

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студентки Коротич Анни Дмитрівни
(П.І.Б.)
академічної групи 151-18-1
(шифр)
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)
на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру
(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ас. Славінський Д.В.			
Провідний консультант	ас. Славінський Д.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	ст.викл.Проценко С.М.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

(повна назва)

_____ Бубліковим А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студентці _____ Коротич А.Д. _____ академічної групи _____ 151-18-1 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	10.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	20.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	27.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	30.05.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	03.06.2022

Завдання видано

_____ (підпис п.конс.)

ас. Славінський Д.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

28.03.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

14.06.2022

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Коротич А.Д.

(прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 64 сторінка, 37 рисунків, 17 таблиць, 24 джерела.

Предмет дослідження: автоматизація процесу керування нагрівом молока у апараті для виготовлення твердого сиру.

Об'єкт дослідження: процес виготовлення твердого сиру.

Мета дослідження: отримання моделі процесу зміни температури молока у апараті для виготовлення твердого сиру.

Основними методами дослідження використаними для досягнення поставленої мети були: аналіз літературних джерел, декомпозиція, планування експерименту, статистичний аналіз даних, імітаційне моделювання.

За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об'єкта керування.

Згідно до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів були обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В. В якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 214-2BE03. Також були вибрані модулі аналогового вводу та виводу, через які забезпечено підключення датчика та виконавчого пристрою.. Розроблені функціональна схема автоматизації сировиготовлювача та схема електрична принципова системи керування

Використовуючи інформацію про особливості роботи вертикального сировиготовлювача та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи. Розглядаючи вертикальний сировиготовлювач, як об'єкт керування по контуру регулювання температури на виході гріючої «сорочки» та беручи до уваги розроблену схему

інформаційних потоків дослідницької системи був запропонований план активного експерименту.

Використовуючи результати ідентифікації об'єкта керування розроблено імітаційну модель вертикального сировиготовлювача в графічному середовищі Simulink ППП MATLAB. Порівняльний аналіз даних отриманих при роботі імітаційної моделі з перевірочними даними показав їх співпадіння на 87,27%, тому отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкту керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

Ключові слова: МОЛОКО, СИР, АПАРАТ, КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА, МОДЕЛЬ, ДАТЧИК.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості	9
1.2 Технологічний процес	10
1.3 Об'єкт керування.....	12
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	12
1.3.2 Структура об'єкта керування.....	14
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	16
1.5 Висновки по розділу	17
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	19
2.1 Розробка структурної схеми системи керування.....	19
2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування.....	20
2.2.1 Вибір давачів	20
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	21
2.2.3 Вибір пристрою керування	24
2.2.4 Вибір джерел живлення.....	28
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	29
2.4 Розробка схеми електричної принципової	30
2.5 Висновки по розділу	31
3 Визначення моделі об'єкта керування.....	33
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	33
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	34
3.3 Виконання експерименту	36
3.4 Обробка результатів експерименту.....	40
3.4.1 Підготовка даних.....	40
3.4.2 Структурна ідентифікація	40
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	43

	6
3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	45
3.6 Перевірка моделі на адекватність.....	46
3.7 Висновки по розділу	48
4 Економічна частина	50
4.1 Розрахунок капітальних витрат на придбання і монтаж складових системи	50
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача..	52
4.2.1 Амортизація	52
4.2.2 Розрахунок витрат на електроенергію	52
4.2.3 Витрати на технічне обслуговування.....	53
4.3 Висновки по розділу	53
5 Охорона праці.....	54
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	54
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	54
5.3 Пожежна профілактика.....	56
5.4 Висновки по розділу	57
Висновки	58
Перелік посилань.....	60
Додаток А – Відомість проекту	63

ВСТУП

Твердий сир – їжа, що виготовляється з молока різних тварин шляхом зброджування його сичугом або різними молочно-кислими бактеріями, відокремленні сироватки з подальшою обробкою згустку та витримкою від трьох місяців до трьох і більше років [1].

Виготовлення твердого сиру є багатостадійним процесом. Основні стадії: підготовка молока знежирення та пастеризація; вурдження – додавання молочно-кислої або сичужною закваски; відділення сироватки; пресування – з'єднання сирних зерен в монолітний шматок, а також вичавлювання залишків сироватки; соління; дозрівання (визрівання), при якому всі складові частини сирної маси піддаються глибоким змінам, внаслідок яких формуються специфічний смак, аромат сиру, його консистенція і рисунок. Важливою особливістю твердих сичужних сирів, виготовлених за традиційною технологією, є придатність їх до тривалого зберігання.

Наразі існує низка проблем при виробництві твердих сирів. Насамперед це низький технічний і технологічний рівень підприємств, високий рівень застосування ручної праці призводить до значних втрат сухих речовин при виробництві сиру; додаткового механічного та бактеріального забруднення; величезних енергетичних витрат; погіршення екології. Все це веде до додаткового збільшення собівартості продукції, скорочення термінів реалізації і погіршення якості готового продукту. Отже, у підсумку знижується ефективність сироробного виробництва та не створюється економічна база для формування інвестиційного процесу для модернізації галузі [2].

Отже, основним напрямком розвитку сировиробництва на сучасному етапі є удосконалення існуючих технологічних процесів, розробка ресурсозберігаючих технологій, автоматизація технологічних процесів і підвищення безпечності та якості натуральних твердих сичужних сирів [3].

У кваліфікаційній роботі розглядається технологічний процес виготовлення твердого сиру. В апаратах для виготовлення сирного зерна

(виготовлювачах сиру твердого) відбувається підігрів молока до температури заквашування, внесення закваски, перемішування, скисання молока, розрізання згустку, обсушування зерна (друге нагрівання), відведення заданої кількості сироватки і вивантаження сирного зерна.

Таким чином на якість кінцевого продукту та продуктивність виготовлювача сиру впливають багато чинників.

У роботі необхідно розглянути питання структури системи керування та її складових елементів, розглянути заходи з охорони праці на виробництві.

Автоматизація процесу керування виробництвом твердого сиру, буде проходити на основі вже використовованого обладнання та пристроїв, шляхом доопрацювання та удосконалення ланок технологічного процесу.

