

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Автоматизація процесу підготовки молока при виробництві

кисломолочних продуктів»

«Automation of milk preparation process in the production of fermented milk products »

Виконав: студент 2 курсу, групи 2Ас
спеціальність 174 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

Мулярчук К.Є

Керівник: к.т.н., доцент Єдинович М.Б.

Рецензент д.т.н, проф. Литвиненко В.І

Хмельницький – 2025 рік

Херсонський національний технічний університет

Факультет

Інженерії та транспорту

Кафедра

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень

бакалавр

Напрямок підготовки

174 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри автоматизації, робототехніки і

Селіверстов І.А.,

«___» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Мулярчук Кирило Єфраїмович

1. Тема проекту: *Автоматизація процесу підготовки молока при виробництві*
Automation of milk preparation process in the production of fermented milk products

керівник проекту: к.т.н, доцент Єдинович М.Б.

затверджена наказом вищого навчального закладу від 27.01.2025 р. № 23-с

2. Строк подання студентом проекту «10» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту: *Об'єкт автоматизації, характеристики технологічного комплексу, SCADA Citect 7.2*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. *Технології і обладнання для виробництва кисломолочних продуктів*

2. *Технологія підготовки молока*

3. *Розрахунок САР температури*

4. *Проектне компонування контролера та схеми підключення*

5. Перелік графічного матеріалу:

1. *Демонстраційний плакат «Лінія виробництва кисломолочних продуктів» 1 арк. А1*

2. *Демонстраційний плакат «Технологічне обладнання» 1 арк. А1*

3. *Демонстраційний плакат «Технологічна схема приймання молока» 1 арк. А1*

4. *Демонстраційний плакат «Технологічна схема приймання молока» 1 арк. А1*

5. *Демонстраційний плакат «Структурна схема АСУТП приймання молока» 1 арк. А1*

6. *Демонстраційний плакат «SCADA Citect 7.2» 1 арк. А1*

7. *Креслення «Схема автоматизації» 1 арк. А1*

8. *Демонстраційний плакат «Моделювання САР температури без запізнення» 1 арк.*

9. *Демонстраційний плакат «Компенсація запізнення САР температури» 1 арк. А1*

6. Дата видачі завдання « 03 » березня 2025 р.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Єдинович М.Б., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання

«03» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	15.03.25	
2	Аналіз технології виробництва та вибір об'єкта автоматизації	01.04.25	
3	Розробка структурної і функціональної схеми АСУ, проєктування SCADA	15.04.25	
4	Розрахунок САР	30.04.25	
5	Оформлення пояснювальної записки	20.05.25	
6	Підготовка графічної частини	31.05.25	
7	Оформлення ПЗ і графічного матеріалу	06.06.25	

Студент

Мулярчук К.Є.

Керівник проекту

Єдинович М.Б

(підпис)

[illegible]

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота молодшого бакалавра: 61 сторінок, 34 рисунки, 3 таблиць. Графічна частина – 8 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва кисломолочної продукції.

Ціль роботи – Підвищення якості молочних продуктів за рахунок впровадження сучасних методів побудови систем керування.

У даному дипломному проєкті наведені схеми і технологічні карти процесу термізації молока.

Крім цього проведений розрахунок якісних показників молока. Проведено вдосконалення принципу автоматизації термізатора.

Розроблено функціональні, структурні і принципові схеми системи автоматизації керування процесом підготовки молока при виробництві молочної продукції.

ТЕХНОЛОГІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕРМІЗАТОР, ТЕРМІЗАЦІЯ, СХЕМА, РІВЕНЬ, ТЕМПЕРАТУРА, ЖИРНІСТЬ, ОБ'ЄМ.

					ХНТУ 174.КРБ.25.023РФ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Junior Bachelor's qualification work: 61 pages, 34 figures, 3 tables. Graphic part – 8 sheets of A1 format.

The object of the study is the technological process of production of fermented milk products.

The purpose of the work is to improve the quality of dairy products by implementing modern methods of building control systems.

This diploma project presents schemes and technological cards of the milk thermization process.

In addition, the quality indicators of milk were calculated. The principle of the thermizer automation was improved.

Functional, structural and principle diagrams of the milk preparation process automation control system during the production of dairy products were developed.

TECHNOLOGY, AUTOMATION, THERMIZATOR, THERMIZATION, SCHEME, LEVEL, TEMPERATURE, RICHNESS, VOLUME

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.023РФ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повне найменування роботи

Автоматизація процесу підготовки молока при виробництві кисломолочних продуктів

2 ПРИЗНАЧЕННЯ І МЕТА СТВОРЕННЯ РОЗРОБКИ

2.1 Призначення розробки

Розробка АСУ ТП підготовки молока.

2.2 Мета створення розробки

Підвищення продуктивності, надійності та техніко-економічних показників процесу підготовки молока.

3 ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ

3.1 Добір, вивчення та узагальнення науково-технічної документації.

3.2 Вибір напрямку дослідження.

3.3 Обґрунтування прийнятого напрямку дослідження.

3.4 Теоретичний пошук, виконання розрахунків і досліджень принципових питань.

3.5 Розроблення документації.

3.6 Складання висновків за результатами досліджень.

3.7 Підготовлення комплексу звітної документації.

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА	
КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ	12
1.1. Технологія виробництва кисломолочних продуктів	12
1.1.1 Виробництво кисломолочних продуктів резервуарним методом.	13
1.1.2. Виробництво кисломолочних продуктів термостатним методом	14
1.1.3. Технологія виробництва кислого молока, ряжанки, варенця	15
1.2. Устаткування для виробництва кисломолочних продуктів	16
1.3. Основні обладнання технологічної лінії	17
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ МОЛОКА	28
2.1 Технологічна схема прийому молока	28
2.2. Автоматизована система управління технологічним процесом	
молокоприймального цеху	29
2.3. Принципи побудови та склад системи управління	30
2.4. Програмне забезпечення	31
2.5. Опис функціональної схеми автоматизації ділянки приготування	
молока	35
РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ САР	36
3.1 Розрахунок системи автоматичного контролю температури	36
3.2 Побудова замкнутої системи з ПІ-регулятором	38
3.3 Вплив затримок у трубопроводі на якість регулювання	39
3.4. Компенсація затримок за допомогою випереджувача Сміта	40
3.5 Порівняльне моделювання трьох структур	42
Розділ 4. Проектне компонування промислового логічного	
контролера та схеми підключення	45
4.1 Проектне компонування промислового логічного контролера	45

4.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	48
ВИСНОВОК	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
Додаток А	54
Додаток Б	55
Додаток В	56
Додаток Г	57
Додаток Д	58
Додаток Е	59
Додаток Ж	60
Додаток З	61

Вступ

При виробництві кисломолочних продуктів значну роль відіграють операції технологічного циклу приймання, нормалізації, охолодження та зберігання молока. Оскільки молоко надходить з коліс і значно мінімізувати час затримки між прийомом молока і його надходженням при переході проміжного зберігання в охолоджену стані. Інтенсифікація процесів приймання і підвищення точності контролю дозволяють знизити технологічні втрати. Однак високі вимоги до підтримки температурного режиму і значні транспортні затримки в трубопровідних системах підприємства ускладнюють створення якісних систем управління.

Контролери, що використовуються в даний час в автоматизованій системі управління технологічними процесами молокозаводу, мають програмне забезпечення з ПІ-законом регулювання, що в разі значних транспортних затримок значно збільшує час регулювання, що знижує точність підтримки температури і в кінцевому підсумку призводить до збільшення технологічних втрат продукту. У проекті розглянуто особливості впровадження сучасної автоматизованої системи управління процесом для ділянки приготування молока та розроблено методики підвищення точності регулювання температури теплообмінника.

					<i>ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

1.1. Технологія виробництва кисломолочних продуктів

Кисломолочні продукти - це продукція, отримана з цільного, знежиреного, стандартизованого молока або вершків шляхом введення заквасок і створення умов для сквашування нормованої суміші і отримання згустка. Кисломолочні продукти мають цінні дієтичні та лікувально-профілактичні властивості. Вони містять всі компоненти молока, але в більш засвоюваному вигляді. В результаті життєдіяльності заквасочної мікрофлори продукту виділяються такі речовини, як молочна кислота, спирт, вуглекислий газ, антибіотики, вітаміни, які благотворно впливають на організм людини, нормалізують діяльність шлунково-кишкового тракту, перешкоджають розвитку патогенної мікрофлори, підвищують імунітет.

Асортимент кисломолочних напоїв

- Кефір
- Біокефір
- Простокваша звичайна
- Простокваша Мечниковська
- Ацидофільна кисле молоко
- Ряжанка
- Варенець
- Йогурт
- Біойогурт
- Сніжок
- Кумис
- Айран

Існують два способи отримання кисломолочних продуктів: резервуарний та термостатний

1.1.1 Виробництво кисломолочних продуктів резервуарним методом.

Схема технологічного процесу містить такі технологічні переходи:

- Приймання сировини
- Охолодження, резервування
- Підігрів
- Очищення, нормалізація
- Підігрів
- Гомогенізація
- Пастеризація
- Охолодження до температури заквашування
- Заквашування
- Сквашування
- Охолодження
- Дозрівання (або без дозрівання)
- Охолодження
- Розлив
- Зберігання до реалізації

Приймання молока здійснюється відповідно до ГОСТ 13264-88.

Молоко охолоджують до 4°C, щоб не допустити розвитку мікрофлори і псування молока. Резервування молока не повинно тривати більше 8 годин. Перед чищенням молоко підігрівають до 40 ... 45 ° С. Нормалізація молока по масовій частці жиру проводиться в потоці або шляхом змішування. Стандартизоване молоко гомогенізують з метою усунення жирового осідання, отримання продукту з однорідною консистенцією. Пастеризація проводиться при температурі 90...95°C протягом 300 секунд. Пастеризовану стандартизовану суміш охолоджують до температури бродіння. Ферментація проводиться спеціально підібраними заквасками з термофільних або мезофільних молочнокислих бактерій, біфідобактерій. Залежно від виду продукту і закваски тривалість бродіння становить 3... 12 годин, температура бродіння 20... 43 ° С. Для кефіру, в складі якого є дріжджі, необхідно дозрівати протягом 10-12 годин,

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		13

протягом яких відбувається формування специфічного смаку продукту. Готовий виріб охолоджують і відправляють на розлив у пляшки.

1.1.2. Виробництво кисломолочних продуктів термостатним методом.

Схема технологічного процесу:

- Приймання сировини
- Охолодження, резервування
- Підігрів
- Очищення, нормалізація
- Підігрів
- Гомогенізація (не є обов'язковою при даному способі виробництва)
- Пастеризація
- Охолодження до температури заквашування
- Заквашування
- Перемішування
- Розлив у тару
- Сквашування в термостатній камері
- Охолодження
- Дозрівання (або без дозрівання)
- Зберігання до реалізації
- Охолодження
- Дозрівання (або без дозрівання)
- Зберігання до продажу

Після пастеризації молоко охолоджується до температури бродіння і надходить в ємність разом з закваскою. Суміш ретельно перемішується мішалкою протягом 15-20 хвилин і надходить на лінію розливу. Час наповнення одного резервуара не повинно перевищувати 30 хвилин.

Розлита і закупорена ферментована суміш надходить в термостатичну камеру, температура повітря в якій підтримується на рівні температури бродіння певного кисломолочного продукту. 8°C, де при такій температурі охолоджується. У разі необхідності продукт тут дозріває.

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

Резервуарний метод є більш економічним. При резервуарному способі підвищення ефективності використання площі виробництва, знижуються витрати на виробництво готового продукту. Гомогенізація є обов'язковою у зв'язку з тим, що бродіння здійснюється у великих ємностях і це необхідно для запобігання осідання жиру.

Крім того, гомогенізація дозволяє дещо підвищити в'язкість готового продукту, що важливо, адже при такому способі виробництва продукт має порушену консистенцію через перекачування сиру насосами для начинки.

1.1.3. Технологія виробництва кислого молока, ряжанки, варенця

Його виробляють пласовим і термостатичним способами з пастеризованого молока, стерилізованого, ряженого чистими культурами молочнокислих бактерій, табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Особливості технології

Операція	Ознака
Термічна обробка нормованої суміші	для кислого молока: 85-87°C 10 хв, для ряжанки 95-99°C 3-5 годин, для варенця 95-99°C 40-80 хв
Охолодження до температури бродіння	охолодження суміші до 41-45°C
Бродіння	Закваска бродіння в кількості 1-3%, для йогурту, ряжанки: чисті культури болгарської палички і термофільного стрептокока для варенця: чисті культури термофільного стрептокока
Бродіння	тривалість бродіння 3-6 годин до утворення згустка 75-80°C
Перемішування, охолодження, дозрівання	Перемішування 30-40 хв. охолодження до 4±2°C. Період дозрівання становить 9-13 годин.

1.2. Устаткування для виробництва кисломолочних продуктів

Компанія розробляє і виготовляє різні модифікації агрегатів (ліній, установок) для харчової, косметичної, фармацевтичної, хімічної та інших галузей промисловості.

Наводиться технологічна схема ділянки з виробництва кисломолочних продуктів з використанням термостатичного методу. Особливість використовуваних пристроїв полягає в їх високій продуктивності і з урахуванням вимог до монтажу систем контролю і регулювання.

