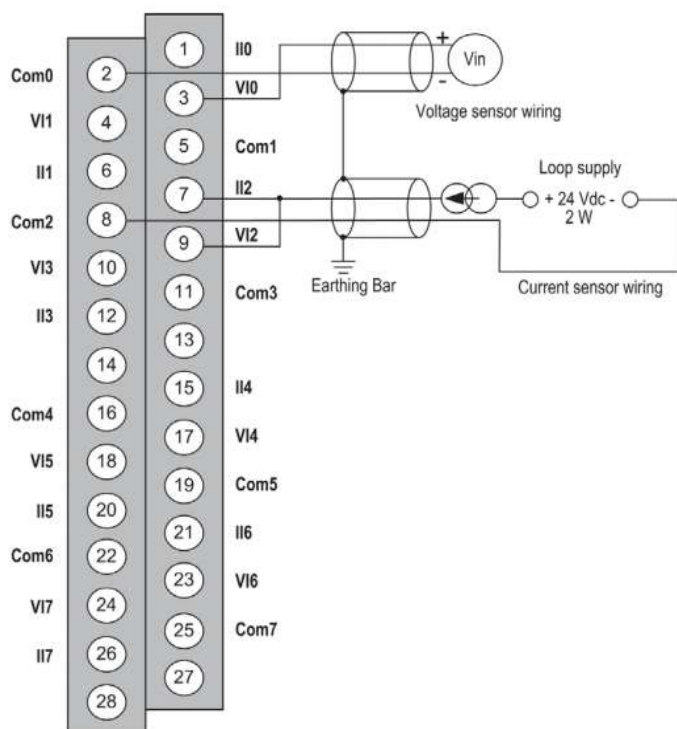


Рис. 3.3. Підключення до модуля ВМХ АМІ 0810

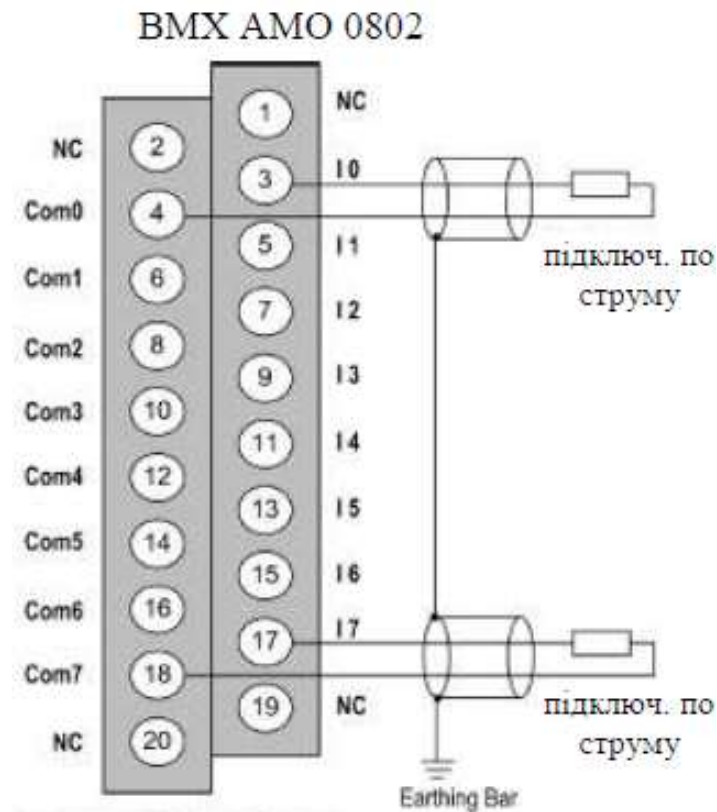


Рис. 3.4. Підключення до модуля BMX AMO 0802

Характеристика для дискретного модуля BMX DDO 1602 відображена у табл. 3.4, а підключення показано на рис. 3.5.

Таблиця 3.4. Модуль BMX DDO 1602

|                              |              |                        |
|------------------------------|--------------|------------------------|
| Номінальне значення          | напруга      | 24 В постійного струму |
|                              | струм        | 0,5 А                  |
| Порогове значення            | струм/канал  | 0,625 А                |
|                              | струм/модуль | 10 А                   |
| Повний опір навантаження     | мінімум      | 48 Ом                  |
| Час реакції                  |              | 1,2 мс                 |
| Споживання по живленню 3,3 В | типове       | 79 мА                  |
|                              | максимальне  | 111 мА                 |
| Споживання викон. механізмів | типове       | 23 мА                  |
|                              | максимальне  | 32 мА                  |

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

36

## BMX DDO 1602

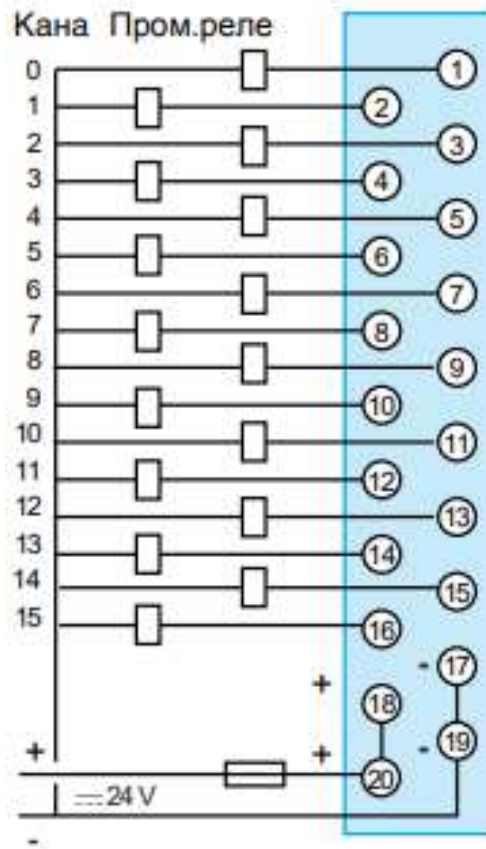


Рис. 3.5. Підключення до модуля BMX DDO 1602

### 3.2. Схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК

Принципова електрична схема повинна визначати повний склад електричних елементів і зв'язків між ними, давати детальне представлення про принципи роботи системи. Розробка принципової електричної схеми практично зводиться до підключення до ПЛК датчиків контролю і керованих механізмів. Безпосередньо до ПЛК підключається датчики, кнопки, світлодіоди для індикації, сигналізація, сенсорна панель, блок живлення та ПК.

Схеми електричні принципові розроблені на листах 2-4 графічної частини. Підключення аналогових вхідних сигналів проводиться до модуля BMX AMI 0810. Датчики додатково живляться +24 V від блоку живлення 220VAC/24VDC із застосуванням запобіжників FU1-FU5. Для витратомірів обрано запобіжники 0.5 A, а для термометра опору, датчика тиску та рівня використовуються

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

запобіжники по 0.1 А. лінії живлення мають нумерацію 810-818, а лінії сигналів нумеруються 100-114.

Підключення виконавчих механізмів відбувається та частотних перетворювачів до модуля аналогових виходів ВМХ АМО 0802. Лінії підключення електро-пнеumo-позиціонерів мають нумерацію 300-35. Частотні перетворювачі підключаються за допомогою аналогового входу АІ2 через запобіжники FU6-FU8 0.1 А. та нумеруються 307-316. Живлення частотного перетворювача трьохфазне з нумераціями 900-905, 910-915, 920-925. Підключення двигунів відбувається через теплові реле КК1-КК6, а лінії маркуються 906-908, 916-918, 926-928.

### **3.3. Розширена схема підключення датчика температури кисломолочної суміші**

Для процесу свашування молока при виробництві кисломолочного сиру велике значення має температура сквашування, тому молоко попередньо охолоджують до температури сквашування, яка складає 28-35<sup>0</sup>С в залежності від жирності кисломолочного сиру.

Фрагмент схеми автоматизації розширеного підключення для контуру температури із використанням одноканального мікропроцесорного індикатора показано на рис. 3.6. Розширені схеми наведені на рис. 3.7-3.8.

В якості датчика вимірювання температури використовується термометра опору Dtrans T100. Вторинним показуючим приладом обрано одноканальний мікропроцесорний індикатор ІТМ-110 заводу «Мікрол». Індикатор ІТМ-110 сконфігурується із використанням передньої панелі приладу або ж із використанням гальванічно розділеного інтерфейсу RS-485 (протокол ModBus) і це дозволяє застосовувати прилад у якості віддаленого індикатора. Сконфігуровані параметри ІТМ-110 зберігаються в незалежній пам'яті.

За даною схемою живлення термометра опору Dtrans T100 здійснюється від джерела +24 В блоку живлення контролера на «+» датчика через запобіжник FU2 0,1 А.