Оскільки в багатьох містах України розташовані великі молокопереробні заводи та комплекси, обрана тема є актуальною і спрямована на підвищення якості та зниження собівартості виробництва твердого сиру.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Молочна промисловість – галузь харчової промисловості, що об'єднує підприємства з виробництва з молока і різних молочних продуктів. До складу промисловості входять підприємства з виробництва тваринного масла, суцільномолочної продукції, молочних консервів, сухого молока, сиру, бринзи, морозива, казеїну та іншої молочної продукції. [4].

Сироваріння – це технологічний процес виготовлення сиру.

Переробкою молока у сир, в Україні займається більше 300 підприємств, проте майже 80% ринку контролює 50 заводів, значна частина яких входить до складу великих холдингів.

На сьогодні найбільшими та впливовими на українському ринку молока та молочних продуктів є компанії Юнімілк Україна (ТМ «Био-Баланс», «Галактон», «Кремез», «Простоквашино», «Украинское»), Милкиленд-Україна (ТМ «7-я», «Добряна», «Коляда», «Крынка») та Вімм-Білл-Данн Україна (ТМ НЕО, «Веселый молочник», «Домик в деревне», «Слов'яночка»). У 2009 році сумарна частка трьох найбільших компаній галузі на ринку становить 22%, 2010 року перша трійка гравців контролювала 21% ринку.

За трійкою лідерів йдуть такі виробники, як Геркулес (ТМ «Геркулес», «Добрыня», «Глечик», «Утречко»), Західна молочна група (ТМ Optimal, «Гурманіка», «Молочна родина»), Лакталіс-Україна (Lactalis Group) (ТМ «Фанні», «President»), ТОВ «Люстдорф» (ТМ «На здоровье», «Селянське», «Бурёнка», «Тотоша»), Рейнфорд (ТМ «Щодня»), Галичина (ТМ «Галичина», «Молочар», «Чабаны»), комбінат Придніпровський (ТМ «Злагода»), група Danone (ТМ «Activia», «Actimel») [5].

На зовнішньому ринку працює 31,9% молочних підприємств України. Переважна частина підприємств молочної галузі експортують готову продукцію (83%), напівфабрикати на зовнішній ринок поставляють 31% підприємств, сировину - 6,9%. Географічно експортна діяльність українських

підприємств сконцентрована на ринках країн СНД (89,7%), Європи (6,9%) та США (3,4%) [5].

Власні молочні ресурси станом на 2020 рік забезпечують лише 75 % потреб України, решта імпортується (т.ч. з Росії, Польщі, Білорусії). Одним з основних каналів збуту молока є переробні підприємства, що закуповують сьогодні близько 42 % усієї виробленої в країні сировини.

1.2 Технологічний процес

Технологічна схема лінії виробництва твердого сиру приведена на рисунку 1.1.

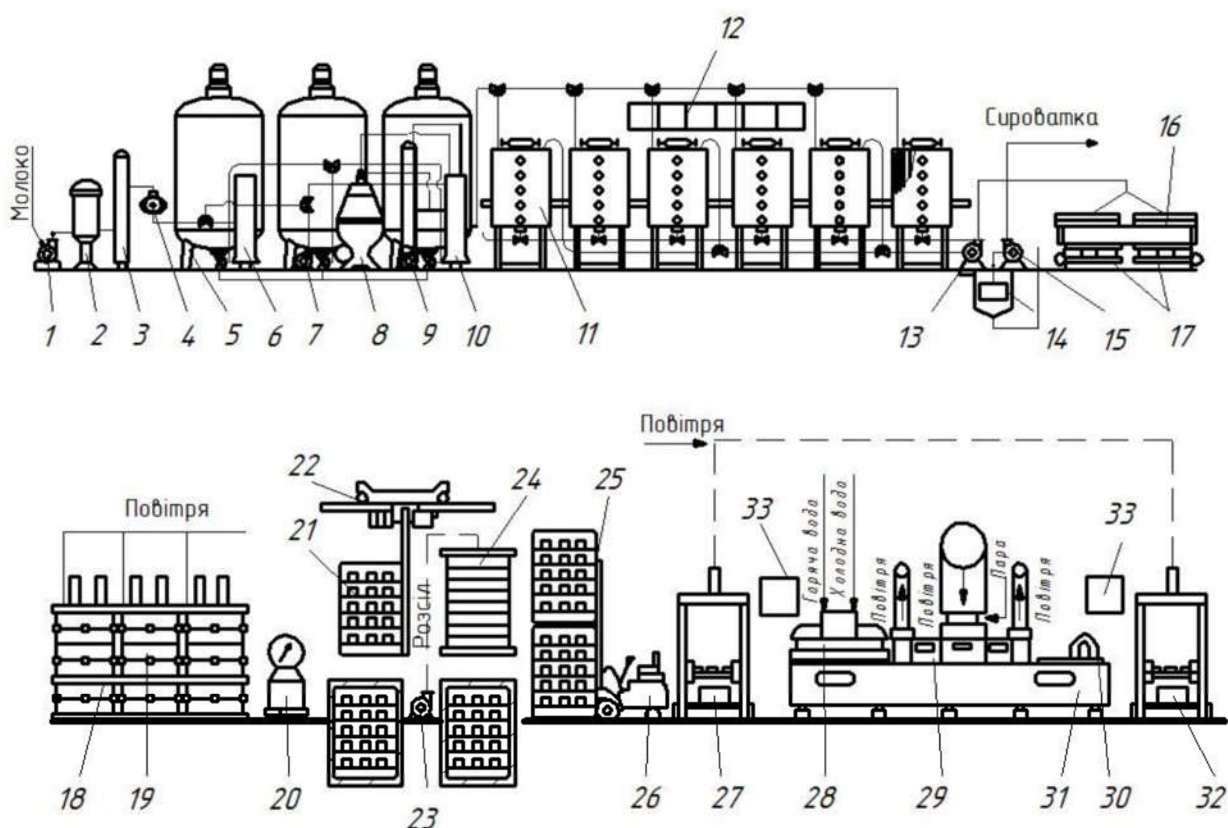


Рисунок 1.1 – Технологічна схема лінії виробництва твердого сиру [6]

Молоко насосом (1) прокачується через фільтр (2), очисник повітря (3) і лічильник (4) в ємності для молока (5), охолоджуючись в охолоджувальній установці (6). Охолоджене молоко насосом (7) з ємностей для зберігання молока (5) направляється на пастеризацію в пастеризаційно-охолоджувальну

установку (10), на дезодорацію в дезодораторі, і на нормалізацію в сепаратор (8).