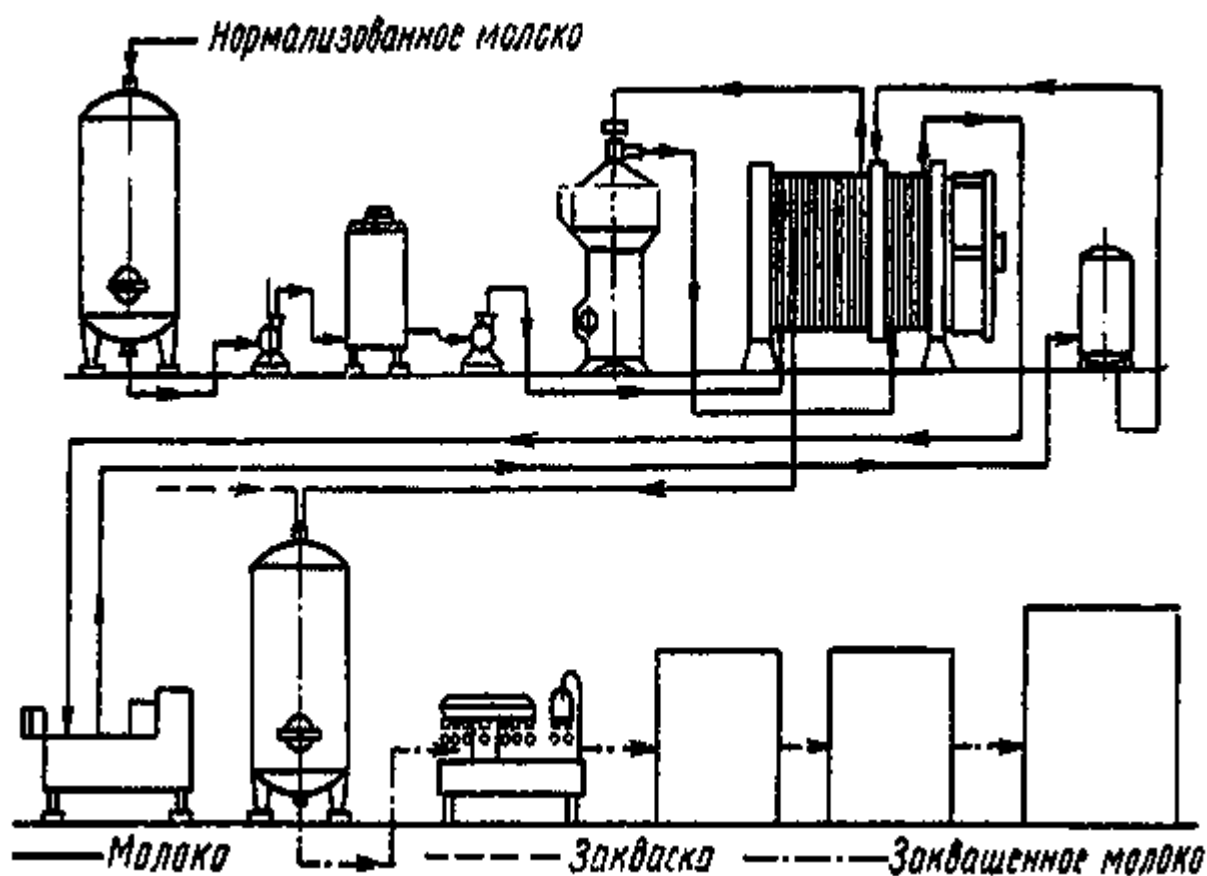


Рисунок 1.1 - Лінія для виробництва кисломолочних продуктів термостатним методом

• Склад лінії

Резервуар для зберігання молока

Гомогенізатор

Насос для молока

Ємність для сквашування молока

Проміжний бак

Машина для розливу молока

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

16

Сепаратор-очишувач молока

Термостатична камера

Машина для пастеризації пластин

Холодильна камера

Тримач для пастеризованого молока

Зберігання готової продукції

1.3. Основні обладнання технологічної лінії

Пастеризаційна ванна

Вона призначена для пастеризації молока, приготування кисломолочних продуктів і промислових заквасок.

Ванна складається з ванни, системи трубопроводів і шафи управління.



Рисунок 1.2 - Пастеризаційна ванна.

Специфікації.

Ім'я

Робоча ємність, м3

0,6

Спожита електроенергія, кВт·год	0,55
Надлишковий тиск пари в трубопроводі, МПа	0,1
Температура холодоагенту, °С	2 ... 3
Час автоматичної підтримки температури пастеризації 95 °С, с	5400
Витрата пари (по конденсату) на нагрів продукту, кг/год	80
Витрата води на охолодження продукту, м ³ /год	3
Номінальний прохід трубопроводу для подачі парової і крижаної води, мм	25
Габаритні розміри ванни, мм	1880 x 1410 x 1660
Габаритні розміри шафи управління, мм	540 x 460 x 535
Загальна вага, кг	535
Вага шафи управління, кг	55

Гомогенізатор рис. 1.3.

Гомогенізатор дозволяє проводити одночасне диспергування, гомогенізацію і перекачування продукту зі збільшенням тиску на виході.



Рисунок 1.3 - Гомогенізатор.

Особлива конструкція гомогенізатора (дві робочі камери), особлива геометрія корпусу (без «мертвих зон») і обертові робочі органи забезпечують

високу продуктивність. Використовувані матеріали гігієнічні, конструкція гомогенізатора практична в експлуатації.

Гомогенізатор має високу продуктивність, дозволяє отримувати високостабільні емульсії і суспензії, забезпечує ступінь гомогенізації 80%, розмір частинок до 2 мкм. Може бути інтегрований в існуючі лінії.

Специфікації

Назва	5,5 *	7,5 **	11	15	22
Витрата (по воді), м3/год, не менше	7	10	13	20	26
Напір, м води. вул., не менше	20	25	32	34	40
Частота обертання ротора, об/хв	3000				
Номінальна напруга, В	380				
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	7,5	11	15	22
Маса, кг, не більше	42	58	65	75	89
Матеріал шляху потоку	AISI				

Ціна, грн

Лопатевий (шиберний) насос НЛ, рис. 1.4.

Призначення: Лопатевий (шиберний) насос НЛ призначений для перекачування в'язких, пластичних мас (глазурі, пюре, патоки, пралінових мас, згущеного молока) та інших різних рідин. Застосовується в харчовій, хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості.

Принцип роботи: Робочий орган насоса виконаний у вигляді ексцентрично розташованого ротора з поздовжніми радіальними канавками, в яких ковзають плоскі пластини (слайди) і притискаються до статора під дією відцентрової сили.

Так як ротор розташований ексцентрично, то при його обертанні пластини, перебуваючи в безперервному контакті зі стінкою кожуха, входять в ротор, потім виходять з нього. Під час роботи насоса на стороні всмоктування утворюється розрідження і перекачувана маса заповнює простір між пластинами і далі нагнітається в нагнітальну трубу.



Рисунок 1.4. - Насос лопатевий.

Резервуари для низькотемпературної обробки продуктів густої консистенції від 0,5 до 100 м³ (рис. 1.5). Ємності для темперування 0,5-30 м³, кристалізатори СІР промивки 1-2-3 і більше контурного виконання в автоматичному та напівавтоматичному режимах Пастеризаційні та охолоджувальні установки Ванни для тривалої пастеризації 0,5-50 м³ Ванни для тривалої пастеризації продуктів густої консистенції 0,5-50 м³. Ванни для дозрівання кисломолочних продуктів Ванни стандартизації крему 0,5-25 м³ Ванни для приготування суміші 0,5-25 м³

Назва	НП-0,55	НП-2,2
Продуктивність, л/хв	8	33
Тиск нагнітання, МПа	2	2
Потужність, кВт	0,55	2,2
Зовнішній діаметр патрубків, всмоктування і нагнітання, мм	DN32	DN32
Габаритні розміри, мм	410ø230ø240	410ø230ø240
1.1.1 Маса, кг, не більше	10	10

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

20



Рисунок 1.5 - Ємності для низькотемпературної обробки продукції

Цистерни (вертикального типу) для зберігання молока В2-ОМВ-2,5, В2-ОМВ-6,3 Циліндрична посудина складається з внутрішнього і зовнішнього корпусу - виготовлена з високоякісної листової сталі. Простір між корпусами заповнюється теплоізоляційним матеріалом. У верхній частині бака є миючий пристрій, датчик верхнього рівня, повітряний клапан і оглядове вікно. У нижній частині цистерни є змішувальний пристрій, датчик нижнього рівня молока, опори. Бак наповнюється і спорожняється через нижню насадку. Перемішуючий пристрій включається автоматично або вручну кожні 4 години. Після інтенсивного перемішування протягом 15 хвилин різниця жирності молока в різних точках резервуара становить не більше 0,1%. Специфікації:

- Марка танка В2-ОМВ-2,5 В2-ОМВ-6,3
- Місткість, м³ геометричні робочі 2,7 - 2,5 - 6,9 -6,3
- Внутрішній діаметр, мм 1300 – 2000.
- Підвищення температури продукту протягом 24 годин при різниці температур молока і навколишнього повітря на 30°C, 2°C.
- Діаметр номінального отвору заливного штуцера, мм 50
- Тип ежектора мішалки
- Розміри люка, мм 500х400
- Габаритні розміри, мм 1600х1640х3165 2324х2280х2855
- Вага, кг 620 - 1290.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

21



Рисунок 1.6. - Цистерна (вертикального типу) для зберігання молока

Сепаратори-молокоочисники MAXCLEAN 40T, рис. 1.7.

Він призначений для очищення молока від механічних домішок і молочного слизу з відцентровим відведенням осаду. Він входить до складу автоматизованих молочних заводів з пастеризації та охолодження х пластин



Рисунок 1.7 - Сепаратор-молокоочисник

Блок пастеризації та охолодження пластин, рис. 1.8.

Установка пастеризації та охолодження пластин AFO призначена для пастеризації, регенерації та охолодження вершків у безперервному тонкошаровому закритому потоці з автоматичним контролем, регулюванням та

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

22

реєстрацією параметрів процесу. Агрегат застосовується на підприємствах маслоробної промисловості в складі ліній з виробництва вершкового масла.

Комплектпоставки:

- Пластинчастий апарат "Протемол" або "Альфа-Лаваль";
- Приймальний бак;
- Система підготовки теплоносія (котел-інжектор або на основі теплообмінника з паяних мідних трубок);
- Клапан з пневматичним приводом «обратка» і «циркуляція»;
- Консоль управління;
- Гвинтовий насос для вершків;
- Трубопроводи та клапани виробів AISI304, стандарт DIN;
- Експлуатаційна документація.



Рисунок 1.8. - Блок пастеризації та охолодження пластин

Специфікації:

Продуктивність, л/год	до 3000
Жирність вершків, %	до 40
Температура вихідних вершків, С	45
Температури подачі до гомогенізатора, С	65...70

Температура пастеризації вершків, С	95
Температура охолодження вершків, С	6...12
Первинний теплоносіє	Пар
Тиск пари перед установкою, кгс/см ²	до 3,5
Холодоагент	крижана вода
Початкова температура крижаної води, С	0-2
Частота вживання крижаної води	3,33
Витрата пари, кг/г	58
Маса одиниці, кг, не більше	1100

2 Модуль прийому молока

Призначення: Приймальний модуль призначений для фільтрації, розділення повітря, обліку кількості, охолодження та розподілу по групах молочних цистерн, що надходять для виробництва в молоковозі.

Переваги: Відповідає європейським стандартам часу охолодження молока (1 година) і точності обліку - 0,25%;- Технологічно і інженерне рішення, що не вимагає додаткового обладнання; - Захист від перевищення робочого тиску;- Автоматичний байпас холодного молока (програмований);- Сучасне обладнання; - Простота обслуговування, зрозумілість і програмованість процесу приймання (пульт управління з мімічною схемою);

- Адаптується до будь-якого виробничого приміщення та сервісного середовища;
- Економія на холодильній техніці в порівнянні з альтернативними методами охолодження.

Комплект поставки: 1. Рама на регульованих по висоті опорах; 2. Пластинчастий охолоджувач; 3. Самовсмоктуючий насос; 4. Пульт управління з імітацією схеми та індикацією входу/виходу Т; 5. Об'ємний витратомір Danfoss, 0,25%; 6. Вихідний 3-х контурний колектор;. Комплект фітингів за стандартом DIN, пневматичний клапан.

Опції та можливості:

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		24

Поставка разом з холодильною технікою (гвинтові напівгерметичні компресори, акумулятори холоду або панельні випарники, повітряні конденсатори);- Дооснащення імпортом сепаратором холодного очищення молока; - Установка імпортного самовсмоктуючого насоса; - Установка пластинчастого охолоджувача на плиту M10M («Альфа-Лаваль»), матеріал пластини AISI 316, з ущільнювачами типу «кліпса» з матеріалу NBR. Установка імпортних клапанів SRC «Alfa-Laval» або DCX4 "Definox", з ущільненнями прохідних клапанів з матеріалу EPDM8 і деталями, що контактують з продуктом, з матеріалу AISI 316L.



Рисунок 1.9. - Модуль прийому молока

Технічні характеристики

Значення

Продуктивність, л/год 10 000....50 000

Точність обліку молока по ГОСТ-
2004 0.25%

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

25

Спосіб охолодження молока	в потоці, в 1 прохід
Температура молока, що надходить, °С	+30...34
Температура охолодження, °С	+4
Холодоагент	Циркулююча крижана вода, +1° С або перероблена водопровідна вода + крижана вода
Відбір тепла на 10000 л, кВт	322
Частота подачі холодоагенту	3...3.5
Температура холодоагенту на виході, °С	7...8
Система управління	Пневмоелектричні
Встановлена потужність, кВт	до 10
Габаритні розміри, мм	2200÷1200÷1950

Автоматична машина для розливу та пакування молока та кисломолочних продуктів

Технічні характеристики:

Виробництво: 2500 упаковок/год;

Об'єм дози: 0,02 - 1,0 л;

Точність дози: ГОСТ Р 8.579;

Габарити Пакета ДхШ: 50...260 x 150 мм;

Споживана потужність: до 3,5 кВт;

Напруга: 220 В;

Витрата повітря: 500 л/хв;

Розміри ДхШхВ: 2500 x 1800 x 2500 мм;

Вага: 600 кг;

Машина для наповнення та пакування SBi-150-F: Машина спеціально розроблена для молочних підприємств (Executor. IP65) для дозування та упаковка молока, сметани, кефіру тощо.

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		26

Виробляє: 2500 пачок/год - наповнення в закритому, очищеному, іонізованому середовищі - повністю нержавіюча сталь - вбудована мийка прямого і зворотного ходу - щелепи безперервного нагрівання з високим терміном служби - аксесуари. FESTO, OMRON - Датчик фототегів – Контроль дозування - Інтелектуальна система виявлення несправностей - Спрощена система заправки плівки

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ МОЛОКА

2.1 Технологічна схема прийому молока

Зони прийому молока для сільської місцевості і безпосередньо на переробних підприємствах мають технологічну схему, представлену на рис. 2.1.

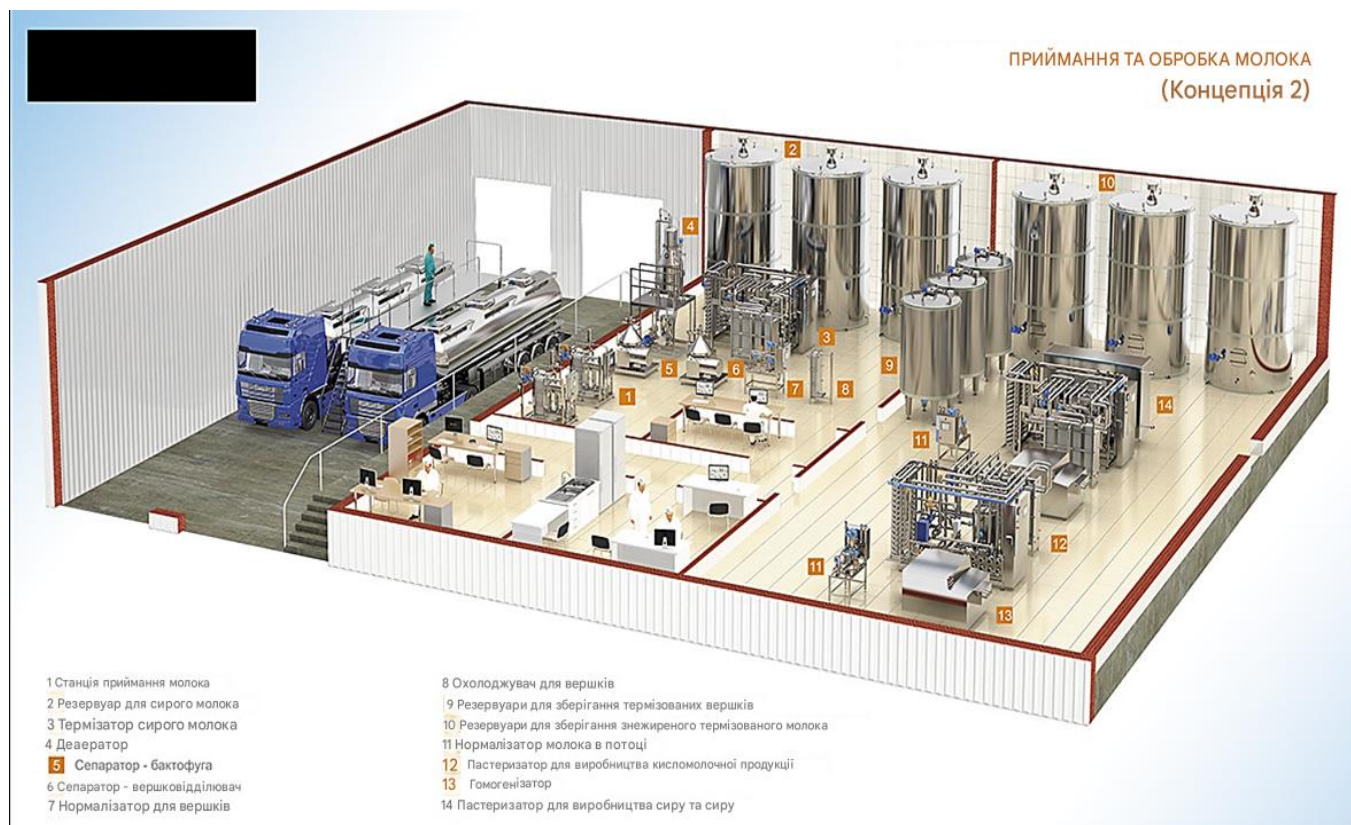


Рисунок 2.1 - Технологічна схема приймання молока.