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 38   |

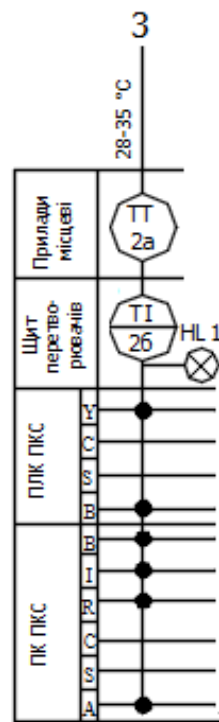
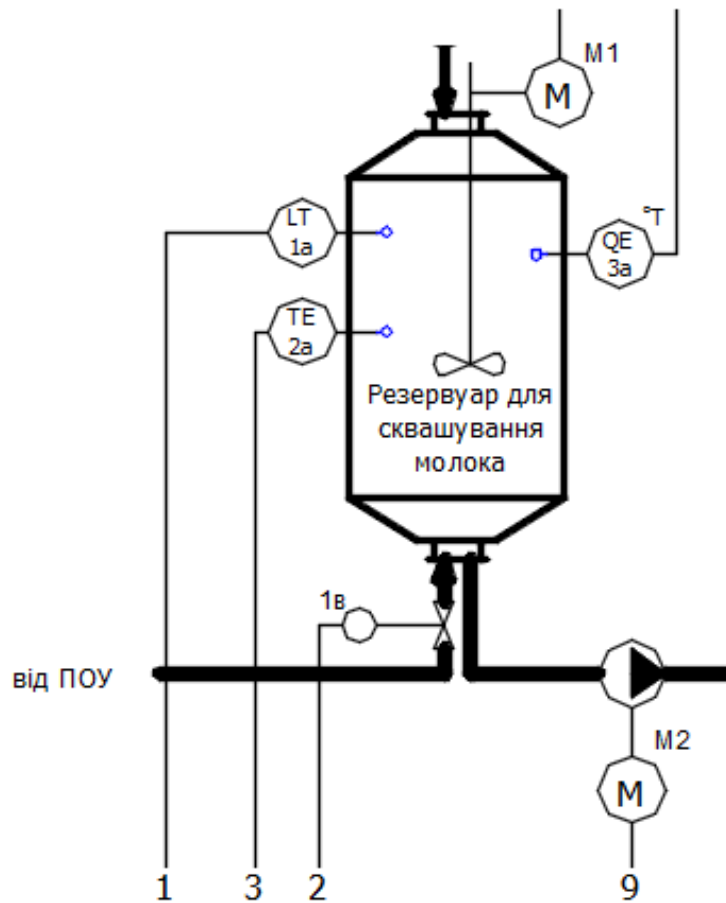


Рис. 3.6. Фрагмент схеми автоматизації для контуру вимірювання температури сквашування

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

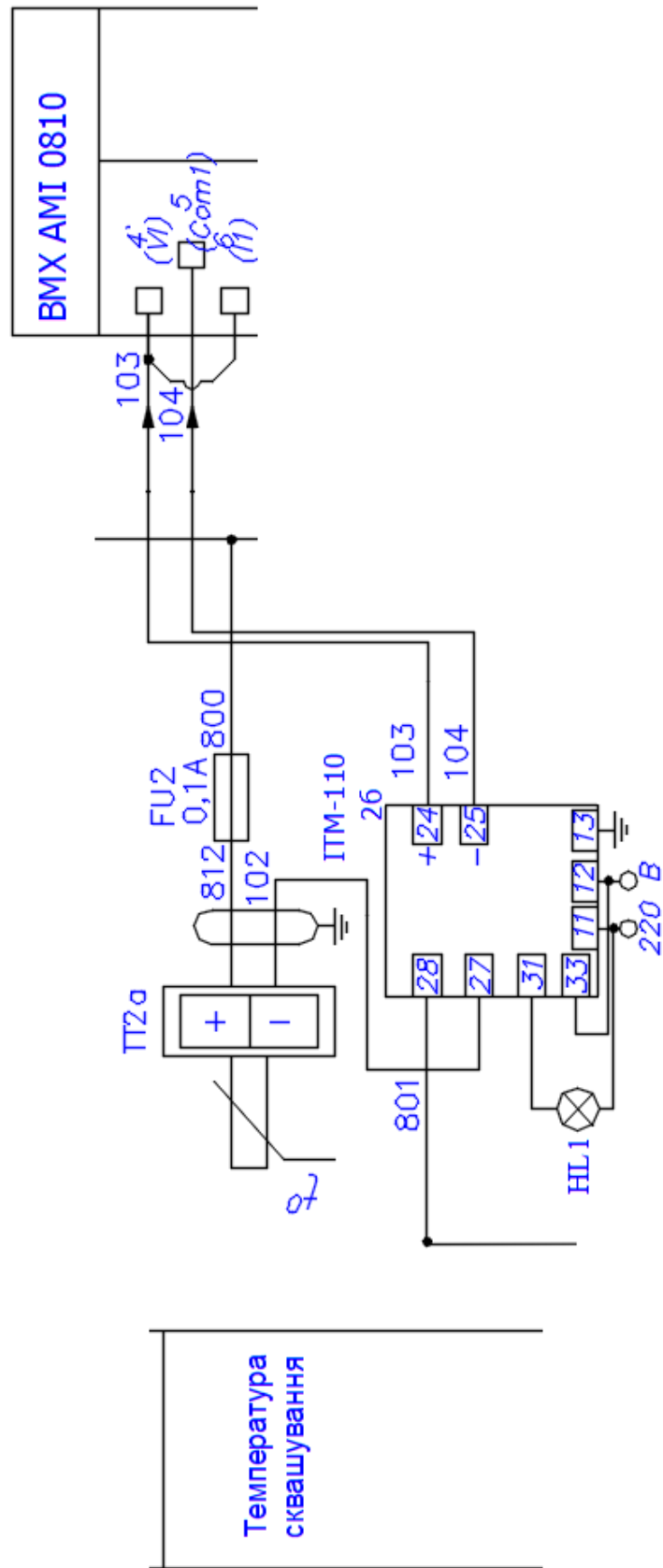


Рис. 3.7. Розширене підключення термометра опору Dtrans T100 через ITM-110 до BMX AMI 0810

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

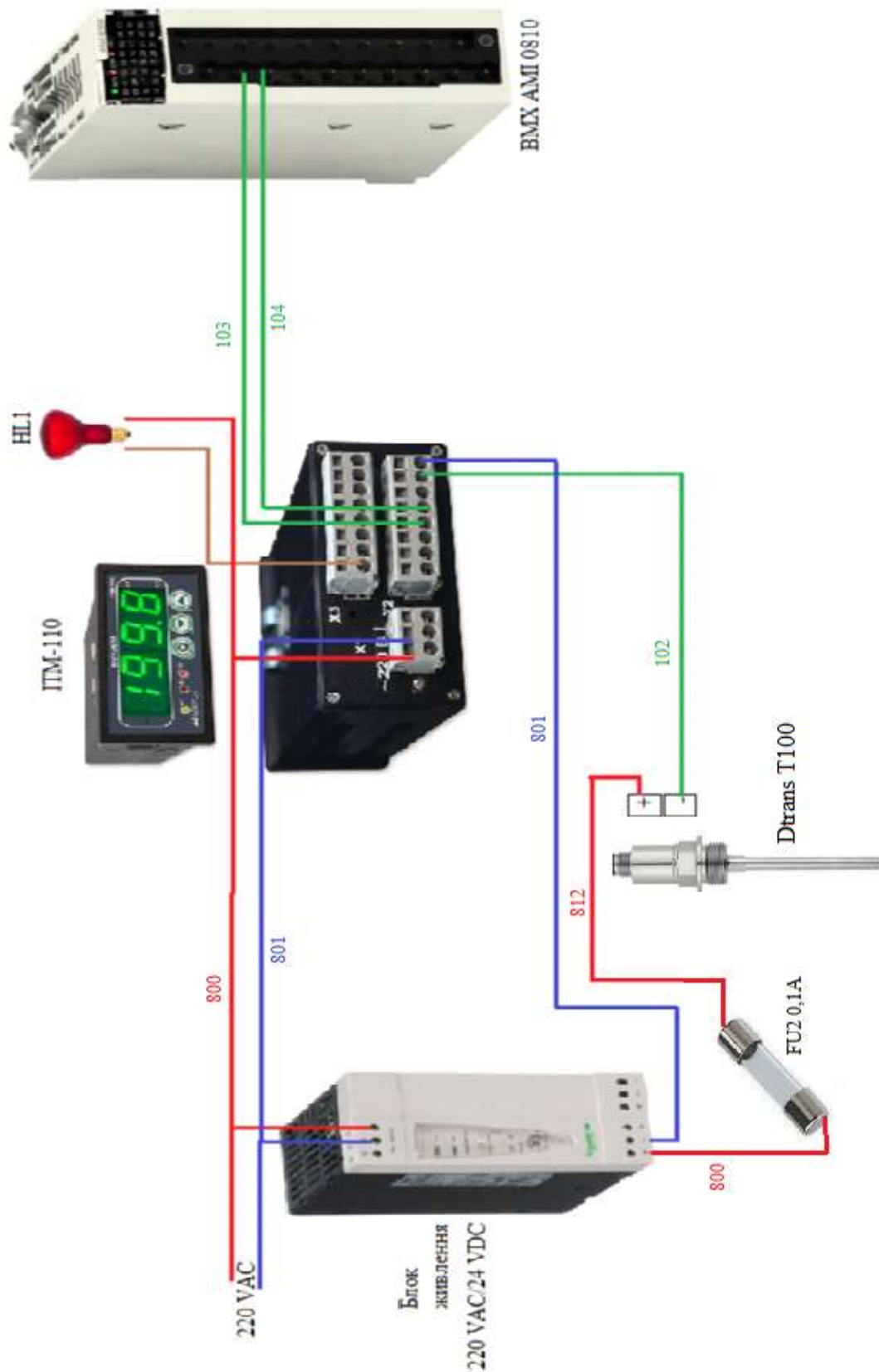


Рис. 3.8. Графічне підключення термометра опору Dtrans T100 через ITM-110 до BMX AMI 0810

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

Вихідний сигнал термометра опору надходить на 27 клему ІТМ-110, а 28 живиться від блоку 24 В. Вихідний сигнал від ІТМ-110 надходить від клем 24 та 25 на 7 та 8 входи ВМХ АМІ 0810. Спроектовано сигнальну лампу на щиті управління НЛ1, яка використовується для повідомлення про перевищення температури сквашування бо ж замалого значення. До НЛ1 надходять сигнали від ІТМ-110 31 клемі та 12 клемі живлення.