Пастеризоване і нормалізоване молоко з кислотністю не більше 20 °Т направляють в апарати для вироблення сирного зерна (11), куди з пульта керування (12) вносять розчин хлориду кальцію і бактеріальну закваску мезофільних молочнокислих бактерій в кількості 0,5-1,0%. Для прискорення згортання допускається вносити біопрепарат (гідролізат) в кількості 0,05-0,5%. Згортання молока проводять при температурі 30-32 ° С протягом 25-35 хв. Готовий згусток розрізають протягом 15-25 хв до розмірів зерен 7-9 мм, під час постановки 30-40% сироватки видаляють, далі зерно вимішують, після чого доливають ще 15-20% сироватки.

Друге нагрівання здійснюють протягом 10-20 хв при температурі 38-42 ° С. Для поліпшення консистенції відразу ж після другого нагрівання проводять часткову посолку сирної маси в зерні, для чого в суміш зерна з сироваткою вносять розчин хлориду з розрахунку 200-300 г на 100 кг молока. Після другого нагрівання сирної маси, вона вимішується до тих пір, поки зерно не набуває достатньої пружності.

Вимішування триває 10-15 хв, після чого насосом (13) сирне зерно направляється на пересувний стіл (16) і завантажується в формувальному апараті (17). Насосом (15) сироватка зі збірника (14) відводиться на переробку.

У формувальному апараті (7) сирне зерно підпресовується протягом 15-25 хв при тиску 1,0-2,0 кПа, потім розрізається на бруски, що відповідають розмірам форм. Самопресування в формах проводять протягом 20-50 хв. Через 15 хв перевертають, маркують, накривають кришками і знову залишають до кінця самопресування.

За допомогою конвеєра (18), сир завантажують в преси (19) і пресують протягом 1,5-2,5 год. при постійно зростаючому тиску від 10 до 50 кПа. При необхідності, через 30-60 хв сир перепрессовують. Відпресований сир повинен мати від 5,5 до 5,8 рН. Оптимальна масова частка вологи в сирі після пресування 43-45%.

Після зважування на вагах (20) сир підйомником (22) направляється в посолочний етажер (21) для посолу в розсолі з концентрацією хлориду натрію 20% при температурі 8-12 ° С протягом 2,5-3,5 діб. Розсіл насосом (23) циркулює через охолоджувач розсолу (24).

Вийняті з розсолу бруски обсушують протягом 2-3 діб при температурі 8-12 ° С і відносній вологості повітря 90-95%, після чого сир електрозавантажувачем (26) направляють на дозрівання на пересувні стелажі (25). Перші 13-15 діб сир дозріває при температурі 10-12 ° С і відносній вологості повітря 85-90%, потім до одного місяця при 14-16° С, а в подальшому, до кінця дозрівання його витримують при температурі 12-14° С і відносній вологості 75-85%. У комплекті обладнання для догляду за сиром в період дозрівання (27- 33) входить пристрій для розвантаження сирів (27), а також машина для мийки сиру (28), в якій сири миють при появі цвілі і слизу у теплій воді (30-40 ° С) не рідше ніж через 10-12 діб.

В процесі дозрівання сири слід перевертати щотижня, потім через 10-12 днів, причому їх підсушують в машині для сушки сирів (29). Сири парафінують у віці від 15 до 20 діб в парафінері (30). В комплект обладнання для догляду за сиром входять також машина для мийки і обсушування полиць (31), а також пристрій для завантаження сиру на полиці (32) [6].

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Технологічний процес виробництва сиру включає типові обладнання для первинної обробки молока (приймання, сепарування, зберігання, пастеризація та охолодження) та обладнання для проведення подальших технологічних процесів. У відповідності з технологічними процесами можна виділити наступні групи обладнання: для одержання сирного зерна, формування та пресування сиру, для фінішної обробки сиру (мийні машини, парафінери, пакувальні машини тощо). Для одержання сирного зерна використовуються горизонтальні (ванни) та вертикальні сировиготовлювачі [7].

Технологічний об'єкт, що розглядається в кваліфікаційній роботі – вертикальний сировиготовлювач фірми «Шварте» (Німеччина). Цільовим продуктом є сирне зерно, яке виробляється з молока та закваски за рахунок двох почергових нагрівань з різними температурами.

Апарати для виготовлення сиру можна розділити на періодичні й неперервнодіючі, відкриті й закриті, вертикальні й горизонтальні.

У вертикальних сировиготовлювачах фірми "Шварте" (Німеччина) з плоским дном (рис. 1.2) співвідношення довжини до ширини складає 4:3. Сировиготовлювач встановлений на чотирьох опорах з можливістю нахилу в сторону випускного патрубку. В якості ріжучих і вимішуючих інструментів використовують ножі із заточеними лезами, розміщеними горизонтально і вертикально. В напрямі перемішування ножі заокруглені. Під час перемішування напрям мішалок реверсується. При цьому ножі повертаються на 45 градусів за напрямком обертання. Сирна маса попадає на широку полосу леза і не дробиться [7].