Дільниці прийому молока для сільської місцевості і безпосередньо на переробних підприємствах мають однаковий технологічний цикл, але технологічна ділянка прийому молока безпосередньо на підприємстві орієнтована на значно більші обсяги продукції.

Призначення технологічного ланцюжка: приймання молока і первинна обробка. Виконання технологічних операцій: резервування, зважування, очищення, охолодження, резервування. Показники та характеристики технологічного комплексу при різних виробничих потужностях наведені в таблиці 2.1.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

28

Таблиця 2.1 – Характеристики комплексу

Показників	Продуктивність сайту, л/добу					
	1000	3000	5000	10000	20000	30000
Займана площа, м ²	40	40	52	70	40	40
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	2	2	2	2	2	2
Витрата крижаної води, м ³ /добу	4	12	20	40	100	120
Споживання електроенергії, кВт·год	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	4,5
Необхідна висота приміщення, м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

2.2. Автоматизована система управління технологічним процесом молокоприймального цеху

Призначення та сфера застосування АСУ ТП.

Автоматизована система управління технологічним процесом прийому молока (далі - система управління) призначена для автоматичного контролю і управління технологічним процесом прийому молока. Слід зазначити, що на сьогоднішній день рівень автоматизації технологічних процесів в харчовій промисловості високий і основна маса підприємств оснащена системами АСУ ТП.

Структура автоматизованої системи управління процесом відділення прийому молока показана на рисунк 2.2.

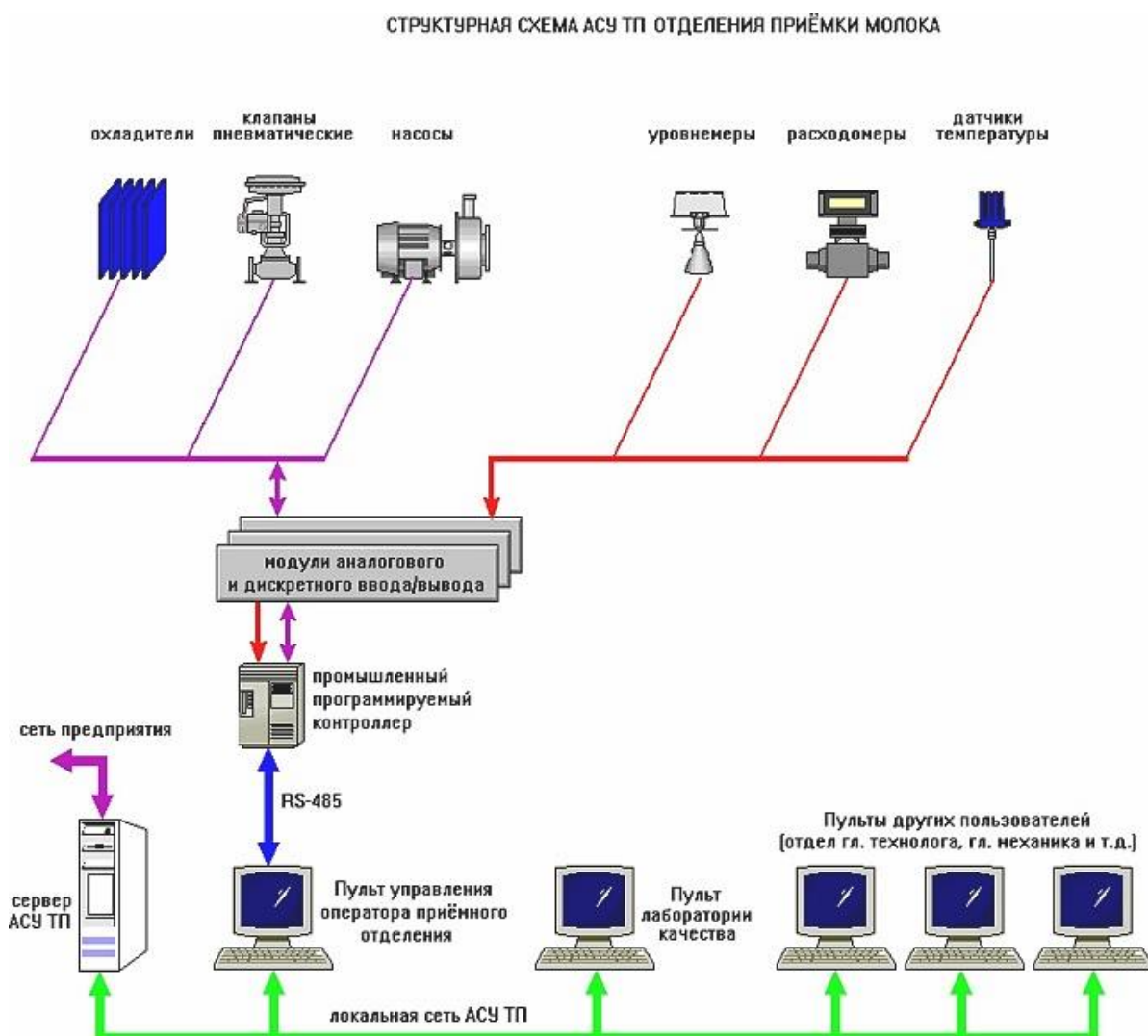


Рисунок 2.2. - Структура системы АСУ ТП відділення прийому молока

2.3. Принципи побудови та склад системи управління.

Структурна схема системи управління наведена на рисунку 2.2. Система управління побудована на трирівневій ієрархічній схемі. На верхньому рівні розташований сервер ICS, на локальній шині якого розташовані консолі операторів. Промисловий програмований контролер працює під управлінням пульта оператора приймального відділення. Контролер керує роботою дискретних та аналогових модулів вводу/виводу, до яких підключені вимірювальні пристрої (витратоміри, рівнеміри і датчики температури тощо) і

виконавчі механізми (пневматичні клапани, насоси та блоки охолодження молока, СІР та ін.).

Кількість вимірювальних приладів і виконавчих механізмів визначається технологічною схемою приймання молока.

Пульти інших користувачів (лаборанта, головного технолога, головного механіка та ін.) Дозволяють контролювати поточні параметри технологічного процесу, стан вимірювальних приладів і виконавчих механізмів, а також переглядати архівні дані в режимі реального часу.

2.4. Програмне забезпечення

Сучасний рівень розвитку АСУ ТП базується на використанні спеціальних систем програмування, що забезпечують конфігурацію системи, програмування контролерів, управління потоками даних в системі, формування органів контролю і представлення інформації персоналу. Такий програмний комплекс називається SCADA-системою.

В даному випадку система SCADA реалізована на базі програмного комплексу Citect 7.2 корпорації Wonderware. Пакет працює в середовищі Windows.

Програмний комплекс "In Touch" застосовується в якості інструментального комплексу для пультів управління.

Контролер запрограмований за стандартом ІЕС 113.3, мова програмування – SCADA Citect 7.2. Кілька кадрів монітора використовуються для керування та моніторингу стану системи.

Система управління дозволяє: прийом молока з пунктів прийому в приймальні цистерни в ручному і автоматичному режимах;

- керувати включенням/вимкненням клапанів та насосів у ручному та автоматичному режимах, вказувати стан клапанів та насосів у режимі реального часу;
- Індикація в режимі реального часу обсягу отриманого молока, температури на вході і виході охолоджувачів, обсягу молока в ємностях;

- вказати сорт, жирність, щільність прийнятого молока (можливе збільшення зазначених параметрів);
- контролювати роботу холодильних установок в ручному і автоматичному режимах, вказувати стан охолоджувальних агрегатів;
- контролювати роботу СІР-мийки в ручному і автоматичному режимах (задавати режими і маршрути промивки обладнання і трубопроводів), вказувати стан агрегатів СІР-мийки;
- формувати, роздруковувати та архівувати накладні на прийом молока (форма бланка накладної надається замовником);
- формувати та архівувати аварійні повідомлення оператору у разі відхилення поточних параметрів процесу від заданих, у разі збоїв або виходу з ладу пристроїв керування та виконавчих механізмів, а також у разі помилкових дій оператора;
- вести облік отриманого молока окремо по кожній тарі і в сумі по всіх ємностей;
- Архівування параметрів процесу (температура на вході і виході охолоджувачів і тощо.) в числовому і графічному вигляді;
- вести електронні журнали обліку ремонтів, технічного обслуговування, експлуатації обладнання (форми цих журналів надає Замовник);
- Формувати та архівувати змінні або добові звіти про приймання молока, за формою, наданою Замовником;
- Перевірка вимірювальних приладів, виконавчих механізмів та програмного забезпечення, архівування результатів випробувань.

Система управління має можливість подальшого збільшення апаратної частини, а також можливість доповнювати і розширювати виконувані функції.

Конструктивно автоматизована система управління виконана у вигляді розподілено-модульної системи. Пульт управління встановлюється в кімнаті оператора. Контролер, блок живлення, модулі вводу/виводу, а також електричні автоматичні вимикачі та реле розташовані в шафі з класом захисту не нижче IP54 в безпосередній близькості від контролюваного обладнання. Всі елементи в

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		32

шафах кріпляться на DIN-рейку, що максимально скорочує час заміни будь-якого елемента.

Прокладка кабелю здійснюється в трубах або гнучких металевих шлангах.

Комплексний програмний комплекс АСУ ТП

(На прикладі автоматизованої системи управління технологічним процесом для молочного комплексу)

Включає:

- програмне забезпечення для розробки людино-машинних інтерфейсів (НМІ);
- Об'єктно-орієнтована система моделювання та управління матеріальними потоками і виробничими запасами;
- Реляційна база даних в режимі реального часу;
- система розробки та виконання програм, що функціонують в режимі реального часу (час реакції до 1 мс) для управління інтелектуальними системами введення-виведення;
- Набір серверів вводу/виводу для різних типів контролерів фірм Allen-Bradley, Siemens і багатьох інших.

Дозволяє:

- управління технологічними процесами за допомогою графічних меню (мова високого рівня);
- контролювати роботу підприємства, спостерігаючи за процесами, графічно відображаються на екрані в режимі реального часу;
- провести діагностику обладнання;
- збирати та архівувати параметри процесів, а також інформацію про діагностику обладнання;
- вести облік витрати сировини і напівфабрикатів;
- відстежувати виробничий процес з урахуванням завантаженості обладнання;
- здійснювати поточний контроль якості;
- планувати планово-попереджувальні роботи.

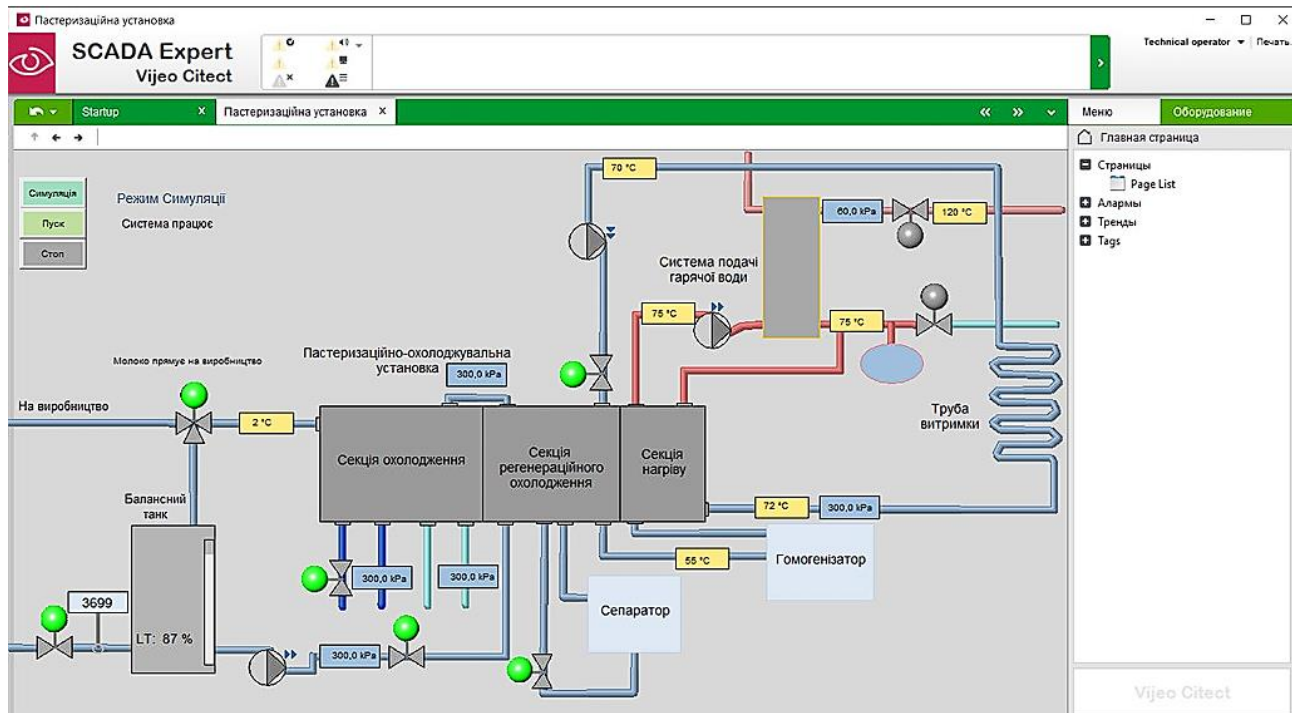


Рисунок 2.4.- «Панель оператора-технолога»

Для контролю стану технологічного процесу в системі передбачений режим моніторингу даних, що дозволяє контролювати основні параметри стану технологічного процесу, рисунок 2.5.