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                              | 42   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

## РОЗДІЛ 4

### ОПИС ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТЧИКА ТИСКУ DMP 331

Датчики тиску серії DMP (надалі датчики), призначені для безперервного перетворення значення вимірюваного параметра - надлишкового або абсолютного тиску рідких та газоподібних середовищ (як нейтральних, так і агресивних) в уніфіковані вихідні сигнали по напрузі, або в струмові вихідні сигнали. Можливе виконання датчиків з цифровим сигналом на базі HART-протоколу і / або світлодіодним дисплеєм і двома релейними виходами.

Датчики призначені для використання в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами в різних галузях промисловості. Певні моделі оснащені вбудованим роздільником, або роздільником-радіатором для роботи з високотемпературними (до 300 С) і / або агресивними середовищами.

DMP 331 - загальнопромисловий датчик для вимірювання низьких і середніх тисків (від 4 кПа до 4 МПа). DMP 331i, DMP 333i - високоточні датчики тиску з послідовним інтерфейсом RS 232 або RS 485. Використовуваний протокол - HART.

Датчик складається з вимірювального блоку тиску і електронного перетворювача, конструктивно об'єднаних в сталевому корпусі. Можливо виконання датчика з вбудованим світлодіодним дисплеєм і двома релейними виходами. Вимірювальний блок тиску (тензомодуль надалі) складається з сталевого зварного корпусу, на металоскляній підставці якого закріплений первинний перетворювач тиску, виконаний з монокристалічного кремнію.

На мембрані даного перетворювача сформований міст Уїнстона зі дифузійних тензорезисторів. Тиск, впливає на сталеву мембрану, передається на первинний перетворювач через силіконове масло, яким заповнений тензомодуль і викликає зміну опору тензорезисторів і, як наслідок, розбалансування мостової схеми.

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |        |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|--------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |        |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |      | 43   | 5      |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |        |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |        |

Електричний сигнал з первинного перетворювача через металоскляний гермовиводи подається в електронний перетворювач, який здійснює, крім живлення тензомодуля, лінеаризацію, термокомпенсацію і перетворення сигналу в уніфікований вихідний сигнал постійного струму або напруги.

### Монтаж датчика.

Сполучні лінії повинні мати односторонній ухил (не менше 1:10) від місця відбору тиску вгору до датчика, якщо вимірюване середовище - газ, і вниз до датчика, якщо вимірюване середовище рідина. Якщо це неможливо, при вимірюванні тиску газу в нижніх точках сполучних ліній слід встановлювати відстійні судини, а при вимірі тиску рідини в найвищих точках - газозбірники. На рис. 4.1-4.3 наведені рекомендовані схеми монтажу датчика тиску в залежності від вимірюваного середовища.

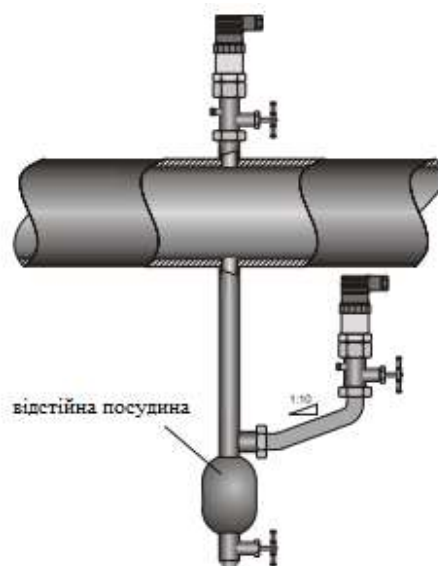


Рис. 4.1. Монтаж датчика для вимірювання тиску газу

Відбірні пристрої для установки датчиків бажано монтувати на прямолінійних ділянках, на максимально можливому віддаленні від насосів, запірних пристроїв, колін, компенсаторів та інших гідравлічних пристроїв. особливим не рекомендується встановлювати датчик перед запірним пристроєм, якщо вимірюване середовище - рідина (див рис. 4). При наявності в системі гідроударів, рекомендується застосовувати датчик в комплекті з демпфером гідроударів.

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 44   |

При вимірі тиску пара для зниження температури, що впливає на мембрану, рекомендується використовувати імпульсні трубки. Попередньо імпульсна трубка повинна бути заповнена водою.

На нульове значення вихідного сигналу датчиків з діапазоном 40 кПа і менше істотно впливає стан поздовжньої осі датчика. На підприємстві-виробнику, настройка нульового значення вихідного сигналу здійснюється в положенні штуцером вниз. При замовленні датчиків з вищевказаним діапазоном, рекомендується також вказувати положення, в якому датчики будуть експлуатуватися, якщо воно відрізняється від становища штуцером вниз.

При прокладанні живлять і сигнальних ліній слід виключити можливість попадання конденсату на кабельний ввід датчика.

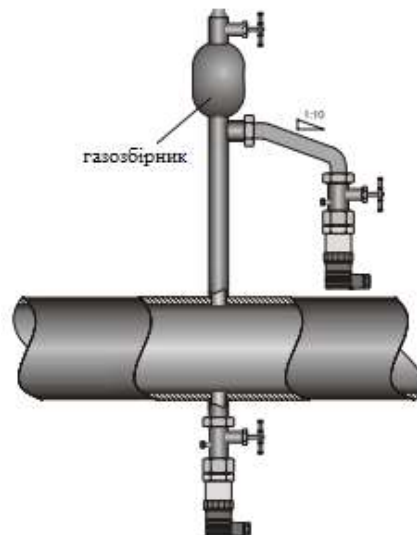


Рис. 4.2. Монтаж датчика для вимірювання тиску рідини

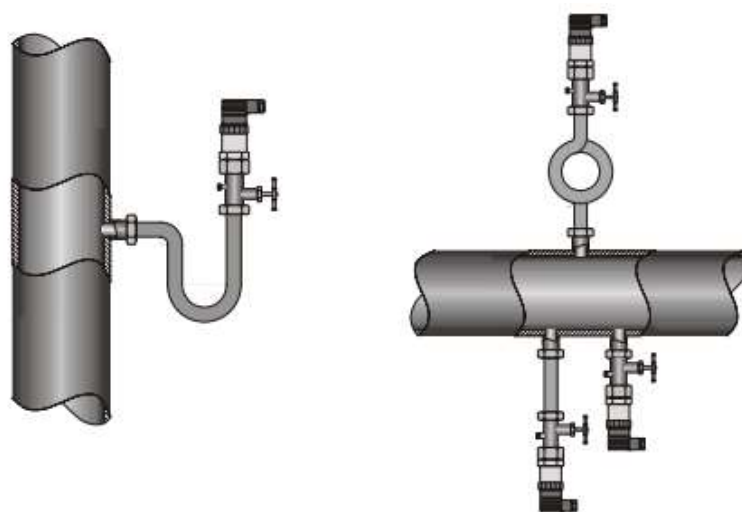


Рис. 4.3. Монтаж датчика для вимірювання тиску пара

|       |      |          |        |      |                              |      |
|-------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>Кваліфікаційна робота</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 45   |

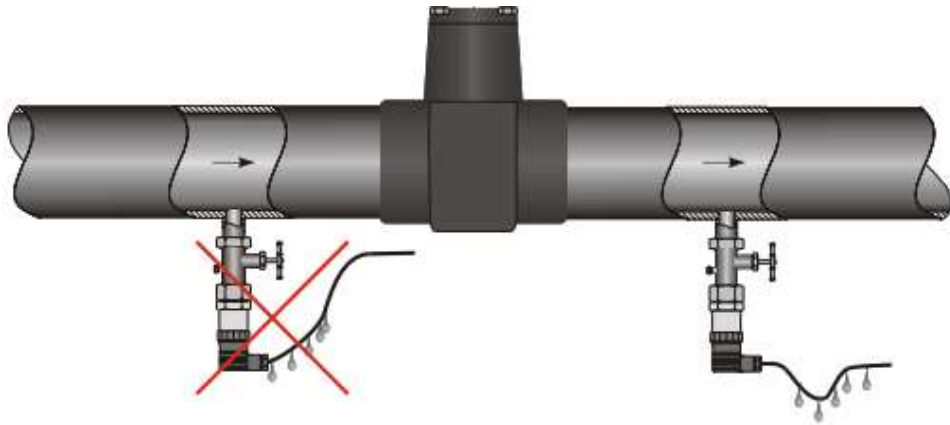
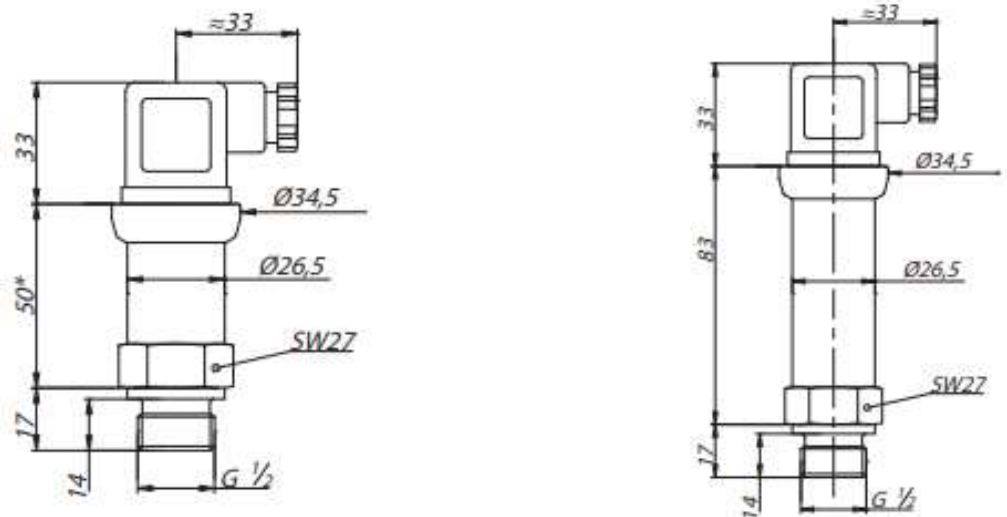