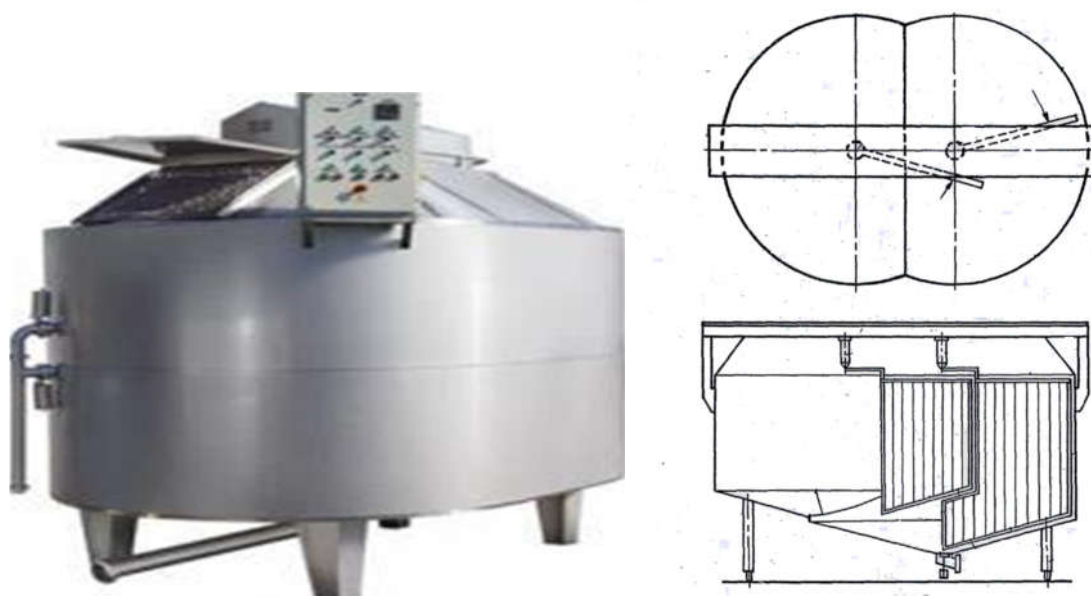


Рисунок 1.2 – Апарат для виготовлення сиру

Апарат для виготовлення сиру фірми «Шварте» Німеччина (на рис. 1.1, під номером 11) являє собою резервуар, перетин якого має форму двох циліндрів, що перетинаються. Під час обробки згустку вся ємність апарата для виготовлення сиру, заповнена продуктом, що рівномірно розрізається і

перемішується. При цьому, завдяки оригінальній формі резервуара, інтенсивність обробки збільшується, оскільки зони дії мішалок перекриваються. Технічні характеристики виготовлювача сиру приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики апарату для виготовлення сиру «Шварте»

№	Найменування параметру	Значення
1	Продуктивність кг/год	250
2	Температура молока початкова, °С	20
3	Температура води в тепловій сорочці, при нагріванні, °С	50-80
4	Кількість обертань мішалок, об/хв	70
5	Вмістимість повна, кг	600
6	Споживана електроенергія, кВт/ч	1,2
7	Займана площа, м ²	1,6

1.3.2 Структура об'єкта керування

На рисунку 1.3 приведена схема апарату для виготовлення сиру, яка є деталізованим фрагментом схеми технологічного процесу.

Пастеризоване і нормалізоване молоко з кислотністю не більше 20 ° Т направляють в апарати для вироблення сирного зерна за допомогою труби з насосом (7), розчин хлориду кальцію з натрієм і бактеріальну закваску мезофільних молочнокислих бактерій в кількості 0,5-1,0% вносять за допомогою дозатора (8) по сигналу з пульта керування. Після внесення розчину та заповнення робочої ємності (600л.), запускається двигун мішалки, молоко вимішується. Згортання молока проводять при температурі 30-32 ° С протягом 25-35 хв. Нагрів молока реалізується за допомогою резервуара з водою та елемента нагріву, який встановлений по за виготовлювачем сиру. Нагріта вода циркулює по тепловій сорочці (2) за допомогою насосу (9), регулювання потужності роботи якого контролюється частотним перетворювачем, тим

самим нагріває сирну масу до потрібної температури. По закінченню першого нагріву згусток розрізається.

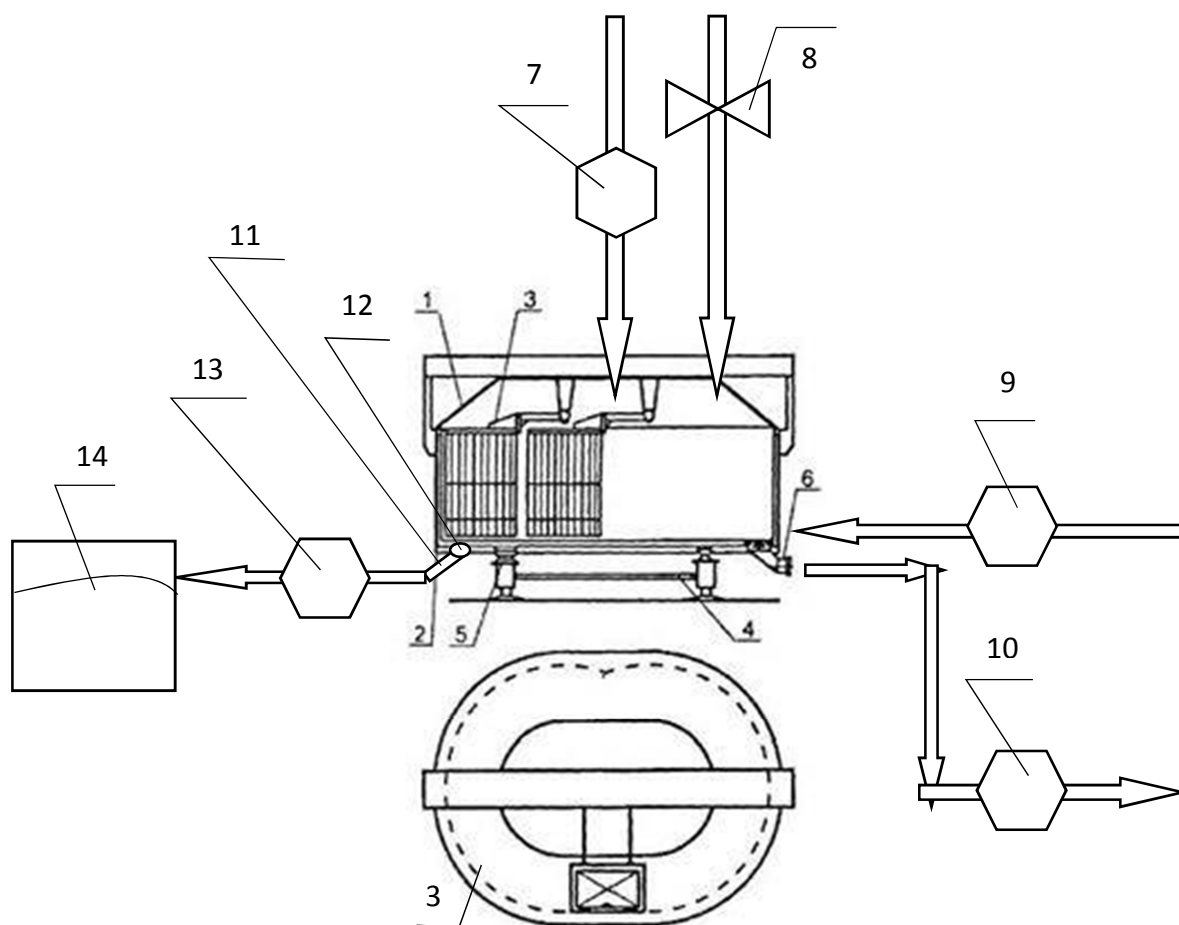


Рисунок 1.3 – Апарат для виготовлення сиру фірми «Шварте» (Німеччина)

[7]

Позначення згідно рисунку 1.3: 1 - робоча ємність; 2 - тепла сорочка; 3 - різально-вимішувальний інструмент; 4, 5 – опори; 6 – патрубок випуску сирної маси; 7 – насос подачі молока; 8 – дозатор розчину хлориду кальцію з натрієм; 9 – насос для циркуляції води; 10 – насос для видалення сирної маси; 11 – патрубок випуску сироватки; 12 – пропускна сітка; 13 – насос для видалення сироватки; 14 – збірник сироватки.