Для забезпечення зручності аналізу ходу технологічного процесу використовуються графічні форми представлення даних тенденцій. Ця форма екрану викликається з головного меню.

Вигляд екранної форми тенденцій стану технологічного процесу показаний на рисунок 2.6.

Active Alarms					
SCADA Expert Vijeo Citect					
01.06.2021 02:49:05		WRN_Heat_TT_PR		Перевищення заданої температури	
				ВYSOKИЙ	
Дата	Время	Дескриптор	Имя	Состояние	
01.06.2021	02:49:05	WRN_Heat_TT_PR	Перевищення заданої температури	ВYSOKИЙ	

Рисунок 2.5. - Параметры стану технологічного процесу

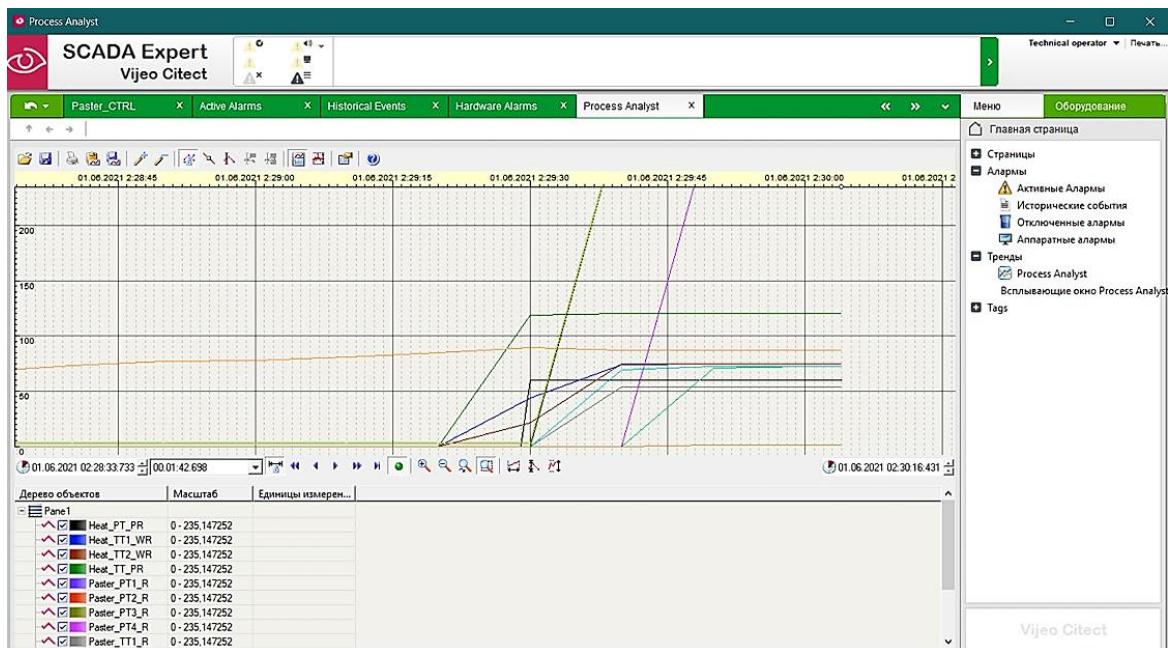


Рисунок 2.6. - Тенденції в стані технологічного процесу

2.5. Опис функціональної схеми автоматизації дільниці приготування молока

Функціональна схема автоматизації дільниці приготування молока наведена у додатку Е. Конструктивно система має два контури: робочий контур і контур мийки приладів. Основний робочий контур включає в себе приймальний насос, пластинчастий теплообмінник і станцію подачі крижаної води, ємності для прийому молока і проміжні накопичувальні ємності. Після проміжних накопичувальних ємностей молоко надходить в зону сепарації, яка обладнана сепаратором і двома проміжними ємностями для зберігання.

Основними параметрами технологічного процесу є температура охолодженого молока і стабільність витрати в трубопроводі, що подає молокоприймальні ємності. При регулюванні температури висуваються досить високі вимоги до температури молока, але наявність значних транспортних затримок в трубопроводах ускладнює отримання точного значення температури. Використання крижаної води в якості холодоагенту не забезпечує точну температуру, так як система в цьому випадку не має запасу для контролю. Таким чином, перед вами стоїть завдання підвищити якість контролю температури і впровадити САР потоку молока для трубопроводу, що живить приймальні ємності.

РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ САР

3.1 Розрахунок системи автоматичного контролю температури

Для побудови математичної моделі охолоджувача молока розглянемо спочатку пластинчастий теплообмінник без урахування транспортного лагу в зовнішніх трубопроводах. Побудова моделі космічного апарату з використанням кривої прискорення наведена в додатку А. Рисунок 3.1. Наведено криву прискорення та її наближення.

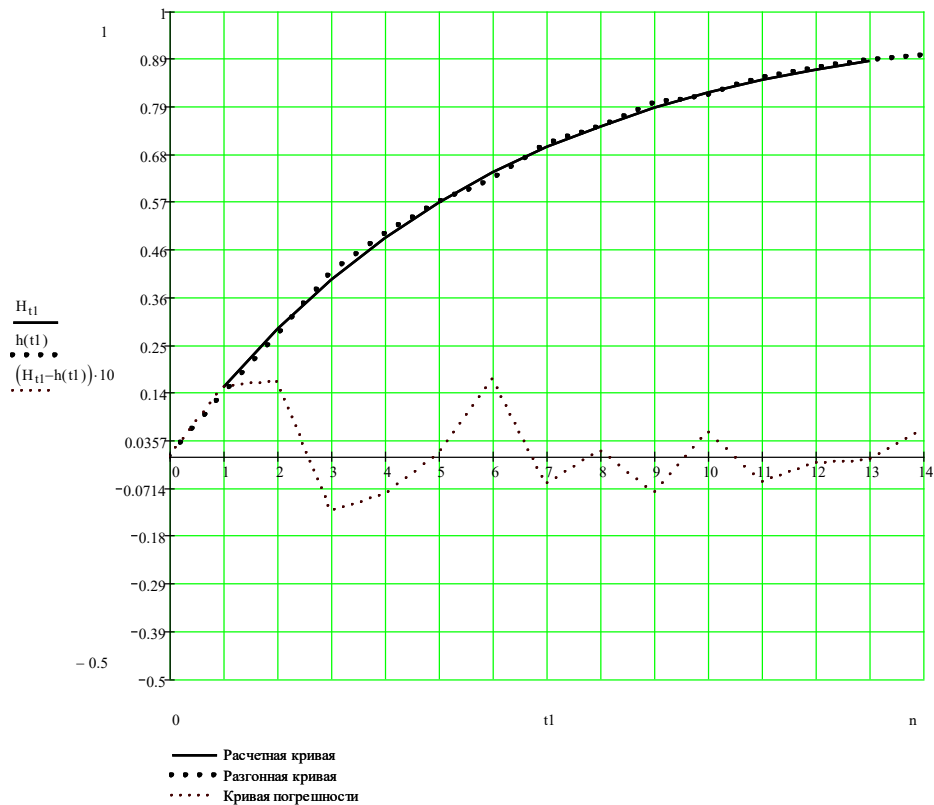


Рисунок 3.1. - Апроксимація кривої прискорення.

Отримана модель системи має вигляд

$$W(p) = \frac{0.45}{300p + 1}, \quad (3.1)$$

Виберемо тип і визначимо оптимальні параметри настройки терморегулятора на стабільному об'єкті 1-го порядку з затримкою при наступних умовах:

Параметри об'єкта: коефіцієнт передачі $k_0 = 0,45$; стала часу $T_0 = 300$ с; внутрішній час затримки $\tau = 60$ с; відношення $\tau/T_0 = 0,2$.

Динамічні характеристики об'єкта взяті з науково-технічної літератури [2].

Вимоги до системи полягають у наступному:

Система регулювання повинна забезпечувати аперіодичний перехідний процес;

Перехідні параметри якості не повинні перевищувати таких допустимих значень: похибка динамічного контролю $y_{1dop} = 0,04$, статична похибка контролю $UTS, dop = 0,02$, час контролю $TP, dop = 60,0$ с;

Регулююча дія відповідає максимальній зміні збурення, $xv = 0,12$.

Знайти максимальне відхилення регламентованого значення

$$y_0 = k_0 \cdot x = 0,45 \cdot 0,12 = 0,054, (3.2)$$

За графіками (див. пп. рис. V-2 [2]), визначаємо динамічний коефіцієнт передачі $RD = y_1/y_0$ систем з регуляторами різних типів:

П-регулятор	0.8
I-регулятор	0.45
ПІ-регулятор	0.34
ПІД- регулятор	0.24

Використовуючи формулу V.4 [2], знаходимо значення y_1 для цих систем:

П-регулятор	0.0432
I-регулятор	0.0243
ПІ-регулятор	0.01836
ПІД-регулятор	0.01296

Таким чином, в системі з I-регулятором $y_1 > y_{1dop}$, а I-регулятор не може бути застосований.

Перевіримо систему за допомогою U-регулятора на величину наборів. V-2 [2], знайти значення $y_{ст}^*$ для аперіодичного процесу і обчислити $y_{ст}$ за формулою V.9 [2]:

$$y_{ст} = y_{ст-y_0}^* = 0,4 \cdot 0,054 = 0,0216 (3.3)$$

Отже, в системі з P-регулятором $y_{ст} > y_{ст}^*$, додаткового і заданого якості контролю не буде забезпечено.

Перевіримо системи з ПІ і ПІД-регуляторами на час регулювання t_p , визначений за графіками (див. рис. 1). В-2 [2]). Для системи з ПІ-регулятором маємо $t_p = 8 \tau = 8 \cdot 60 = 480$ с; у випадку ПІД-контролера $t_p = 5 \tau = 5 \cdot 60 = 300$ с. Таким чином, для системи з ПІ і ПІД-регулятором справедлива нерівність $t_p < t_{p, \text{доп.}}$.

Оптимальні значення налаштувань ПІ-регулятора виглядають наступним чином:

$$k_p = \frac{k_p \cdot k_0}{k_0} = \frac{2.5}{0.45} = 5.55; \quad T_u = \frac{T_u}{\tau} \cdot \tau = 3.8 \cdot 60 = 22.8 \text{ с}, \quad (3.4)$$

3.2 Побудова замкнутої системи з ПІ-регулятором

Тепер знайдемо передавальну функцію замкнутої системи управління з ПІ-контролером. Приблизно затримку в об'єкті можна приблизно оцінити

$$e^{-\tau p} \approx \frac{2 - \tau p}{2 + \tau p}$$

Тоді буде записана передавальна функція замкнутої системи:

$$W_{\text{зам}}(p) = \frac{W_{\text{раз}}(p)}{1 + W_{\text{раз}}(p)} = \frac{34165.8 p^2 + 989 p + 5}{136800 p^3 + 52405 p^2 + 1445 p + 5}, \quad (3.5)$$

Знайшовши коріння характеристичного рівняння передавальної функції замкнутої системи, визначимо її стійкість (зробимо це за допомогою пакета MatLab):

```
>> p=[136800 52405 1445 5]
```

```
p =
```

```
136800    52405    1445        5
```

```
>> roots(p)
```

```
p1 = -0,3535
```

```
p2 = -0,0255
```

```
p3 = -0,0040
```

Всі корені характеристичного рівняння негативні – система стійка. Ступінь стійкості (відстань α найближчого кореня від уявної осі) $\alpha = 0.040$

Тепер давайте зробимо моделювання в пакеті MatLab.

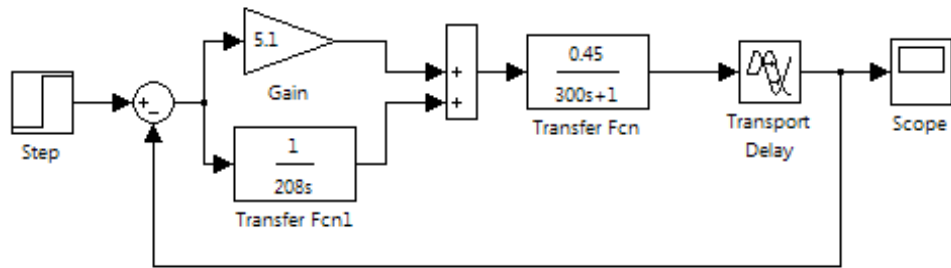


Рисунок 3.2. Схема моделювання процесу автоматичного контролю температури в корпусі MatLab.

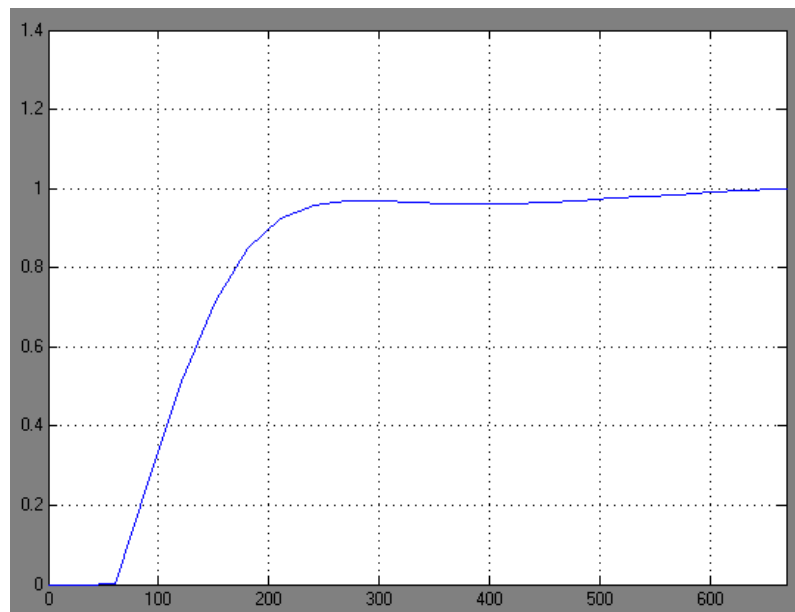


Рисунок 3.3. Графік перехідного процесу автоматичного регулювання температури

Для перехідного графіка автоматичного контролю температури:

1. Час дроселювання становить $ТП = 600$ с.
2. Немає перевищення

3.3 Вплив затримок у трубопроводі на якість регулювання

При наявності транспортної затримки теплоносія в трубопроводі, що створює в системі управління значно великі затримки до 300 секунд, якість контролю різко погіршується.. На рисунку 3.4 показані результати моделювання системи. Як бачимо, якість регулювання невисока і необхідно використовувати більш досконалий метод побудови системи управління.