Рис. 4.5. Неправильне (зліва) і правильне (праворуч) прокладання кабелю датчика

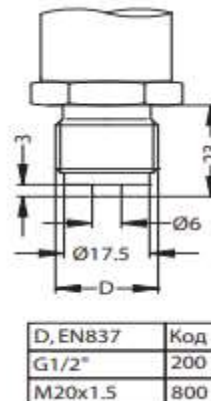
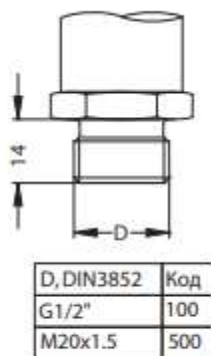
Забороняється встановлювати датчик в замкнутий об'єм, повністю заповнений рідиною, так як це може привести до пошкодження мембрани.

### Габаритні та приєднучі розміри.

Стандарт



Довжина датчика в іскробезпечному виконанні збільшується на 20 мм

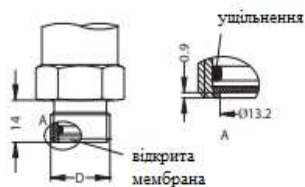


|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

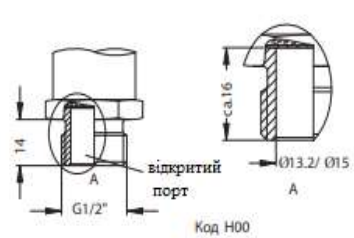
Кваліфікаційна робота

Арк.

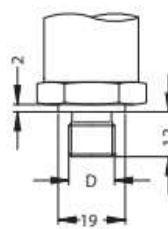
46



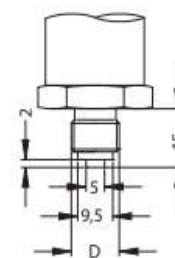
| D, DIN3852 | Код |
|------------|-----|
| G1/2"      | F00 |
| M20x1.5    | F04 |



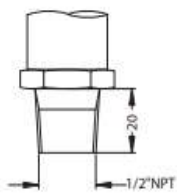
Код H00



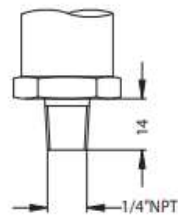
| D, DIN3852 | Код |
|------------|-----|
| G1/4"      | 300 |
| M12x1.5    | C00 |
| M12x1      | 600 |
| M10x1      | 700 |



| D, EN837 | Код |
|----------|-----|
| G1/4"    | 400 |



Код N00



Код N40

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

Кваліфікаційна робота

Арк.

47

## РОЗДІЛ 5

### ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 5.1. Алгоритм та програма для контролера Modicon M340 процесу пресування кисломолочного сиру

Для опису процесу пресування кисломолочного сиру використовується програмне середовище UNITY PRO, яке дозволяє конфігурувати, налагоджувати, програмувати і діагностувати промисловий контролер від фірми Schneider Electric Modicon.

Мова **FBD** (Function Block Diagram) - графічна мова програмування високого рівня, яка дозволяє створювати програми, як набір функцій, процедур та функціональних блоків, входи та виходи яких зв'язані між собою інформаційними зв'язками.

Алгоритм роботи процесу пресування сиру полягає у наступному:

1. Відкрити клапан 1 для подачі молока у резервуар для сквашування.
2. Коли рівень буде більше 70 %, ввімкнути регулятор витрати внесення закваски, ввімкнути мішалку на 10 хв.
3. Після перемішування залишити молоко для дозрівання на 3 години.
4. Після дозрівання включити мішалку M1 для розрізання згустку на 20 хв. Після чого включити двигун M2 на задану частоту для подачі кисломолочної суміші для розливу у форми та пресування.
5. Ввімкнути двигун M3 на задану частоту для рівномірного розподілу суміші.
6. Ввімкнути регулятор тиску для забезпечення тиску пресування. Залишити під пресом на встановлений період.

Проводимо опис змінних у **Data Editor** у розділі Elementary Variables, що відображені на рис. 5.1.

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|---------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |      | 48   | 3       |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |         |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |         |



блоку, налаштування якого проводиться через структурний параметр PARA типу F\_zakv\_PARA, де встановлюються обмеження за мінімумом та максимумом вхідної і вихідної величин. Вказуються значення коефіцієнтів пропорційності і інтегрування. На вхід OUT встановлюється вихід клапану KL\_1v, що відповідає за подачу закваски.

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

## РОЗДІЛ 6

### РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

#### 6.1. Опис мнемосхеми оператора процесу пресування кисломолочного сиру

SCADA (аббр. від англ. Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерське управління і збір даних) - програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. SCADA є частиною частиною АСУ ТП. SCADA-системи використовуються у всіх галузях господарства, де потрібно забезпечувати операторський контроль за технологічними процесами в реальному часі. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютери і, для зв'язку з об'єктом, використовує драйвери введення-виведення або OPC/DDE сервери. Програмний код може бути як написаний на одній з мов програмування, так і згенерований в середовищі проектування.

Іноді SCADA-системи комплектуються додатковим ПО для програмування промислових контролерів. Такі SCADA-системи називаються інтегрованими і до них додають термін SoftLogic.

SCADA-системи вирішують наступні завдання:

- Обмін даними з «пристроями зв'язку з об'єктом» (тобто з промисловими контролерами і платами вводу-виводу) в реальному часі через драйвери.
- Обробка інформації в реальному часі.
- Логічне управління.
- Відображення інформації на екрані монітора в зручній і зрозумілій для людини формі.
- Ведення бази даних реального часу з технологічною інформацією.
- Аварійна сигналізація і управління тривожними повідомленнями.

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|---------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |      | 51   | 5       |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |         |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |         |

- Підготовка та генерування звітів про хід технологічного процесу.
- Здійснення мережевої взаємодії між SCADA ПК.
- Забезпечення зв'язку з зовнішніми додатками (СУБД, електронні таблиці, текстові процесори і т. Д.).

В системі управління підприємством такими додатками найчастіше є додатки, які відносять до рівня MES.

SCADA-системи дозволяють розробляти АСУ ТП як автономні програми, а також в клієнт-серверної або в розподіленій архітектурі.

Citect SCADA надає інтуїтивно зрозумілі інструменти конфігурації та потужні інженерні функції, які допоможуть вам консолідувати та впорядкувати управління завдяки збільшенню масиву вводу. Завдяки потужним можливостям візуалізації вона дозволяє отримувати цілісне уявлення про операції, дозволяючи їх оптимізувати.

Опишемо змінні технологічного процесу (табл. 6.1) пресування кисломолочного сиру для створення мнемосхеми вікна оператора-технолога SCADA – програми. Опис змінних проводиться в меню «Tags»/«Variable Tags» і для рівня у резервуарі для сквашування показано на рис. 6.2.