При розрізанні готового згустку протягом 15-25 хв, до розмірів зерен 7-9 мм, напрям обертання різально-вимішувального інструменту (3) реверсується за допомогою асинхронного двигуна АІР 90LА8. Під час постановки 30-40% сироватки видаляють завдяки насосу (13) перед яким встановлена сітка з

мілким перерізом 1мм. Процес видалення 30-40% сироватки насосом (13) до збірника (14) з робочої ємності (1) об'ємом 600 л. займає 5 хвилин.

При другому нагріванні двигун знову реверсується і напрям обертання мішалок змінюється, друге нагрівання здійснюють протягом 10-20 хв при температурі 38-42 °С. Для поліпшення консистенції відразу ж після другого нагрівання знову проводять часткову посолку сирної маси в зерні, для чого в суміш зерна з сироваткою вносять розчин хлориду через дозатор (8) з розрахунку 300 г на 100 кг молока. Після другого нагрівання сирної маси, вимішування відбувається до тих пір, поки зерно не набуває достатньої пружності. Вимішування триває 10-15 хв, після чого насосом (10) сирне зерно направляється на пересувний стіл і завантажується в формувальному апараті [8].

Контур нагріву є одним з основних технологічних апаратів у процесі отримання сирного зерна. В об'язку контуру входять також теплообмінні апарати (елемент нагріву, теплова сорочка) і трубопроводи, по яких здійснюється транспортування підігрітої води насосним обладнанням.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Основним об'єктом керування є контур регулювання температури молока. В апараті для виготовлення сирного зерна (виготовлювачі сиру твердого) відбувається підігрів молока до температури заквашування та обсушування зерна (друге нагрівання). Реалізація нагріву молока у робочій ємності виготовлювача сиру відбувається завдяки тепловій сорочці, яка створює теплообмін між гарячою водою та молоком в резервуарі. Температура води, що йде на підігрів, підтримується шляхом зміни її витрати до «сорочки». Зміна витрати гарячої води відбувається за рахунок зміни продуктивності насосу із встановленим частотним перетворювачем. Для зміни температури води в «сорочці», збільшується, або зменшується частота струму, а отже і кількість гарячої води, що подається. При досягненні температури води у 32, або 42° С, в залежності від того, яке нагрівання (друге, чи перше) відбувається в даний

момент часу, кількість води що потрапляє в теплову сорочку зменшується, тим самим підтримуючи температуру на заданому рівні.

Завдяки аналізу режимів функціонування об'єкту керування, можна зробити висновок, що він відноситься до класу безперервних об'єктів.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Метою дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра є підвищення точності регулювання температури молока на стадії заквашування та обсушування.

Завданням дослідження є вивчення можливості автоматичного керування температурою молока у вертикальному сировиготовлювачі.

Ефективне керування об'єктом з використанням методів теорії автоматичного керування можливо лише тоді, коли відома його математична модель [18]. Математична модель повинна бути отримана у вигляді передатної функції. Кінцева модель має бути представлена в пакеті імітаційного моделювання Simulink.

Об'єкт керування – вертикальний сировиготовлювач, відноситься до безперервного класу. При цьому для безперервного об'єкта керування визначаються напрямки планування експерименту і вимоги до методів дослідження.

Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність повинна виконуватися за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Розбіжність між результатами моделювання та експериментальними даними не повинна перевищувати стандартного технічного відхилення в 10%.

1.5 Висновки по розділу

Аналіз роботи обладнання для виробництва твердого сиру, а саме процесу отримання сирного зерна у сировиготовлювачі показав що:

– об'єктом дослідження є автоматизація процесу керування температурою молока (опосередковано, через температуру води на виході гріючої «сорочки») у сировиготовлювачі;

– предметом дослідження є процес керування температурою води на виході гріючої «сорочки» сировиготовлювача;

– метою дослідження є підвищення ефективності процесу автоматичного керування температурою води на виході гріючої «сорочки» у сировиготовлювачі;

– об'єктом керування є вертикальний сировиготовлювач фірми «Шварте»;

– вхідним параметром об'єкта керування є сигнал керування продуктивністю насоса теплоносія (гарячої води) 0-5 м³/г на нагрів молока;

– вихідним параметром об'єкта керування є температура води на виході гріючої «сорочки» у сировиготовлювачі;

– сировиготовлювач, як об'єкт керування, відноситься до класу безперервних;

– математична модель сировиготовлювача, як об'єкта керування, має бути одержана у вигляді передавальної функції.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Об'єктом керування є сировиготовлювач, а саме контур керування температурою молока (опосередковано через температуру води на виході з теплової «сорочки») у вертикальному сировиготовлювачі. Вхідним параметром об'єкту керування є вхідний сигнал на виконавчий пристрій, а саме на частотний перетворювач, який встановлений на приводі насоса. Він змінює частоту струму, чим впливає на швидкість обертання двигуна насоса і в свою чергу на його продуктивність. Даний параметр задається в межах $0..5 \text{ м}^3/\text{г}$, де 0 відповідає припиненню подачі гарячої води (тобто вода нагріта до потрібної температури), а $5 \text{ м}^3/\text{г}$ – максимальна витрата нагрітої води до теплової сорочки.

Вихідним параметрами об'єкта є температура води на виході теплової сорочки, яка може перебувати в межах від 32°C до 42°C , в залежності від того, яке нагрівання (друге, чи перше) відбувається в даний момент часу.

Розроблена структурна схема системи керування представлена на рисунку 2.1.