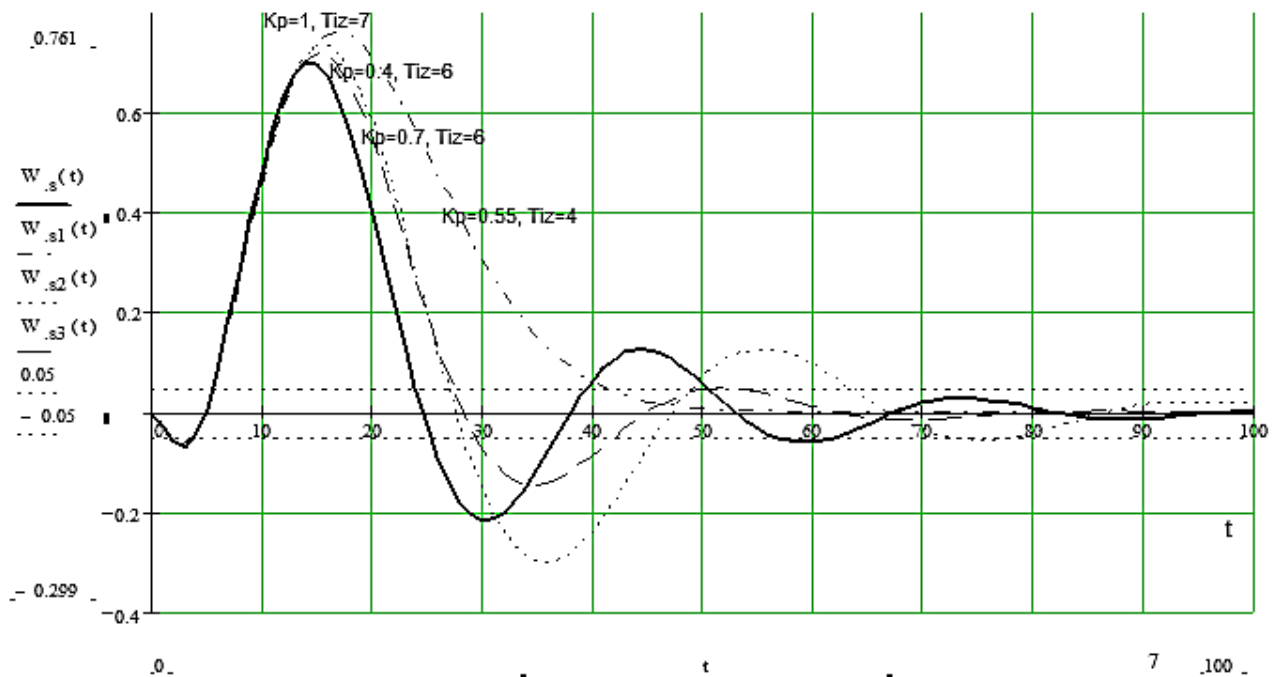


Рисунок 3.4. Перехідні процеси в системі з транспортним запізненням

3.4. Компенсація затримок за допомогою випереджувача Сміта

Для усунення впливу значних транспортних затримок використовуються детектори Сміта, які забезпечують різке зниження впливу затримок за рахунок прогнозу руху об'єкта.

В одновимірному випадку для динамічної системи на рисунку 3.5 (а, б) вплив транспортного запізнення на виході різко погіршує якість управління.

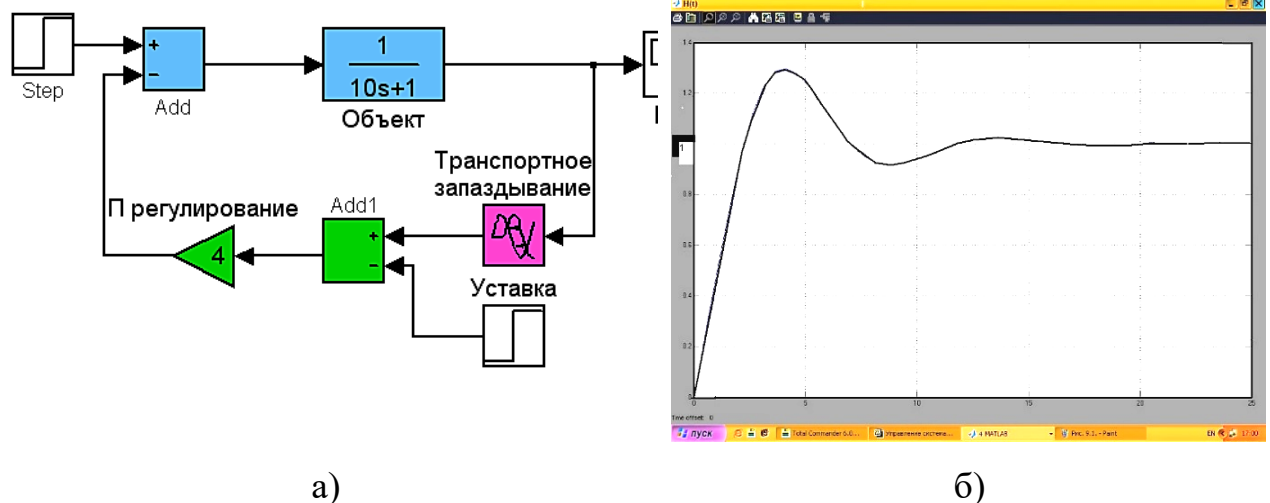


Рисунок 3.5 – Система із запізненням

а-Модель системи. б - Реакція системи на управління.

Для усунення впливу лага в ланцюг регулятора включена система прогнозування поведінки об'єкта за його моделлю - випереджувачем Сміта.

Наприклад, для об'єкта з функцією передачі

$$g_o(s) = \frac{1}{10s+1} e^{-\tau s} = g(s)e^{-\tau s}, \quad (3.6)$$

Функція передачі управління

$$W(s) = \frac{h(s)g_o(s)}{1+h(s)g_o(s)} = \frac{h(s)g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)e^{-\tau s}}, \quad (3.7)$$

У цьому випадку транспортне лаг виникає в знаменнику і, отже, в характеристичному рівнянні. Для усунення впливу затримки на знаменник в ланцюг регулятора вводять компенсатор затримки з передавальною функцією

$$g_k(s) = h(s)g(s)(1-e^{-\tau s}), \quad (3.8)$$

При включенні випереджувача в коло зворотного зв'язку окремо взятого об'єкта отримуємо

$$W_k(s) = \frac{1}{1+g_k(s)(1-e^{-\tau s})}, \quad (3.9)$$

При цьому передавальна функція об'єкта з урахуванням випереджувача набуває вигляду

$$W(s) = g_o(s) \frac{1}{1+g_k(s)} \frac{g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)(1-e^{-\tau s})}, \quad (3.10)$$

Система замкнутого циклу трансмісії з регулятором $h(s)$

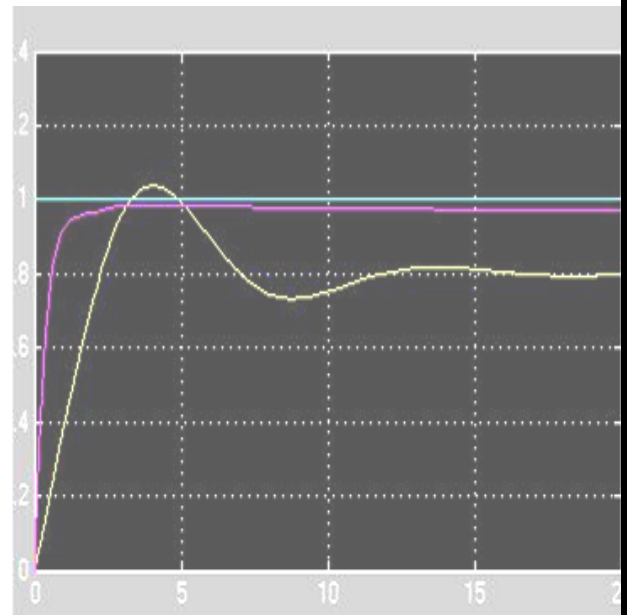
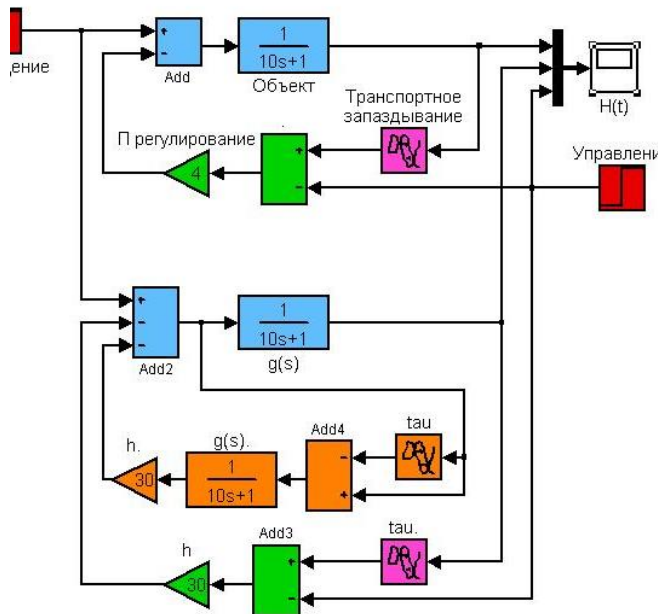
$$W(s) = \frac{\frac{g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)(1-e^{-\tau s})}}{1+\frac{h(s)g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)(1-e^{-\tau s})}} = \frac{g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)(1-e^{-\tau s})+h(s)g(s)e^{-\tau s}}, \quad (3.11)$$

Оскільки випереджувач має незалежну від лаг частину $gk^*(s) = h(s)g(s)$, то отримуємо для замкнутої системи

$$W_3(s) = \frac{g(s)e^{-\tau s}}{1+h(s)g(s)}, \quad (3.12)$$

Таким чином, передавальна функція замкнутої системи не має затримки в характеристичному рівнянні, що різко підвищує якість управління.

На рисунок 3.6 (а, б) показана схема моделювання системи і результати моделювання.



а)

б)

Рисунок 3.6 -Модель системи з випереджувачем Сміта:

а – модель системи з компенсацією і без компенсації; б - реакція системи.

--- задане значення, --- реакція системи з випереджувачем, --- реакція системи без випереджувача.

У багатовимірних системах проблема управління ускладнюється тим, що до впливу затримки додаються взаємозв'язки входів і виходів. Для одновимірного випадку для динамічної системи на рисунок 3.6 (а, б) вплив транспортного запізнення на виході суттєво погіршує якість управління.

3.5 Порівняльне моделювання трьох структур

Моделювання проводиться для трьох структур: 1 – система з регулятором ПІ та затримкою, 2 – система з регулятором ПІ без затримок та 3 – система з випереджувачем Сміта. Рисунок 3.7. Наведено схему моделювання системи з регулятором ПІ та детектором Сміта. На рис. 3.8 наведено результати моделювання системи за завданням.

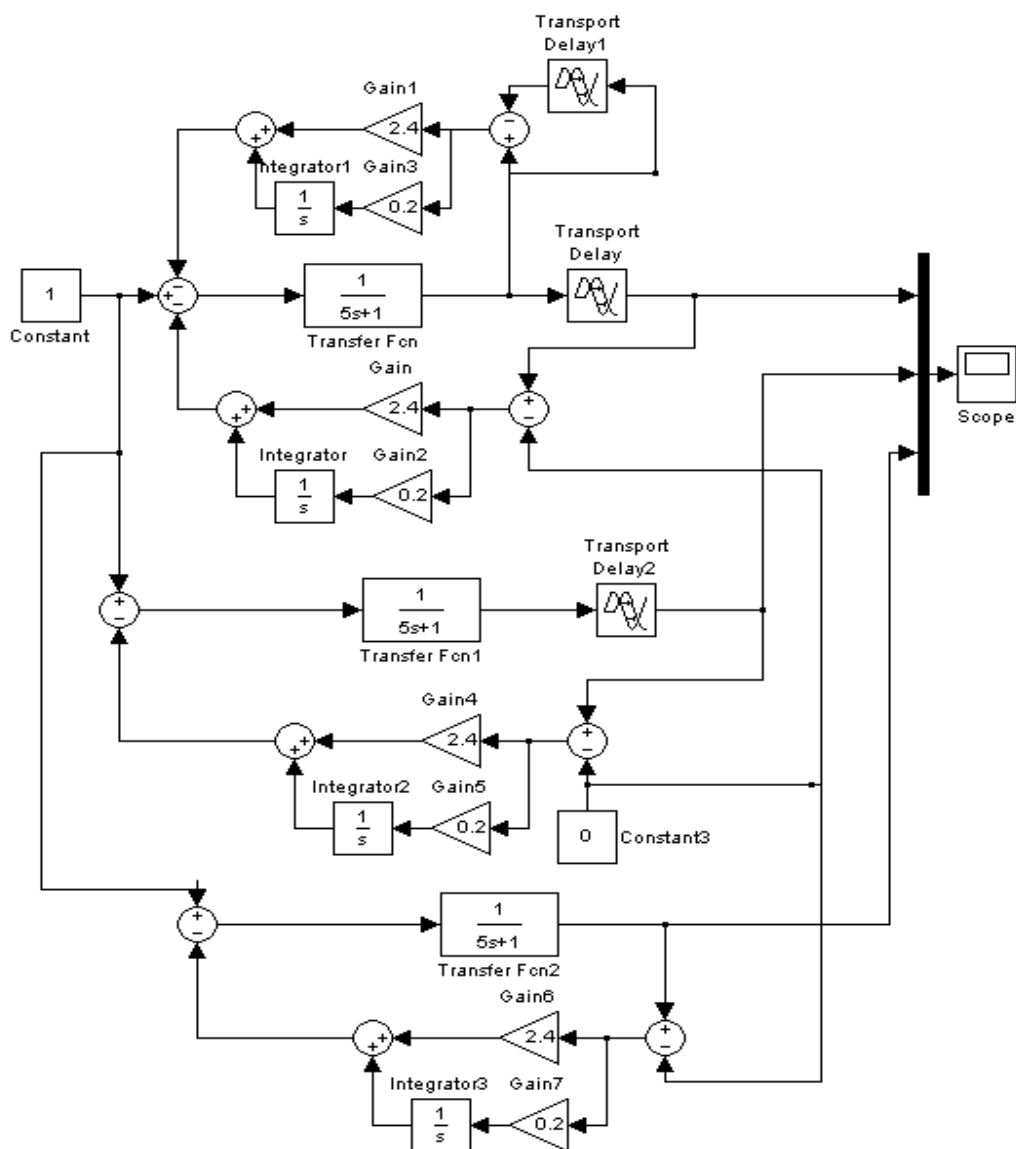


Рисунок 3.7 - Схема моделювання системи з ПІ регулятором та випереджувачем Сміта.