Рис. 6.2. Вікно опису змінної рівня у резервуарі сквашування



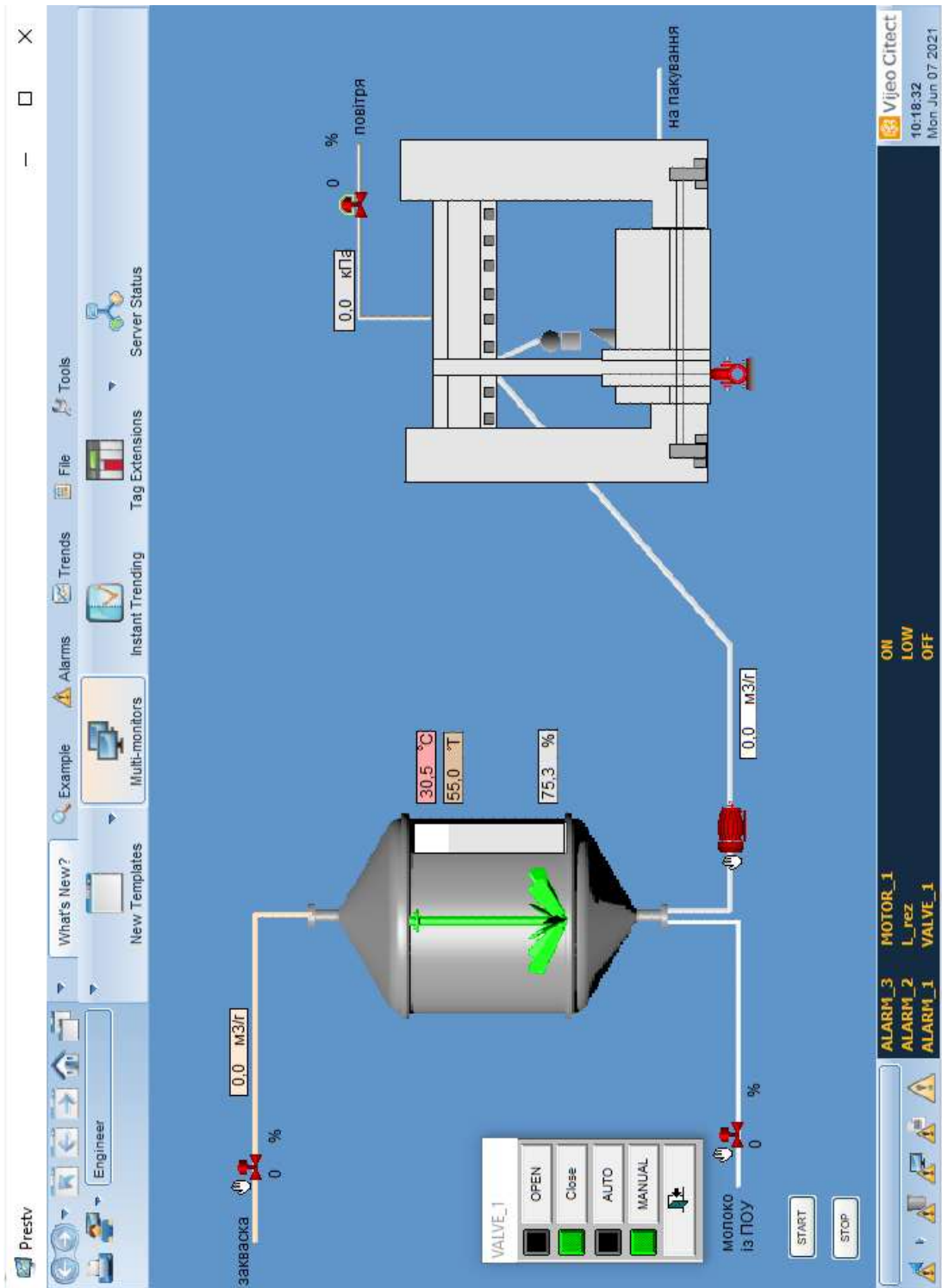


Рис. 6.3. Вікно оператора процесу пресування кисломолочного сиру

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

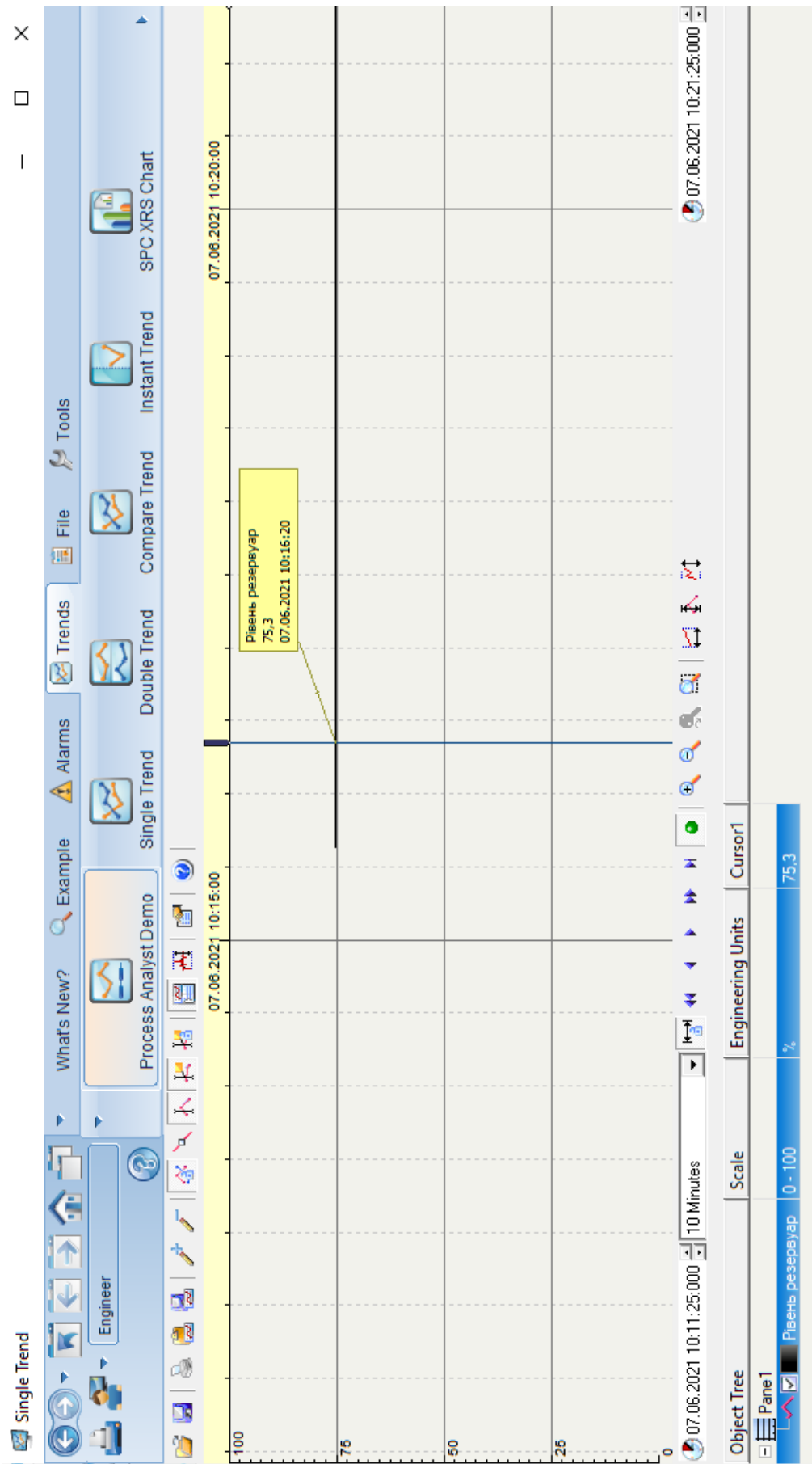


Рис. 6.4. Вікно тренду зміни рівня для сквашування молока

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
| Змін. | Арк. | № докum. | Підпис | Дата |
|       |      |          |        |      |

## РОЗДІЛ 7

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

### 7.1. Дослідження елементарних ланок за встановленими коефіцієнтами

В якості елементарних ланок для дослідження було обрано ланку підсилення, ланку інтегрування та аперіодичну ланку. Дослідити вплив різних значень коефіцієнтів та проаналізувати вигляд графіків.

Проведемо дослідження ланки підсилення (рис. 7.1) при наступних значеннях коефіцієнтах підсилення  $K=1;2;5$ . Вигляд графічних результатів моделювання показано на рис. 7.2, рис. 7.3, рис. 7.4).

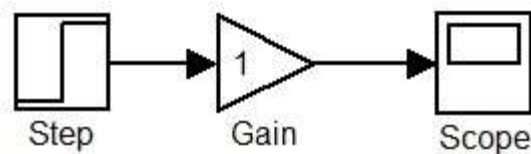


Рис. 7.1. Структурна схема із ланкою підсилення

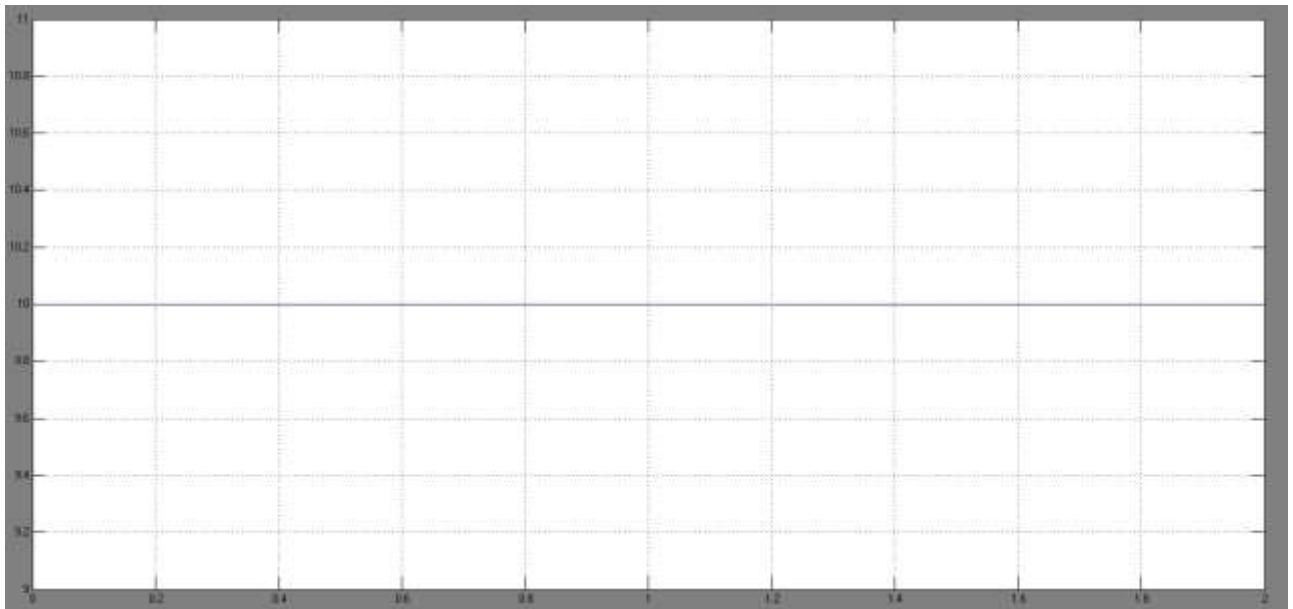


Рис. 7.2. Вигляд процесу із ланкою підсилення при  $K=1$

|           |      |                |        |      | КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  |      |      |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|------|------|---------|
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |      |      |         |
| Розроб.   |      | Дьяченко А.О.  |        |      | Розробка схеми автоматизації технологічного процесу пресування кисломолочного сиру | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Керівник  |      | Міркевич Р.М.  |        |      |  |      | 56   | 5       |
| Зав. каф. |      | Ельперін І.В.  |        |      | НУХТ АК-4-2  |      |      |         |
| Секр. ЕК. |      | Проскурка Є.С. |        |      |  |      |      |         |