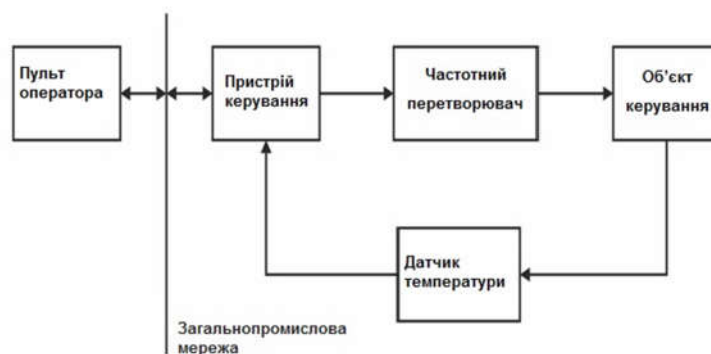


Рисунок 2.1 - Структурна схема системи керування

Основним завданням системи керування сировиготовлювачем є підтримання температури молока при нагріванні. Температура молока контролюється опосередковано через температуру води на виході із «сорочки». Отже, система повинна мати датчик, який вимірює температуру води на виході з теплової «сорочки» виготовлювача сиру, насос, який керується частотним перетворювачем, пристрій керування, що задає швидкість обертання двигуна

насоса в залежності від значення температури води на виході з теплової «сорочки» і пульт оператора, призначенням якого є спостереження за перебігом процесу.

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.2.1 Вибір датчиків

Завданням системи керування є підтримання температури води на виході з теплової «сорочки», яка може перебувати в межах від 32 до 42°C. Для вимірювання температури в межах від 32 до 42 °C використовуються термометри опору. Так як датчики монтуються в робочій ємності виготовлювача сиру та на вході в теплову сорочку, тобто використовується в харчовій промисловості, вони повинні мати висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи. Датчик під'єднується до пристрою керування за допомогою стандартного перешкодозахищеного струмового інтерфейсу 4..20мА.

Висунутим вимогам відповідає датчик ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2] (рис. 2.2), що має межу вимірювання 0..150 °C, та може працювати при відносній вологості повітря до 95% при температурі до +35 ° C і більш низьких температурах без конденсації вологи, максимальному робочий тиск 1,6 МПа (16,0 кгс / см²), мінімальною глибиною занурення 40 мм, із встановленими термоперетворювачем НТП-2 зі струмовим інтерфейсом 4-20 мА (табл. 2.1).

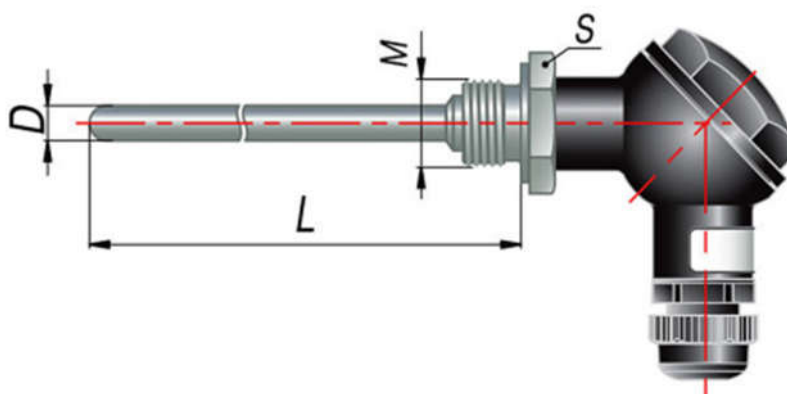


Рисунок 2.2 – Термометр опору ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2]

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2]

№	Найменування параметру	Значення
1	Виконання	ДТС025Л
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	0 – 150
3	Діапазон вимірювання різниці температур, °С	від 3 до 150
4	Номінальна статична характеристика (НСХ)	50М
5	Ступінь захисту від вологи і пилу	IP54
6	Стійкість до вібрації	Група N2 по ГОСТ Р 52931
7	Вихідний сигнал (НТП-2)	4..20мА
8	Відносна похибка при вимірюванні різниці температур, %	$\delta t, = (0,5 + 3t_{\min} / t)$
9	Група і вид кліматичного виконання	С4, Р2
10	Матеріал захисної арматури	12Х18Н10Т

Згідно з обраними датчиками та їх технічними характеристиками складена таблиця 2.2

Таблиця 2.2 – Датчики системи керування

№	Назва параметру	Принцип контролю	Тип	Діапазон змін	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура води	Вимірювання температури	Аналоговий	0–150°С	$\delta t, = (0,5 + 3t_{\min} / t)$	4..20мА	0,1с	24 В	1Вт

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для реалізації підігріву молока у виготовлювачі сиру за рахунок циркуляція води у тепловій сорочці, потрібно обрати насос, який можна використовувати у харчовій промисловості. Так як, об'єм резервуару робочої ємності теплової сорочки в порівнянні з можливостями промислових насосів досить невеликий (70л.), слід обрати насоси невеликої потужності та невеликим об'ємом перекачування рідини у годину. Висунутим вимогам відповідає трифазний насос Pedrollo NGA 1B – PRO потужністю 0.55кВт та можливістю перекачування рідини 5 м³/год. (рис. 2.3). Насоси компанії Pedrollo серії NGA-PRO служать для перекачування чистої води яка не містить абразивних частинок або перекачування хімічно неагресивних рідин. Насос відцентровий і

трифазний, працює від мережі 380В. Корпус насоса виготовлений з нержавіючої сталі, має фланець, вал двигуна, і робоче колесо відкритого типу, також виконані з нержавіючої сталі. Технічні характеристики трифазного насосу Pedrollo NGA 1B – PRO приведені у таблиці 2.3.



Рисунок 2.3 – Трифазний насос Pedrollo NGA 1B – PRO

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики насосу Pedrollo NGA 1B – PRO

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Трифазний, відцентровий
2	Потужність, кВт	0,55
3	Потужність, НР	0,75
4	Об'єм рідини, яка перекачується, м ³ /год	5
5	Температура робочого середовища, С	-10..100
6	Клас захисту	IP44/IP54
7	Маса, кг	11

Одним з найголовніших завдань системи керування є необхідність регулювання подачі води в теплову сорочку. А саме можливість зміни частоти струму живлення приводу насосу. Так як, обраний насос невеликої потужності (0,55 кВт), слід обрати пристрій, який буде призначений для відповідної потужності. Керування пристроєм повинно здійснюватися за допомогою стандартного перешкодозахищеного струмового інтерфейсу 4..20мА.