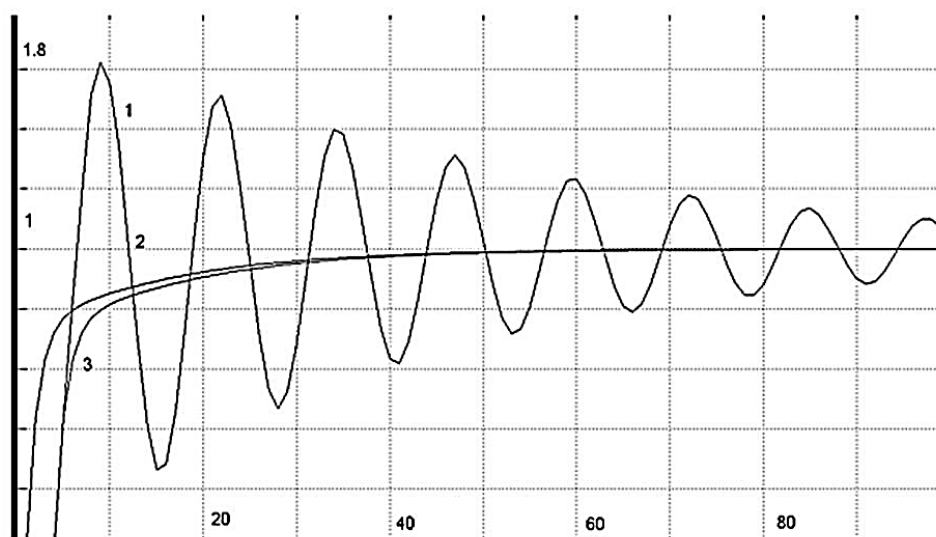


Рисунок 3.8 - Моделювання системи управління за завданням.

- 1 – система з ПІ регулятором і запізненням,
- 2- система з ПІ регулятором без запізнення,
- 3 – система з випереджувачем Сміта.

На рис. 3.9 наведено результати моделювання системи за збуренням.

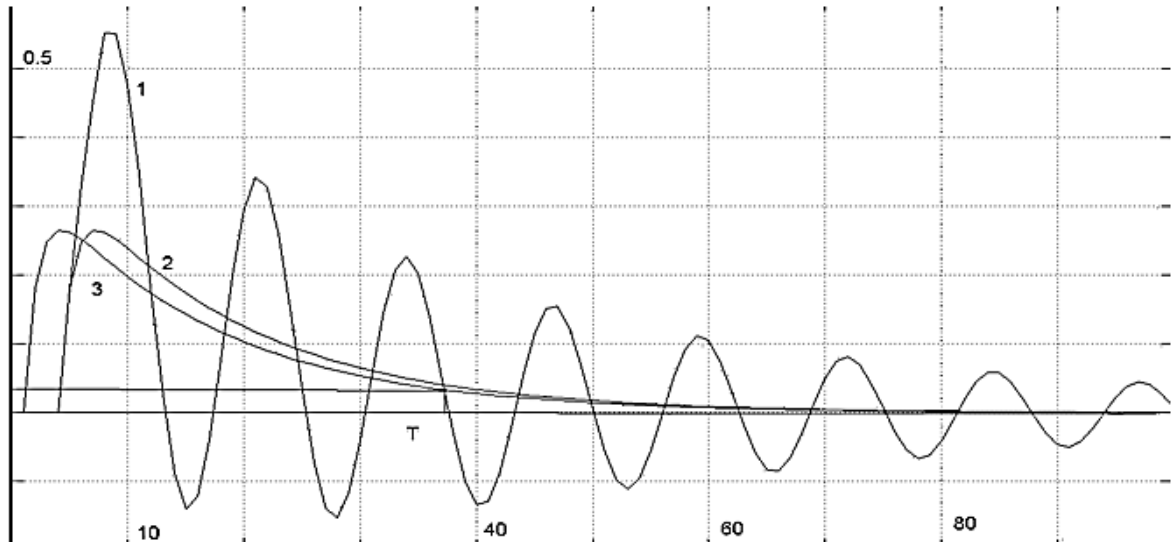


Рисунок 3.8 - Моделювання системи управління за збуренням.

Таким чином, при використанні випереджувача Сміта ми отримуємо час контролю 40 секунд, що відповідає поставленому завданню з аперіодичним характером перехідного процесу, що забезпечує підвищення якості контролю температури молока.

Розділ 4. Проектне компонування промислового логічного контролера та схеми підключення

4.1 Проектне компонування промислового логічного контролера

Для реалізації системи автоматичного управління обрано контролер Schneider Electric: Modicon M340. Modicon M340 – контролер модульного типу. Модулі кріпляться на шасі, яке виконує механічну та електричну функції. Така конструкція дає можливість гарячої заміни модулів без зупинки контролера. M340 може включати від 1-го до 4-х шасі з різною кількістю місць (від 4-х до 12-ти) для встановлення модулів, об'єднаних між собою **BusX**.

У кожному процесорному модулі M340 є вбудований USB-інтерфейс, який призначений для підключення терміналу програмування (комп'ютер зі встановленим UNITY PRO), а також для з'єднання зі SCADA/HMI і операторськими панелями.

Згідно з кількістю вхідних та вихідних сигналів у відповідності до обраного набору засобів вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів скомпоновано наступний комплекс модулів мікропроцесорного контролера. Схема компонування ПЛК наведена в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Структура ПЛК Modicon M340

Позначення модуля	Кільк.	Найменування	Характеристика модуля
XBP 0800	1	Шасі	8 місць
CPS 3500	1	Модуль живлення	100...240VAC.35Вт
P34 2020	1	Процесорний модуль	ModBus, Ethernet
DDM 16022	1	Модуль дискретних входів\виходів	8 входів. 8виходів
AMI 0810	2	Аналоговий вхідний модуль	8 входів ізольованих
AMO 0410	3	Аналоговий вихідний модуль	4 виходи ізольованих

Конфігурація також була скомпонована в середовищі програмування Unity Pro XL. Результат наведений на рисунку 4.1.

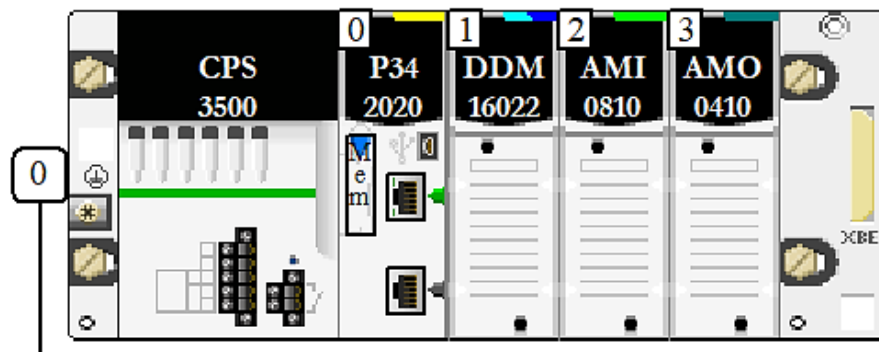


Рисунок 4.1 – Проектне компонування в програмному пакеті Unity Pro

На шасі першим модулем встановлюється блок живлення CPS 3500. Напруга живлення: 100...240В змінного струму. Доступні потужність для роботи логічних модулів введення\виведення: 15Вт при 3.3В постійного струму. Потужність живлення для модулів введення\виведення та процесора 31.2 Вт при 24В постійного струму. Потужність живлення датчиків 21Вт при 24В постійного струму.

Модуль обрано відповідно до вимог програмного забезпечення в необхідності додаткового живлення після встановлення модулів введення виведення на шасі.

Наступний модуль P34 2020 – процесорний модуль з можливістю підключення через modbus та ethernet протоколи. Має такі характеристики:

- підтримка 1024 дискретних входів-виходів з декількох шасі і 704 входи-виходи з однієї стійки;
- 256 аналогових входів-виходів з декількох шасі і 66 з однієї стійки;
- внутрішній об'єм пам'яті для даних, змінних та логічних операцій 4096кБайт.

DDM 16022 – модуль дискретних входів-виходів. Має 8 входів та виходів з вихідною напругою 19..30В. Тип підключення входних технічних засобів – за позитивним контактом. Тип дискретних виходів – напівпровідниковий. Схема підключення до модуля зображено на рисунку 4.2

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

46

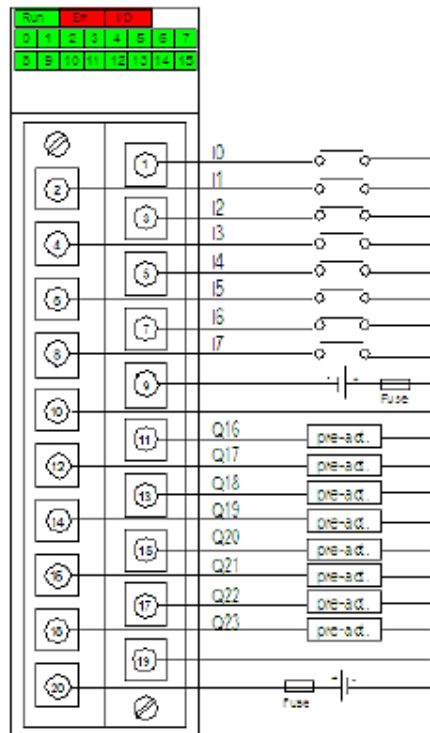


Рисунок 4.2 – Схема підключення вхідних-вихідних ТЗ до DDM 16022

АМІ 0810 – модуль аналогових входів. Має 8 ізольованих входів з наступними варіантами уніфікованих сигналів $\pm 20\text{mA}$, $0\ldots 20\text{mA}$, $4\ldots 20\text{mA}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $0\ldots 10\text{V}$, $0\ldots 5\text{V}$, $1\ldots 5\text{V}$. Розрядність аналогового входу 16 біт.

Схема підключення до модуля зображено на рисунку 4.3

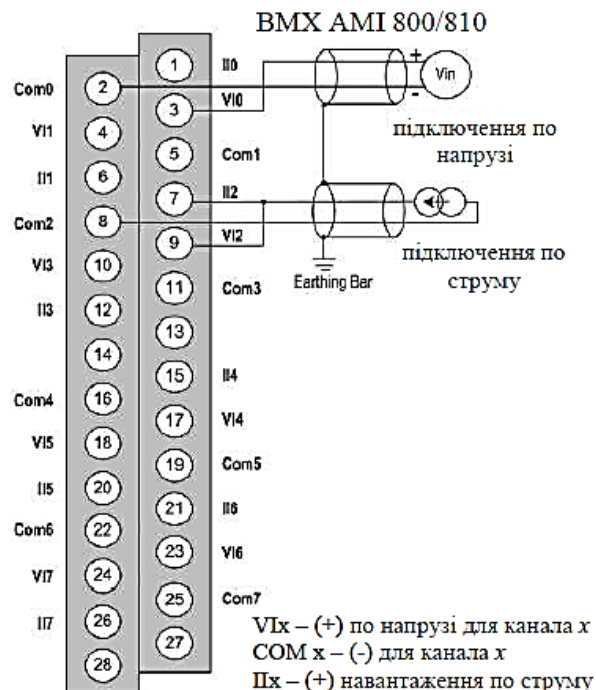


Рисунок 4.3 – Схема підключення вхідних технічних засобів до АМІ 0810

АМО 0410 – модуль аналогових виходів. Має 4 ізольованих виходи з наступними вихідними сигналами 0...20мА, 4...20мА, +/- 10В. Розрядність виходів 16 біт. Схема підключення до модуля зображено на рисунку 4.4.

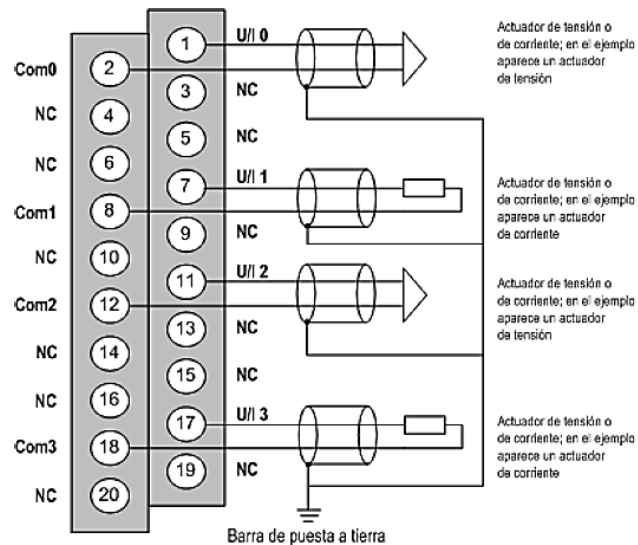


Рисунок 4.4 – Схема підключення вхідних технічних засобів до АМО 0410

4.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Відповідно до схем підключення модулів входів-виходів нарисовано схему підключення датчиків та ВМ згідно з обраною конфігурацією ПЛК. Всі з'єднання нумеруються. До модуля дискретних входів-виходів підключено сигналізатор рівня та реле для вмикання насосів. Частина схеми з модулем зображена на рисунку 5.5

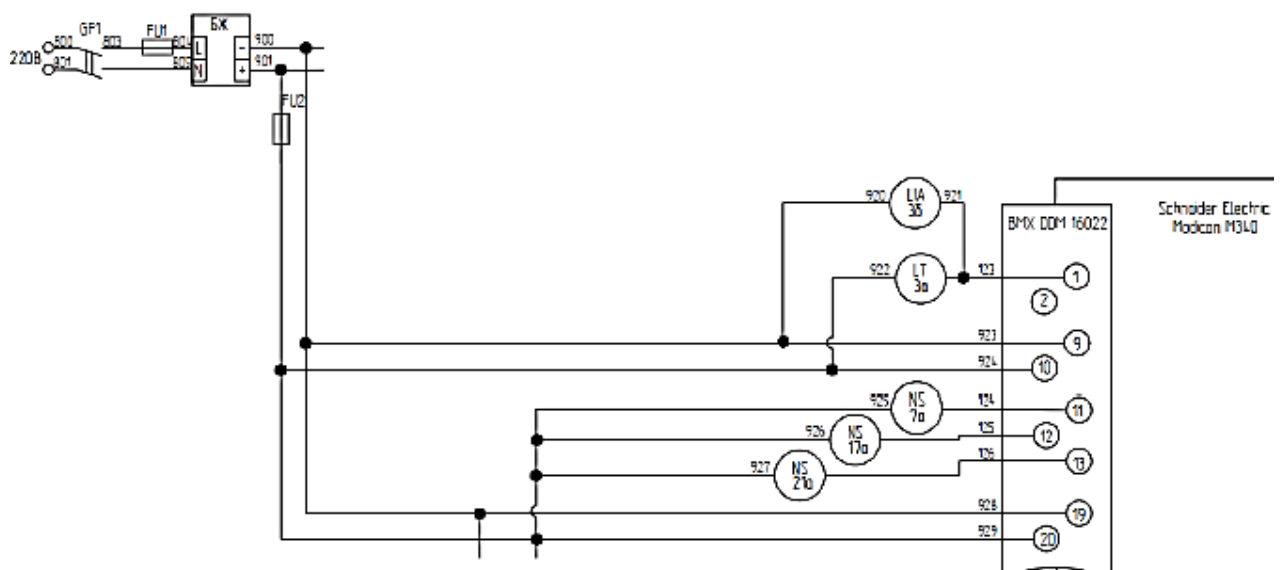


Рисунок 4.5 – Схема підключення датчиків та ВМ до BMX DDM 16022

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

48

До модулів аналогових входів, а саме до 1-го та 2-го модуля АМІ 0810, підключені датчики тиску та температури, рівня, витрати. Частина схеми з модулями зображена на рисунку 4.6