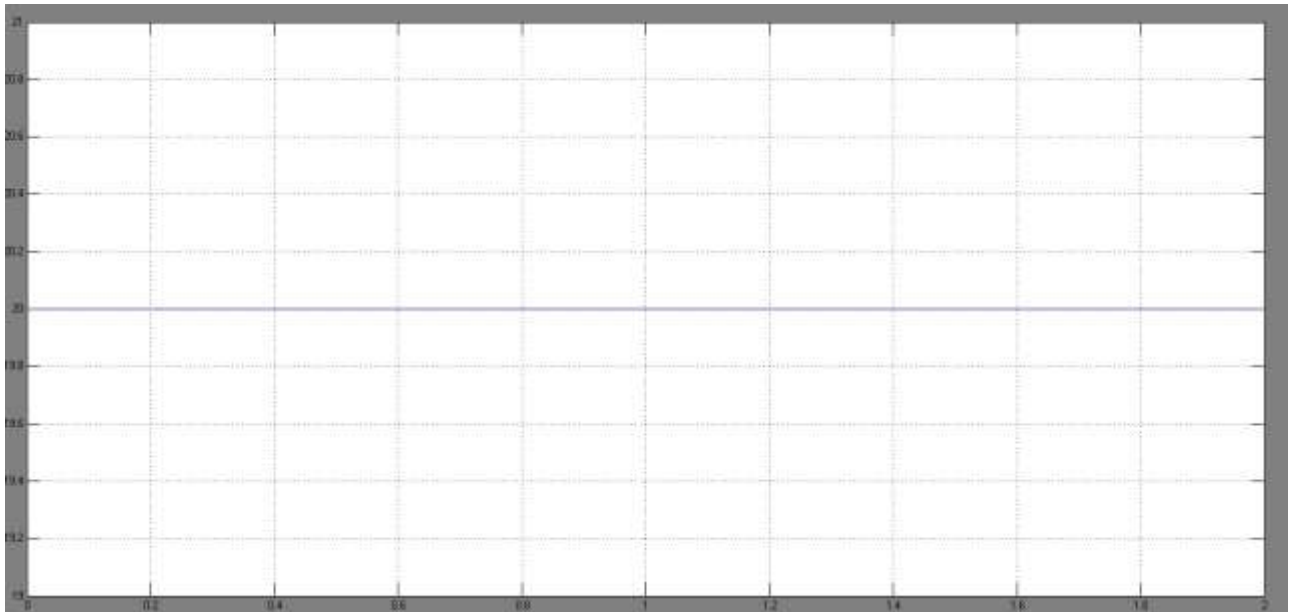


Рис. 7.3. Вигляд процесу із ланкою підсилення при  $K=2$

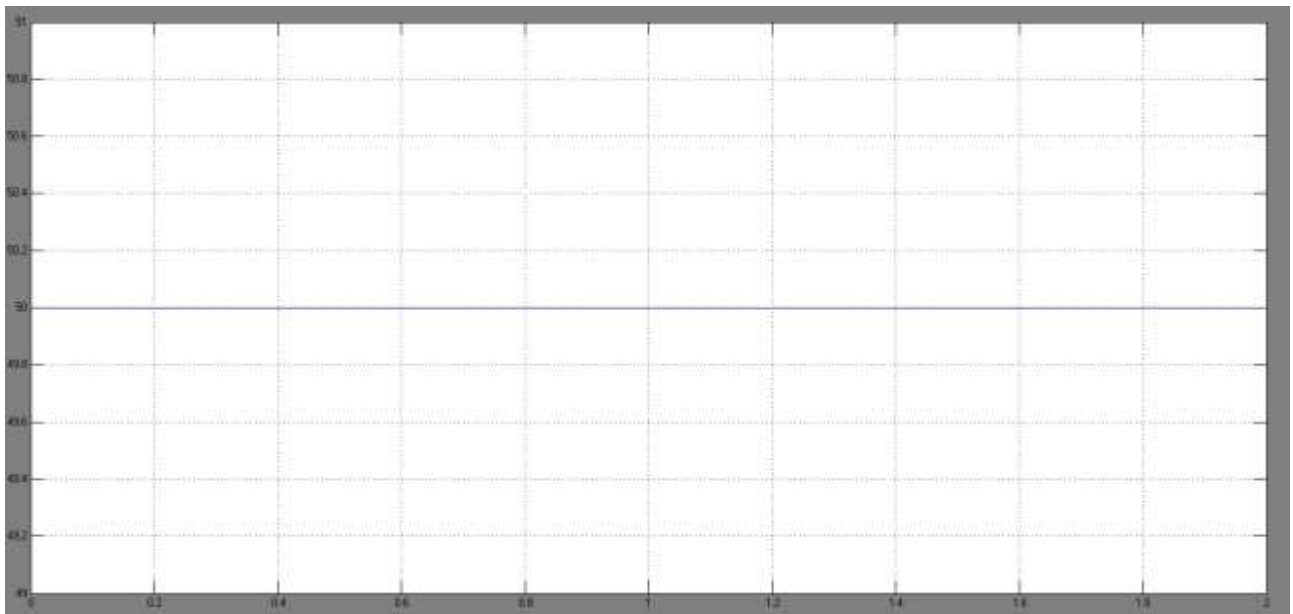


Рис. 7.4. Вигляд процесу із ланкою підсилення при  $K=5$

Як видно з графіків, ланка підсилення при збільшенні коефіцієнта підсилення множить сигнал на відповідне значення.

Проведемо дослідження інтегральної ланки (рис. 7.5) при коефіцієнтах підсилення  $K=1;2;5$  (рис. 7.6, рис. 7.7, рис. 7.8).