Висунутим вимогам відповідає частотний перетворювач Delta Electronics VFD-EL VFD007EL43A (рис. 2.4) з потужністю 0.75 кВт та токовим

інтерфейсом 4-20 мА. Перетворювач частоти VFD-EL VFD007EL43A - це енергозберігаючий пристрій мініатюрних розмірів від компанії Delta Electronics. У перетворювачі частоти VFD-EL VFD007EL43A є вбудований гальмівний модуль і ЕМС фільтр класу С2 (висока ступінь захисту від перешкод). Пульти знімний, має мінімальні габарити, які можуть бути вирішальними в таких факторах, як загальна собівартість систем керування. Перетворювачі Delta Electronics VFD-EL VFD007EL43A економічні перетворювачі частоти, розроблені для керування швидкістю обертання трифазних електродвигунів, загального застосування малої потужності. Технічні характеристики частотного перетворювача VFD-EL VFD007EL43A приведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики частотного перетворювача VFD-EL VFD007EL43A

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Трифазний
2	Потужність, кВт	0.75
3	Число фаз / напруга на вході	3-ф/380 (трифазний 380в) В
4	Число фаз / напруга на виході	3-ф / 380 В
5	Струм номінальний 4.20 А	2.50 А
6	Струм в перебігу 1 хвилини	3.8 А
7	Максимальна вихідна частота	600Гц
9	Число / тип аналогових входів	0-10V або 0-20mA
10	Число / тип аналогових виходів	0-10V або 0-20mA
11	Інтерфейс	RS-485 / PROFIBUS DP



Рисунок 2.4 – Частотний перетворювач VFD-EL VFD007EL43A

Згідно з обраними виконавчими пристроями складена таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Виконавчі пристрої системи керування

№	Назва параметру	Принцип контролю	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Потужність споживання
1	Постійний струм	Частота струму	Трифазний насос	4-20 мА	100%	4..20мА	0,1с	0,75 кВт

2.2.3 Вибір пристрою керування

Процесорні модулі (модулі ЦПУ) здійснюють керування і регулювання технологічним процесом або обладнанням відповідно до закладеної в них користувачем програмою. Їх вибір здійснюється виходячи з особливостей розв'язуваної задачі відповідно необхідним рівнем продуктивності і обсягом пам'яті. Вони можуть розширюватися за допомогою сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів.

Для задоволення вимог системи керування контуром нагріву виготовлювача сиру в якості пристрою керування має використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Так як, програмні контролери цієї компанії мають високу швидкодію та забезпечують короткий цикл виконання програми. Оскільки система керування не дуже вимоглива до швидкості реакції контролера, достатнім буде якщо цикл роботи контролера

буде тривати не більше 100мс. Крім цього для забезпечення реалізації програми необхідно не менш 1 Кбайту вільної робочої пам'яті.

Оскільки в структуру системи керування входить підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора, яка має бути виконана на базі персонального комп'ютера (ПК), то контролер повинен мати Ethernet інтерфейс.

Цим вимогам відповідає ПЛК VIPA 214-2BE03 (рис. 2.5). Основні технічні характеристики ПЛК VIPA 214-2BE03 представлені у таблиці 2.6.



Рисунок 2.5 – ПЛК VIPA 214-2BE03

Таблиця 2.6 – Основні характеристики контролера VIPA 214-2BE03

№	Параметр	Значення
1	Тип	CPU214NET
2	Пам'ять, кБайт	144
3	Робоча пам'ять, кБайт	96
4	Кількість підключених модулів, од	32
5	Ethernet інтерфейс	Є
6	Напруга живлення, В	24
7	Споживана потужність, Вт	6

Підключення датчика температури ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2] до ПЛК виконується через модуль аналогового вводу з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА. Для виконання цих вимог може бути використаний

модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, що має чотири аналогові входи 4..20 мА (рис. 2.6). Характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40 наведені у таблиці 2.7.

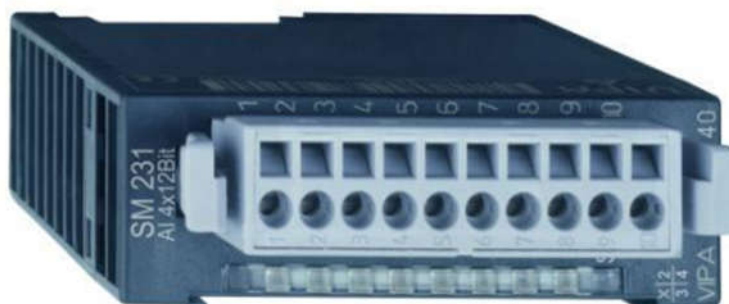


Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вводу 231-1BD40

Таблиця 2.7 – Характеристики аналогового вводу модуля 231-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість входів	4
3	Вхідний сигнал, мА	4÷20, -20÷+20
4	Тип входів	аналоговий
5	Споживча потужність, Вт	0,6

Згідно вимог, система керування підтриманням температури води на виході з теплової «сорочки» сировиготовлювача повинна відображати перебіг технологічного процесу згідно з отриманими з програмованого логічного контролера даними. Ця вимога буде реалізована на базі ПК, а зв'язок з ПЛК буде виконано за допомогою інтерфейсу Ethernet. Схема підключення ПК до ПЛК наведена на рисунку 2.7.

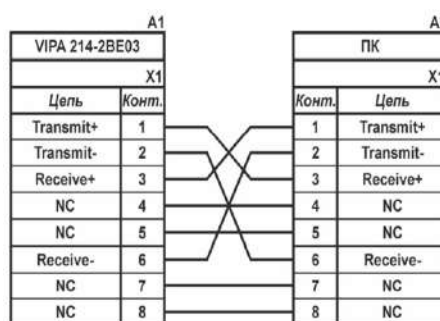


Рисунок 2.7 – Підключення за допомогою Ethernet

Також, для підключення до ПЛК частотного перетворювача VFD-EL VFD007EL43A необхідно використати модуль аналогового виводу. Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 232-1BD40, він має чотири аналогові виходи 4..20 мА (рис. 2.10). Технічні характеристики модуля VIPA 232-1BD40 наведені у таблиці 2.8.