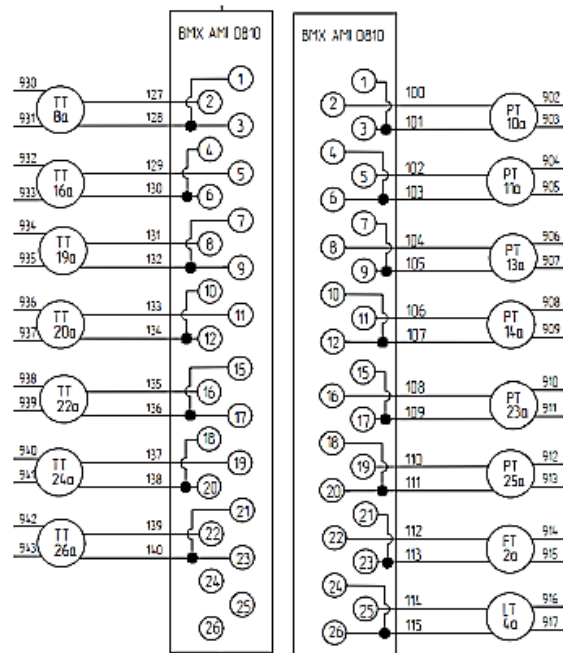
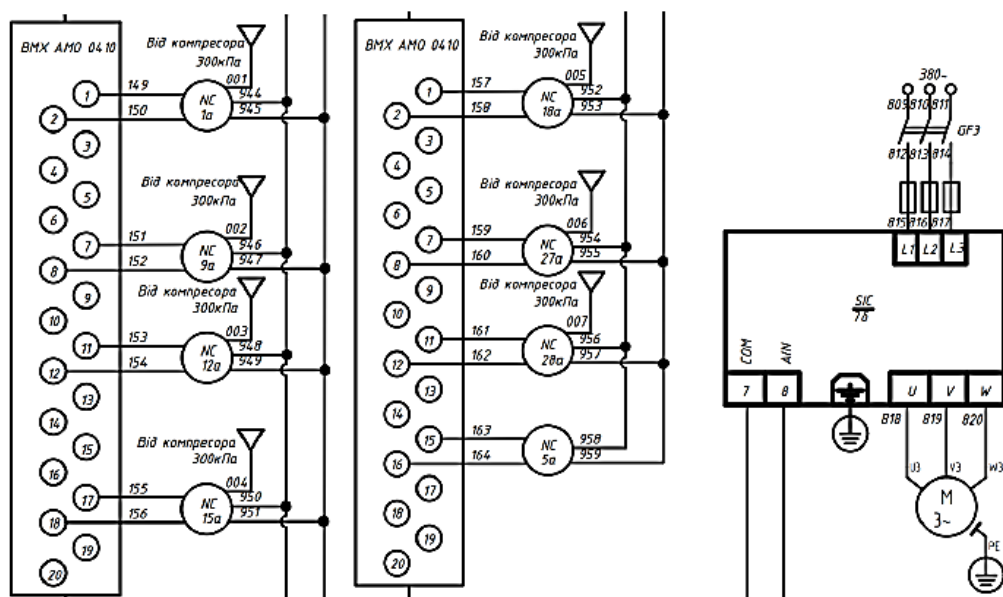


Рисунок 4.6 – Схема підключення датчиків до BMX АМІ 0810

До модулів аналогових виходів АМО 0410 підключені клапани та частотні перетворювачі які керують насосами. Частина схеми зображена на рисунку 4.7



ВИСНОВОК

У даній дипломній роботі було всебічно досліджено та реалізовано проєкт автоматизації процесу підготовки молока перед виробництвом кисломолочних продуктів. Розглядалася структура виробничого процесу, ключові параметри сировини, вимоги до пастеризації, нормалізації та контролю якості, а також можливості їх ефективного моніторингу та регулювання за допомогою сучасних засобів автоматизації.

На основі аналізу діючої технологічної схеми було розроблено оптимізоване рішення з використанням SCADA Citect 7.2, що дозволяє здійснювати візуалізацію, управління та архівацію технологічних даних у реальному часі. Автоматизована система забезпечує підтримання заданих параметрів температури, часу витримки та швидкості потоку, що є критично важливим для стабільної якості продукту.

Застосування сучасних вимірювальних приладів, зокрема MilkoScan FT1, автоматичних титраторів кислотності та цифрових рН-метрів, значно підвищує точність контролю за характеристиками сировини. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення, знижувати ризики браку та зменшувати людський фактор у виробничому процесі.

Завдяки впровадженню автоматизованої системи управління досягається стабільність процесу, простота обслуговування, оперативне виявлення аварійних ситуацій і зручність подальшої модернізації виробничої лінії. Це сприяє покращенню якості кисломолочних продуктів, підвищенню рентабельності підприємства та його конкурентоспроможності на ринку.

Сучасний ПЛК Schneider Electric: Modicon M340 дозволяє реалізовувати різноманітні алгоритми управління, має високу надійність. Модульна структура контролера дозволяє з мінімальними витратами модернізувати і масштабувати АСУ ТП підготовки молока.

Таким чином, результати виконаної дипломної роботи підтверджують актуальність та ефективність автоматизації процесів у харчовій промисловості, а

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

також демонструють перспективи подальшого розвитку інтегрованих систем управління на молокопереробних підприємствах.

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

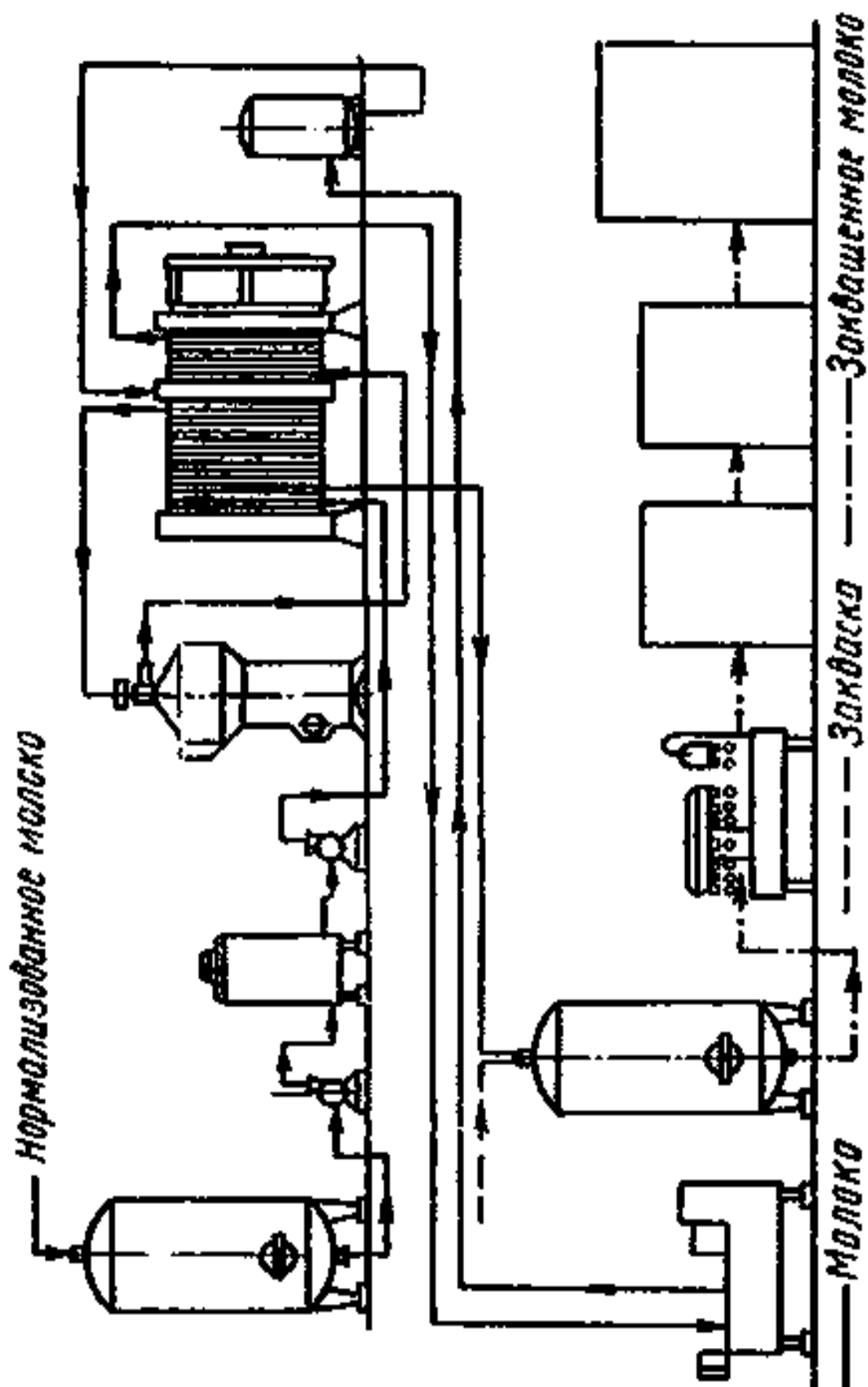
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.
2. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.:НУХТ, 2008. – 67 с
3. SI Analytics. TitroLine 5000. Automatic Titrator. – <https://www.si-analytics.com> (Дата звернення: 03.06.2025).
4. WTW. pH 3310 – Portable pH Meter. – <https://www.xylenanalytics.com> (Дата звернення: 03.06.2025).
5. Tetra Pak. Dairy Processing Handbook. – 4-е видання. – Lund: Tetra Pak, 2023. – 440 с.
6. MATLAB & Simulink. Official Documentation and Toolboxes. – <https://www.mathworks.com> (Дата звернення: 03.06.2025).
7. ДСТУ ISO 9622:2007. Молоко та рідкі молочні продукти. Настанови щодо застосування спектроскопії середнього інфрачервоного діапазону.
8. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224с.
9. Каталоги: СВ АЛЬТЕРА_2013, Каталог М340 , Lenze_2013.
- 10.ГОСТ 5867-90. Молоко і молочні продукти. Метод визначення жиру.
- 11.Шидловська В.П. Якість молока та методи його оцінки в різних країнах. – М.: Пищепромиздат, 1988. – 112 с.
- 12.Клюєв А.С., Лебедев А.П. Налагодження засобів автоматизації та систем автоматичного управління. – 2-ге вид., перероб. і доп. – М.: Енергоатоміздат, 1989. – 368 с.
- 13.Власенко Н.А. Організація і планування виробництв харчової промисловості. – Херсон: ХДАУ, 2022. – 192 с.
- 14.Філіпс К., Харбор Р. Системи управління зі зворотним зв'язком. – М.:

Лабораторія базових знань, 2020. – 616 с.

15. Науково-виробниче видання «Молочна промисловість» –
<https://www.molprom.com.ua> (Дата звернення: 03.06.2025).
16. Alfa Laval. Сепаратори, гомогенізатори, теплообмінники –
<https://www.alfalaval.com> (Дата звернення: 03.06.2025).
17. Wonderware (AVEVA). FactorySuite InTouch SCADA Software. –
<https://www.aveva.com> (Дата звернення: 08.06.2025).

					ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		53



Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

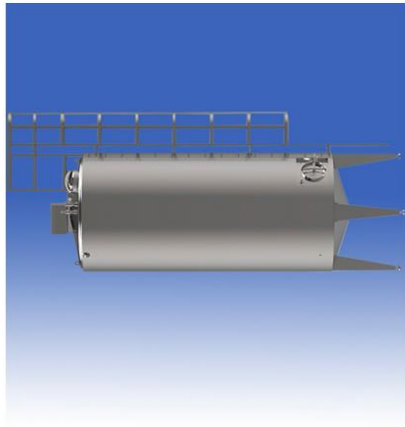
54

Технологічне обладнання

Пастеризаційна ванна



Ємності для низькотемпературної обробки продукції Цистерна (вертикального типу) для зберігання молока



Сепаратор-молокоочисник



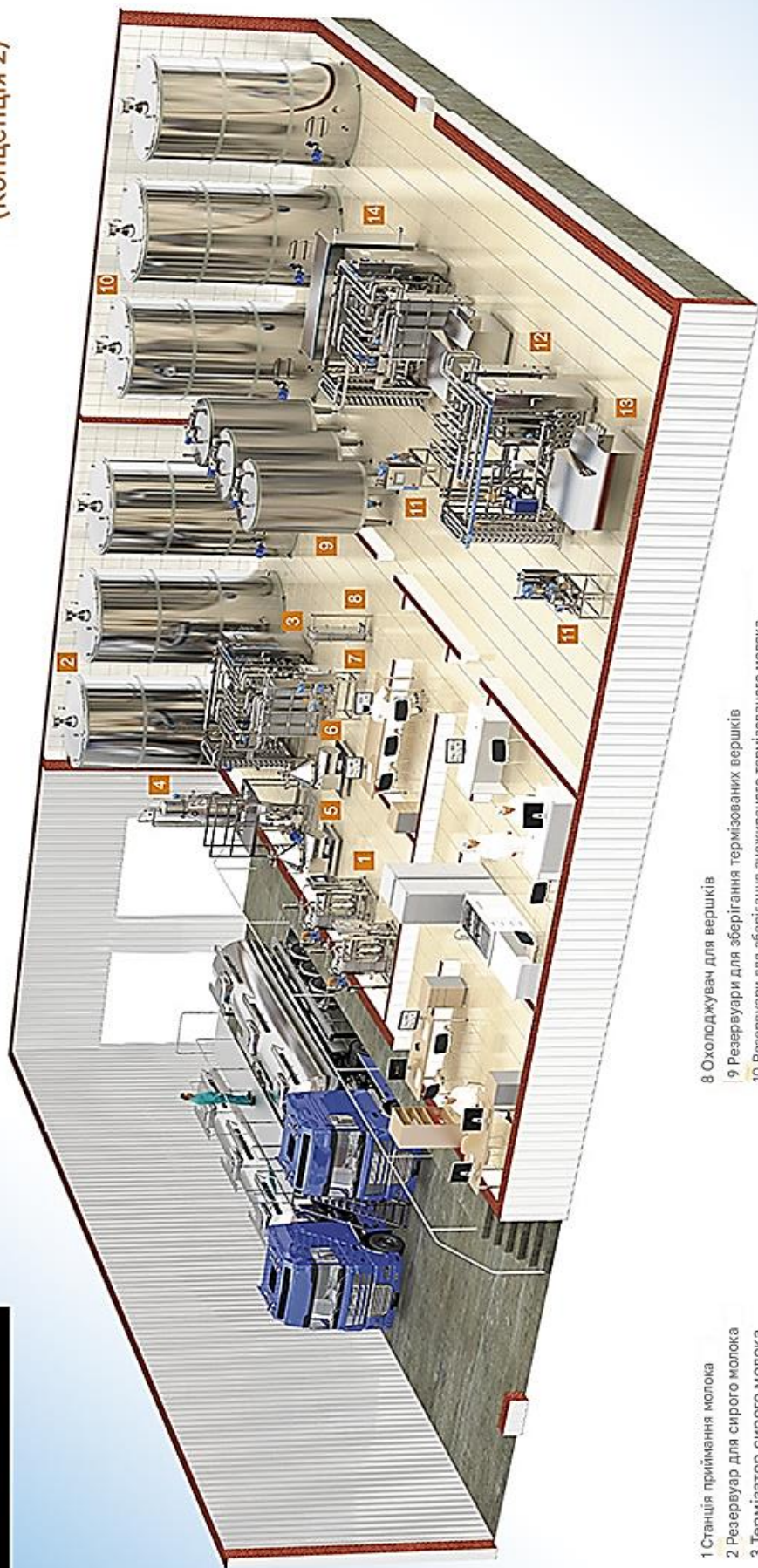
Блок пастеризації та охолодження пластин