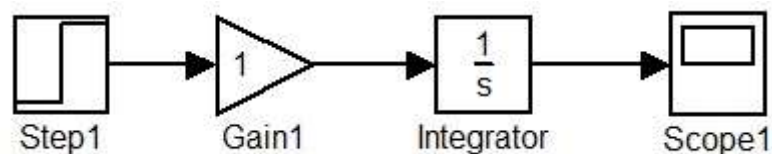


Рис. 7.5. Структурна схема із інтегральною ланкою

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

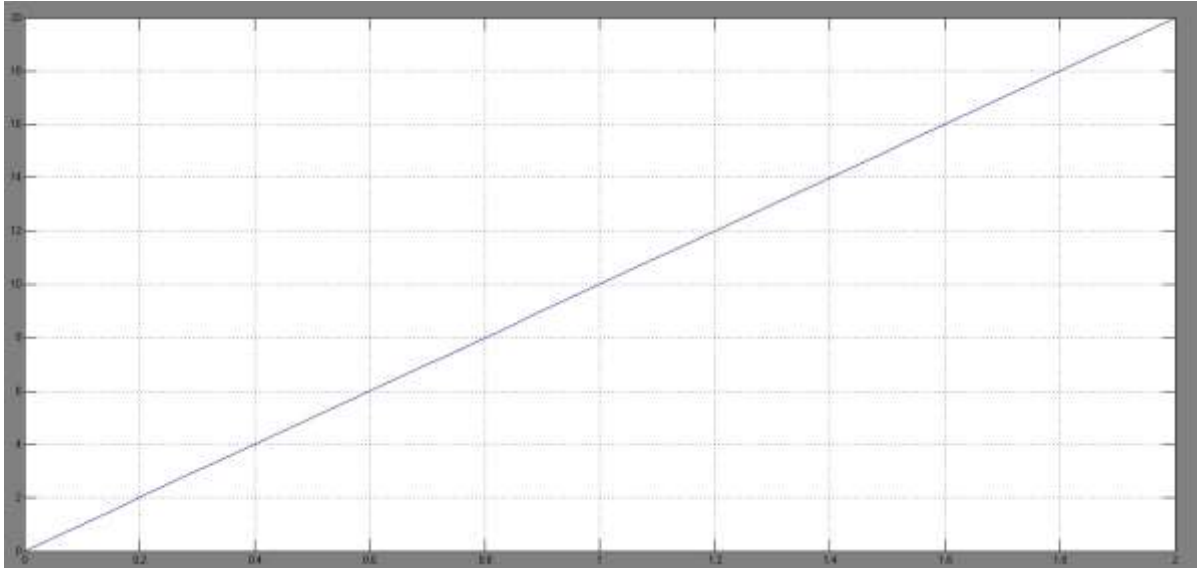


Рис. 7.6. Вигляд процесу із інтегральною ланкою при  $K=1$

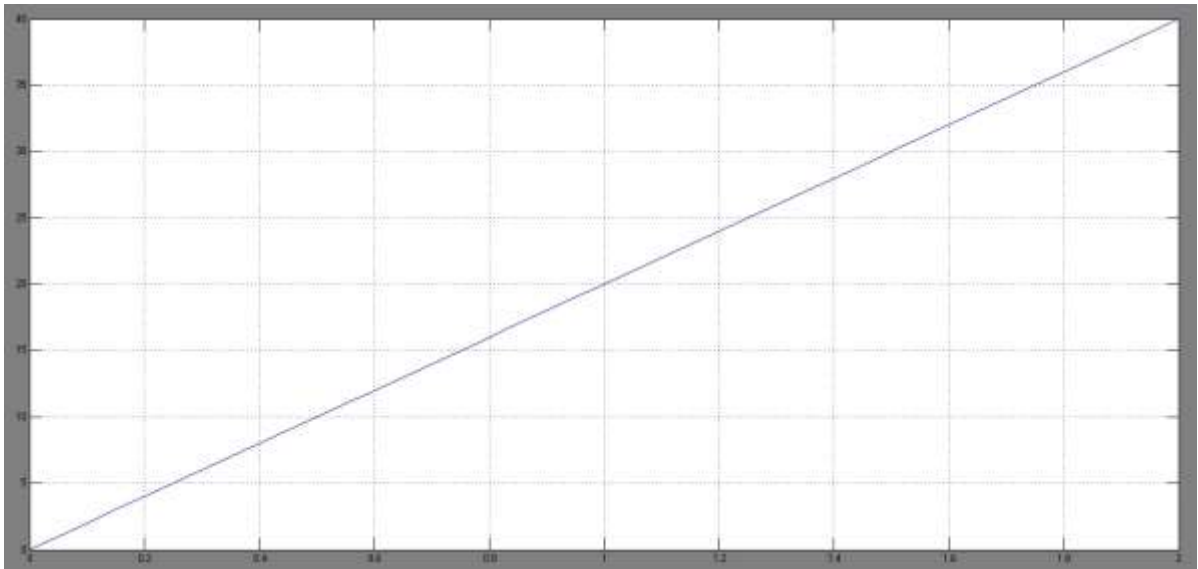


Рис. 7.7. Вигляд процесу із інтегральною ланкою при  $K=2$

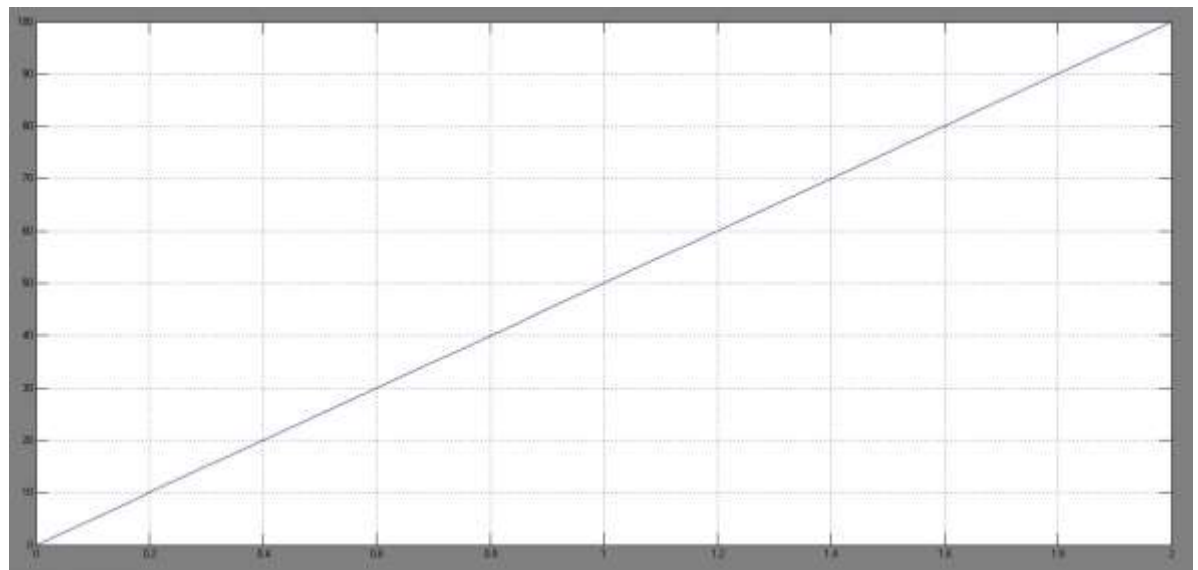


Рис. 7.8. Вигляд процесу із інтегральною ланкою при  $K=5$

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

Як видно з графіків, коефіцієнт в інтегральній ланці впливає на кут нахилу кривої. Чим більший коефіцієнт, тим швидше зростає крива.

Проведемо дослідження аперіодичної ланки (рис. 7.9) при коефіцієнтах підсилення  $K=0,5; 1; 2$ ,  $T=10; 5; 20$  відповідно (рис. 7.10, рис. 7.11, рис. 7.12).