Модуль прийому молока



ПРИЙМАННЯ ТА ОБРОБКА МОЛОКА
(Концепція 2)



- 1 Станція приймання молока
- 2 Резервуар для сирого молока
- 3 Термізатор сирого молока
- 4 Деаератор
- 5 Сепаратор - бактофуґа
- 6 Сепаратор - вершковідділювач
- 7 Нормалізатор для вершків

- 8 Охолоджувач для вершків
- 9 Резервуари для зберігання термізованих вершків
- 10 Резервуари для зберігання знежиреного термізованого молока
- 11 Нормалізатор молока в потоці
- 12 Пастеризатор для виробництва кисломолочної продукції
- 13 Гомогенізатор
- 14 Пастеризатор для виробництва сиру та сиру

Зм.	Арк.	№ докum	Підпис	Дата

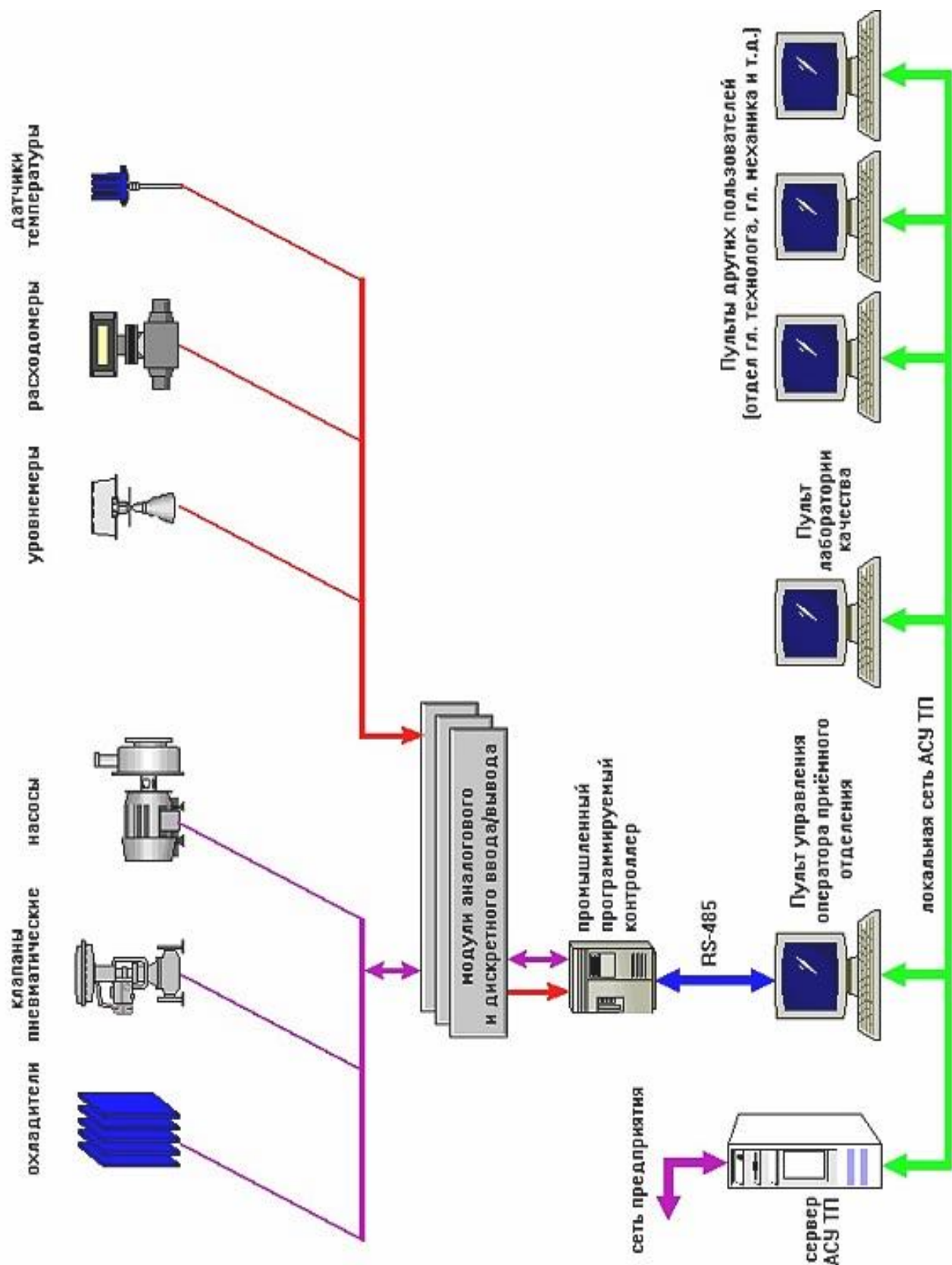
ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

Арк.

56

Додаток Г Структура системи АСУ ТП відділення прийому молока

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АСУ ТП ОТДЕЛЕНИЯ ПРИЁМКИ МОЛОКА



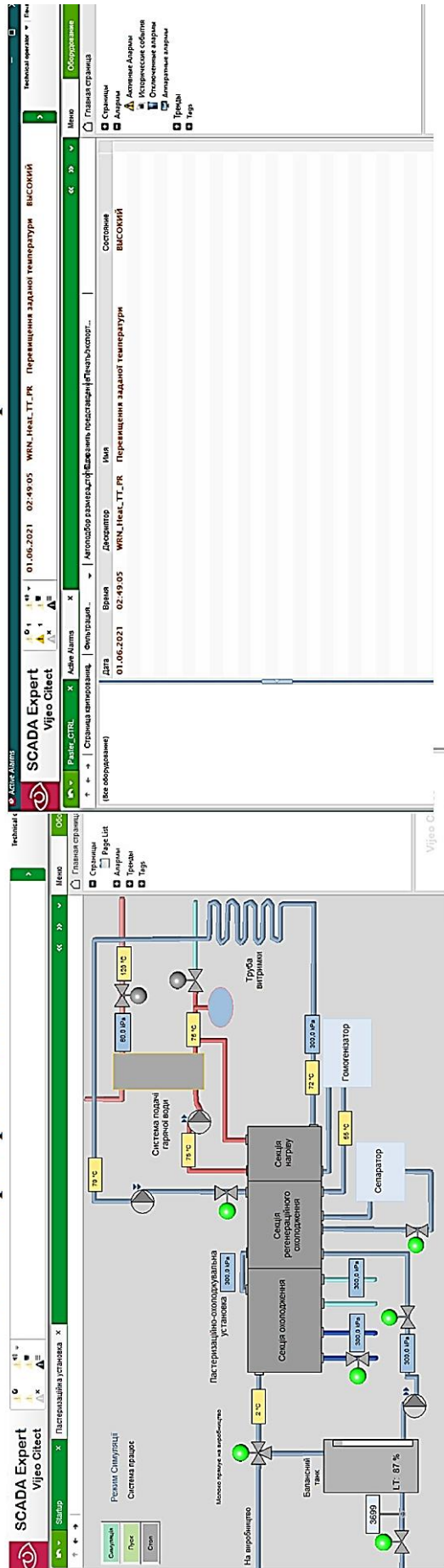
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 174.КРБ.25.023 ПЗ

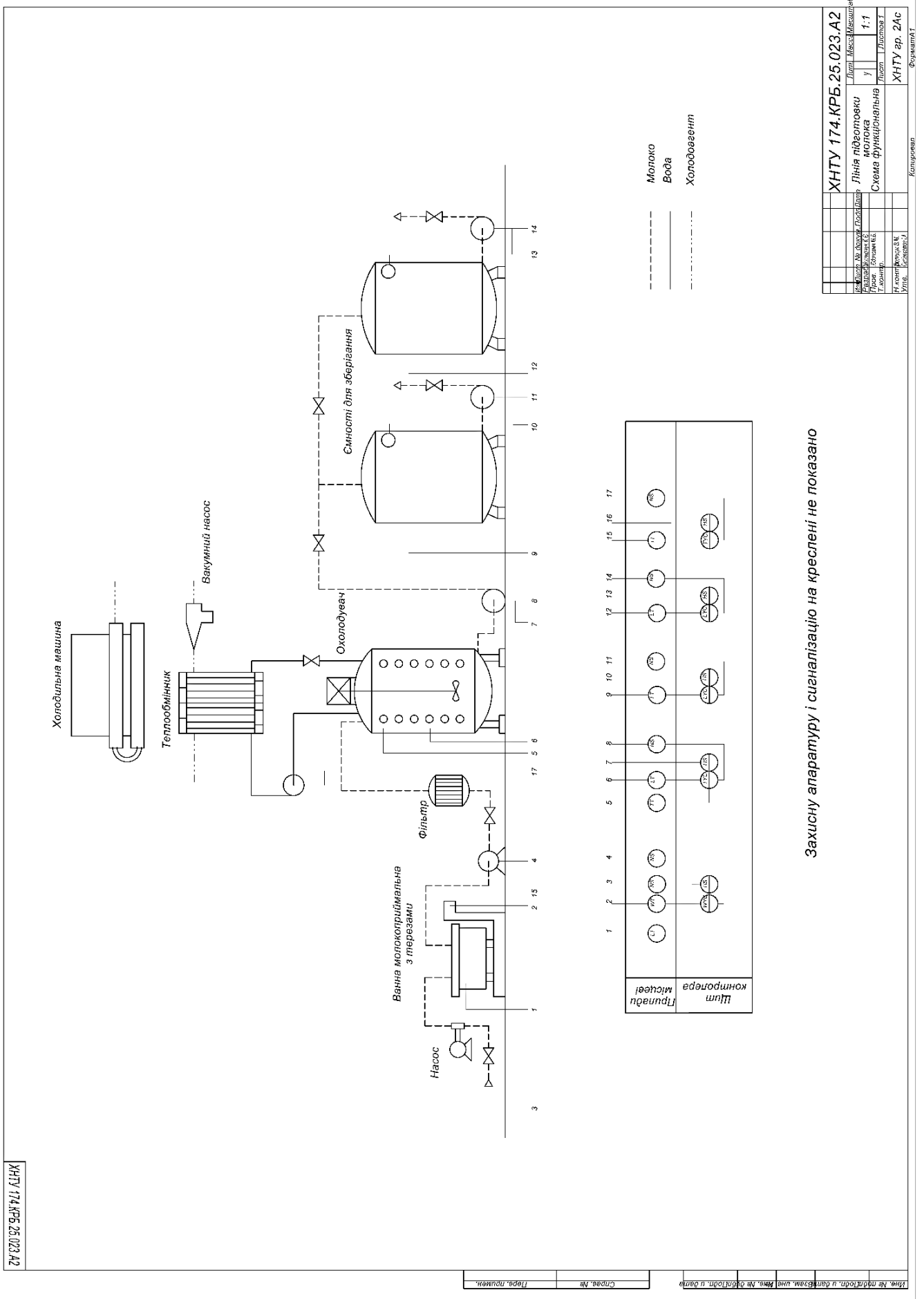
Арк.

57

Панель оператора-технолога SCADA Vijeo Citect Вікно тривоги

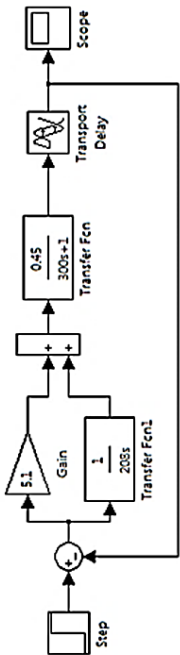


Додаток Е Схема автоматизації

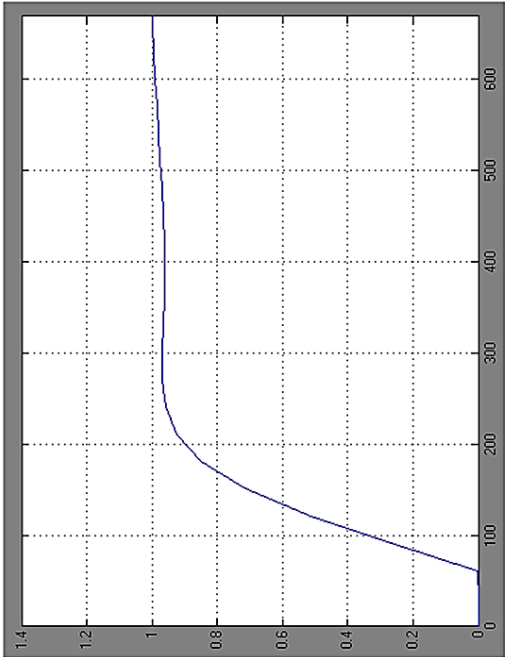


Моделювання САР температури без
врахування запізнення у середовищі Simulink

Структурна схема

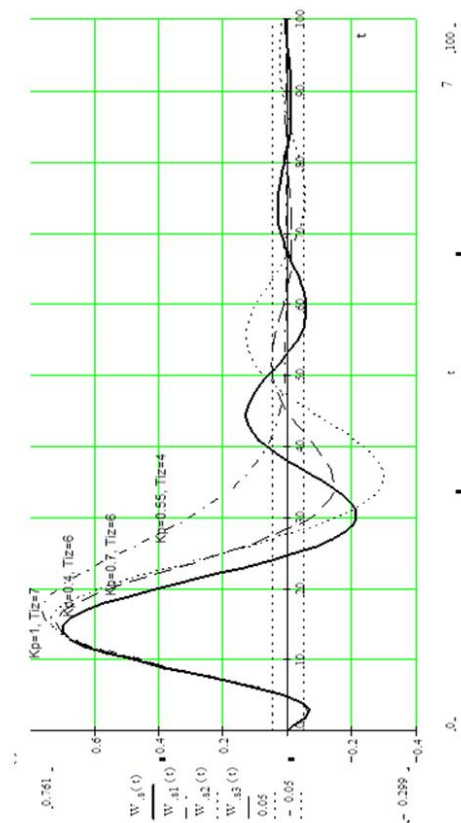


Перехідний процес

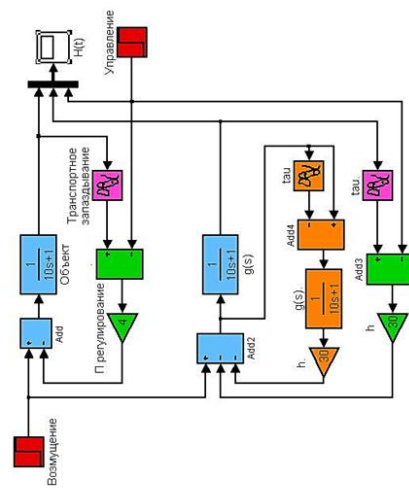


Моделювання САР температури з використанням випереджувача Сміта

Вплив запізнення на якість перехідного процесу



Модель Simulink для дослідження системи з випереджувачем Сміта



Результати моделювання