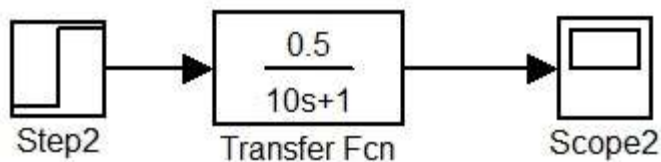


Рис. 7.9. Структурна схема із аперіодичною ланкою

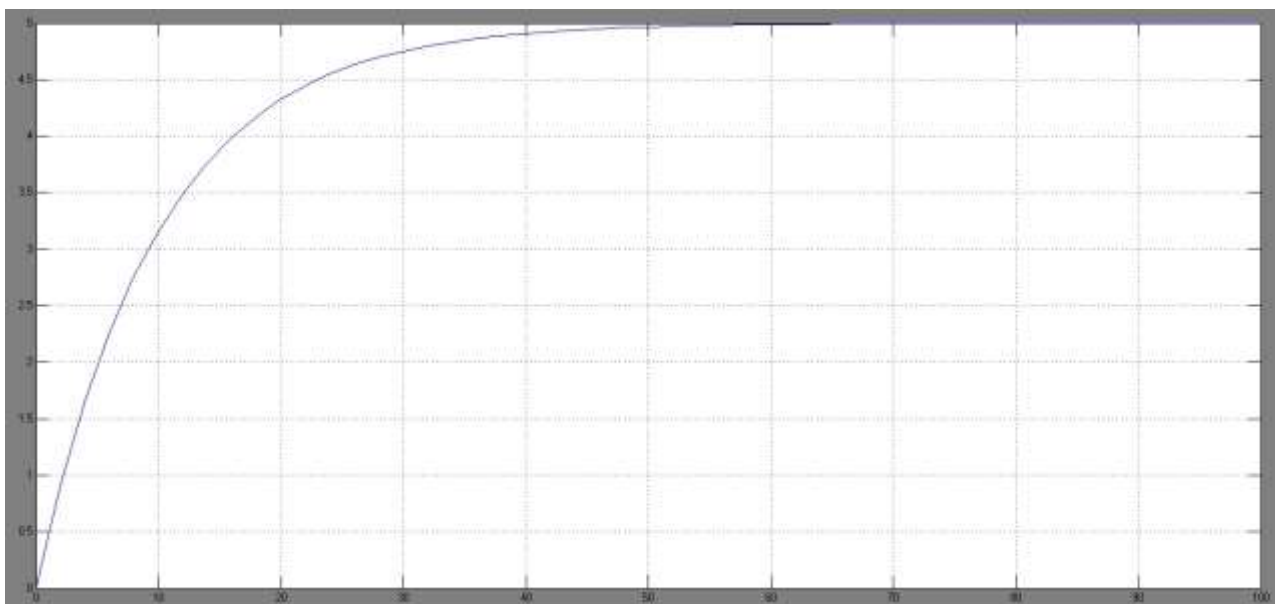


Рис. 7.10. Вигляд процесу із аперіодичною ланкою при  $K=0,5$   $T=10$

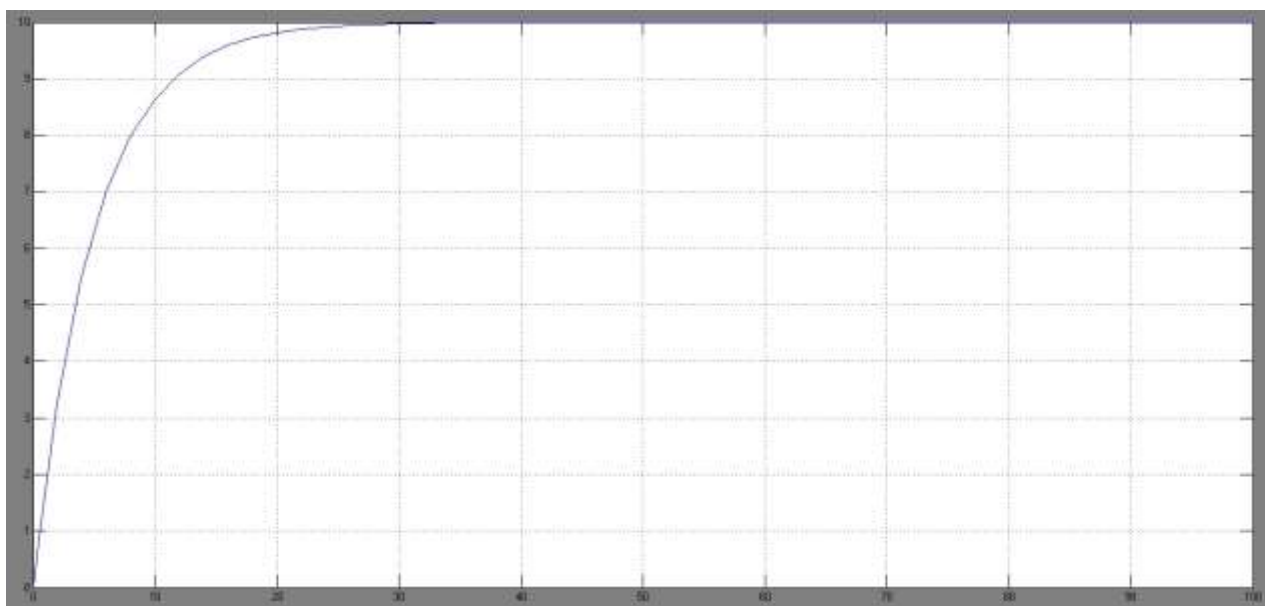


Рис. 7.11. Вигляд процесу із аперіодичною ланкою при  $K=1$   $T=5$

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

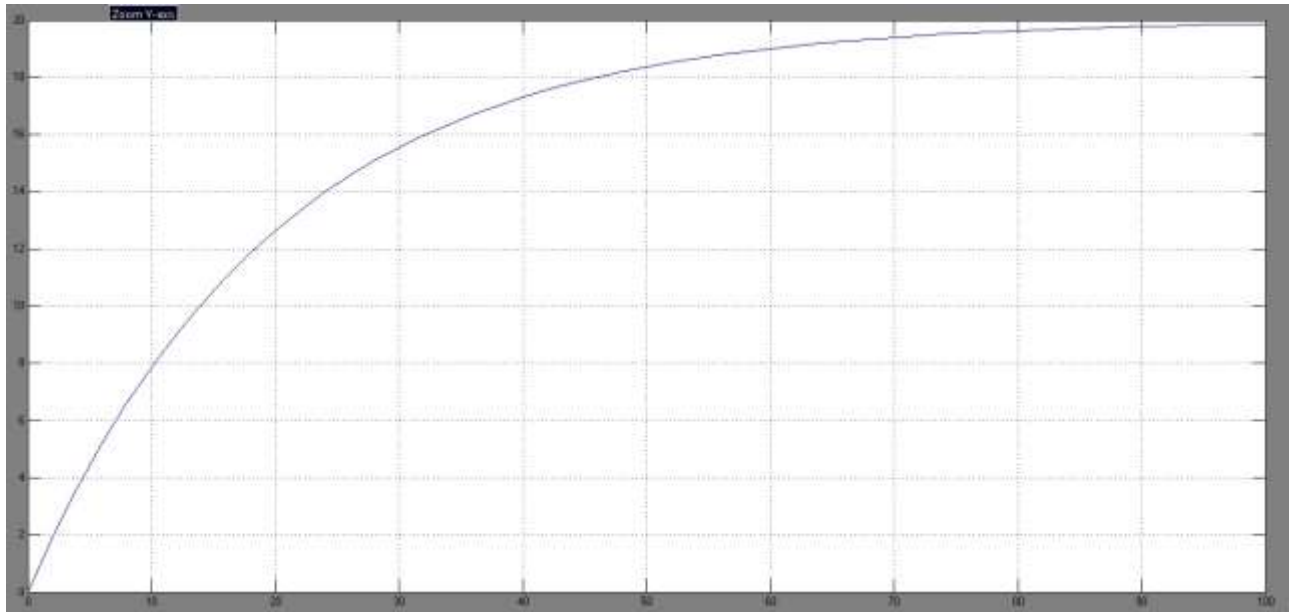


Рис. 7.12. Вигляд процесу із аперіодичною ланкою при  $K=2$   $T=20$

Як видно з графіків, коефіцієнт  $K$  впливає на значення, на яке виходить крива. Чим більше значення  $K$ , тим більше значення, на яке вона виходить.

Стала часу  $T$  впливає на час, за який виходить крива на усталене значення. Чим більше значення  $T$ , тим більше часу потрібно для цього..

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

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розглядається процес пресування кисломолочного сиру.

Відповідно до поставленого завдання:

- розроблені схема автоматизації процесом заквашування молока та пресування кисломолочної суміші, схеми підключення датчиків і виконавчих механізмів до контролера;
- розроблена розширена схема підключення термометра опору Dtrans T100. до ВМХ АМІ 0810 через вторинний показуючий прилад ІТМ-110;
- показано монтаж датчика тиску повітря DMP 331, що використовується для пресування кисломолочної суміші;
- розроблено програмне забезпечення процесом пресування кисломолочного сиру у середовищі Unity Pro, програма описана із використанням мови програмування FBD;
- розроблено мнемосхему головного вікна для оператора-технолога із використанням SCADA-програми Vijeo Citect, де відображаються всі технологічні параметри процесу, тривоги та тренди;
- проведено дослідження елементарних ланок, таких як: ланка підсилення, ланка інтегрування та аперіодична ланка при різних заданих коефіцієнтах.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скорченко Т. А. Технологія незбираномолочних продуктів: Навчал. посіб. / Т.А.Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В.Кочубей. – Вінниця: Нова книга, 2015. – 264с.
2. Скорченко Т.А. Технологія молочних консервів / Т. А. Скорченко. – К: НУХТ, 2017 – 232 с.
3. Грек О. В. Молокопереробка. Інновації : підручник / О. В. Грек, О. О. Красуля ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. – 390 с.
4. Іванов С. В. Молокопереробка. Промисловий інжиніринг : підручник / С. В. Іванов, О. В. Грек, Т. Г. Осьмак ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2017. – 275 с.
5. Кузьмін Є. С. Ефективність інвестицій підприємств молочної промисловості : монографія / Є. С. Кузьмін. – Київ : ІАЕ, 2015. – 254 с.
6. Технологічні комплекси харчових виробництв : навч. посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. – Київ : Сталь, 2017. – 456 с.
7. Технологія сиру: підручник / Ю. Г. Сухенко, Г. Є. Поліщук, Р. Й. Раманаускас, Т. І. Шингарева ; під заг. ред. Ю. Г. Сухенка; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Київ : Компринт, 2015. – 412 с.
8. Панов А. О., Скляр Д. А. Розробка системи автоматизованого керування технологічним процесом виробництва кисломолочного сиру. Режим доступу: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/10334/1/39.pdf>
9. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К.Бабіченко. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2017. – 470 с.
10. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник/ Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П. Лобок. – Вінниця: Нова книга, 2016. – 160 с.
11. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2019. – 832 с.

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

12. Термометр опоры JUMO Dtrans T100. Режим доступу:  
[https://www.kck.ua/dir/control\\_devices/tempe\\_sensor/termometry%20oporu/jumo-dtrans-t100.html](https://www.kck.ua/dir/control_devices/tempe_sensor/termometry%20oporu/jumo-dtrans-t100.html)

13. Датчик серии EA FineTek. Ультразвуковые датчики уровня. Режим доступу: <http://www.rts.ua/rus/catshop/464/0/11934/finetek/>

14. Техническая информация Orbisint CPS11 и CPS11D. Режим доступу:  
[http://tekhar.com/Programma/Endress\\_Hauser/Analyze/Orbisint%20CPS11%20%D0%B8%20CPS11D.pdf](http://tekhar.com/Programma/Endress_Hauser/Analyze/Orbisint%20CPS11%20%D0%B8%20CPS11D.pdf)

15. Руководство по эксплуатации Liquisys M CPM223/253 Преобразователь для датчика рН и окислительно-восстановительного потенциала. Режим доступу:  
<https://portal.endress.com/wa001/dla/5000207/9829/000/00/BA194C07ru1205.pdf>

16. SITRANS FC430. Режим доступу:  
[https://kiptm.ru/images/Production/siemens/sitrans\\_f\\_c/sitrans-FC430-HART-manual-RUS.pdf](https://kiptm.ru/images/Production/siemens/sitrans_f_c/sitrans-FC430-HART-manual-RUS.pdf)

17. Вихревой расходомер - OPTISWIRL 4200. Режим доступу:  
<https://ua.krohne.com/ru/pribory/izmerenie-raskhoda/raskhodomery/vikhreveye-raskhodomery/optiswirl-4200/>

18. Датчик тиску DMP 331. Режим доступу:  
[http://www.bdsensors.ua/pdf/operation/op-dmp\\_lmp331.pdf](http://www.bdsensors.ua/pdf/operation/op-dmp_lmp331.pdf)

19. ITM-110. Одноканальный микропроцесорний індикатор. Режим доступу:  
[http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=garden\\_flypage.tpl&product\\_id=146&category\\_id=38&option=com\\_virtuemart&Itemid=71](http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=146&category_id=38&option=com_virtuemart&Itemid=71)

20. Карпин Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Б. Карпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 2016. - 536 с.

21. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко. – Київ: НУХТ, 2014. – 274 с.

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

22. Методы классической и современной теории управления. Учебник в пяти томах. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – т.1. – 654 с.
23. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2016. – 844 с.
24. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2019. – 944 с.
25. Попович М.Г Теорія автоматичного керування: Підручник./ М.Г. Попович., О.В. Ковальчук -К.: Либідь, 2017.
26. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник./ В.Г. Трегуб – К.: НУХТ, 2016 – 139 с.
27. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Київ: Ліра-К, 2017. – 378 с.
28. Ельперін І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. Навчальний посібник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена. – Київ: Ліра-К, 2017. – 376 с.
29. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие./ Ю.Н.Фёдоров М.: - Инфра-инженерия, 2018. – 928 с.,12 ил.
30. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник./Дж. Фрайден Москва: Техносфера, 2015. – 592 с.
31. Ростовський В.С. Системи технологій харчових виробництв. Навчальний посібник./ В.С. Ростовський, А.В. Колісник – К.: Кондор, 2018. – 215.

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