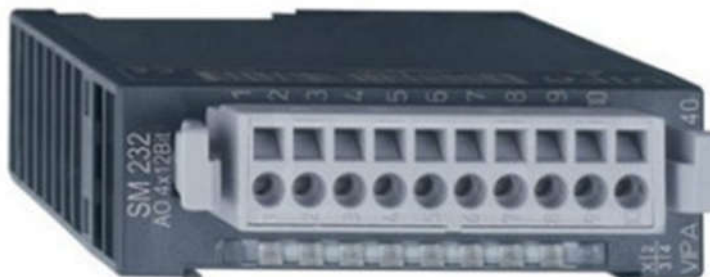


Рисунок 2.8 – Модуль аналогового виводу 232-1BD40

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу 232-1BD40

№	Параметр	Значення
1	Тип	SM 232, ECO
2	Кількість виходів	4
3	Діапазон вихідного сигналу, мА	4÷20, -20÷+20
4	Тип входів	аналоговий
5	Споживча потужність, Вт	1,5

З огляду на обрану комплектацію програмованого логічного контролера складена таблиця 2.10.

Таблиця 2.9 – ПЛК та його модулі

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 241-2BE03	Модуль центрального процесора	6 Вт
2	VIPA 231-1BD40	Аналоговий ввід	0,6 Вт
3	VIPA 232-1BD40	Аналоговий вивід	1,5 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

ПЛК VIPA 214-2BE03 та модулі вводу/виводу живляться від напруги +24В. Потужність споживання контролера та його модулів:

$$P = 6 + 0,6 + 1,5 = 8,1 \text{ Вт}$$

Джерело напруги 24В, яке можна використати для живлення контролера, це блок Carlo Gavazzi SPD24301, що має потужність 30 Вт (рис. 2.9). Характеристики джерела живлення SPD24301 представлені у таблиці 2.10.



Рисунок 2.9 – Блок SPD24301

Таблиця 2.10 – Характеристики блоку SPD24301

№	Параметр	Значення
1	Напруга мережі, В	~85÷~264
2	Робоча напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1.25

Схема підключення джерела живлення SPD24301 до ПЛК VIPA 214-2BE03, представлена на рисунку 2.10.

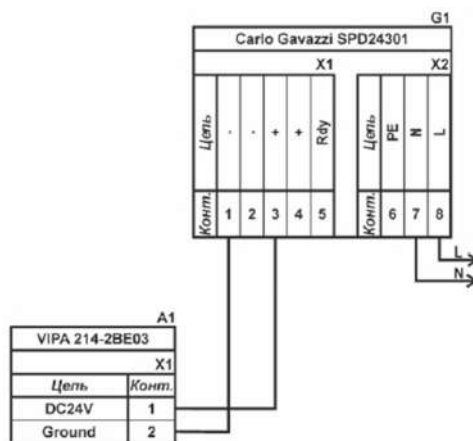


Рисунок 2.10 – Схема з'єднання контролера та джерела живлення SPD24301.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

З огляду на розроблену структурну схему системи керування температури води на виході з теплової «сорочки» і вибраного апаратного забезпечення, була розроблена функціональна схема автоматизації (ФСА) сировиготовлювача (рис. 2.11).

В якості пристроя керування використовується ПЛК VIPA 214-2BE03 (UY3). Дані програмованого логічного контролера про перебіг технологічного процесу відображуються на пульті оператора (UYR4).

Температура води на виході з теплової «сорочки» сировиготовлювача вимірюється за допомогою термометра опору (ТЕ 1-1 - ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2]) з вбудованим нормуючим перетворювачем (ТТ 1-2 – НТП-2) перетворюється в струмовий сигнал 4..20 мА. Пристрій керування (контролер), використовуючи значення температури води на виході з теплової «сорочки», розраховує відхилення дійсного значення температури від заданого. Отримане результату передається контролером до частотного перетворювача (SC 2-2 - VFD-EL VFD007EL43A), який на підставі цього задає швидкість обертання електродвигуна насосу (M1 – трифазний двигун), змінюючи частоту трифазного току.

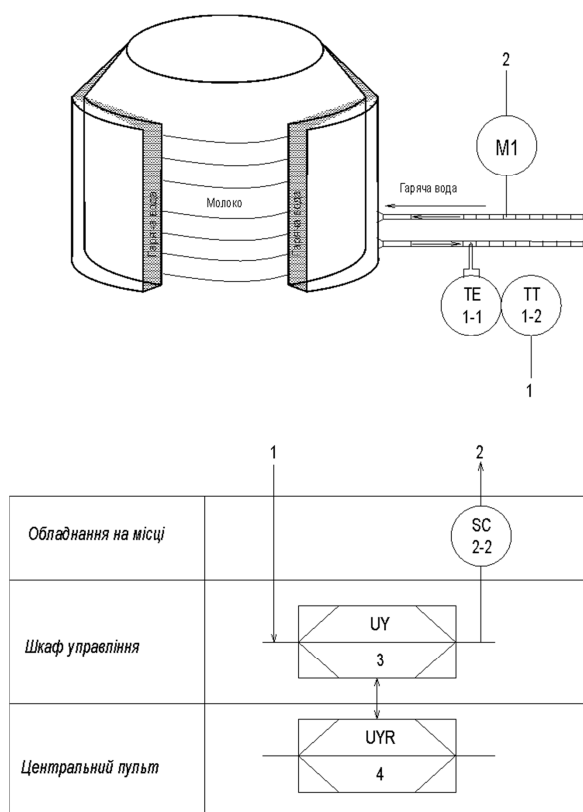


Рисунок 2.11 – Функціональна схема автоматизації сировиготовлювача (контур регулювання температури)

2.4 Розробка схеми електричної принципової

Використовуючи ФСА сировиготовлювача та технічних характеристик обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування контуром регулювання температури, рисунок 2.12.

На схемі присутні джерела живлення SPD24301 (G1 та G2). Перше джерело G1 забезпечує живлення контролера (A1), а до другого джерела (G2) підключено модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (AI) та модуль аналогово виводу VIPA 232-1BD40 (AO), датчик температури ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2] (BK1). Спостереження та внесення змін у процесі роботи системи керування може виконуватись за допомогою ПК (A2) пульта оператора. Зв'язок між ПЛК (A1) і ПК (A2) виконано через інтерфейс Ethernet.

Температура нагрітої води на виході теплової сорочки вимірюється за допомогою датчика ОВЕН ДТС025Л-50М.0,5.20.И.[2] (BK1). Токовий вихід

датчика 4-20 мА підключений до модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1) програмованого логічного контролера (A1).

Керування швидкістю обертання (тобто витратою гарячої води до «сорочки») трифазного електродвигуна насосу (M1) здійснюється ПЛК (A1) завдяки модулю аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A0), що подає сигнал 4-20 мА на вхід до частотного перетворювача VFD-EL VFD007EL43A (A3).

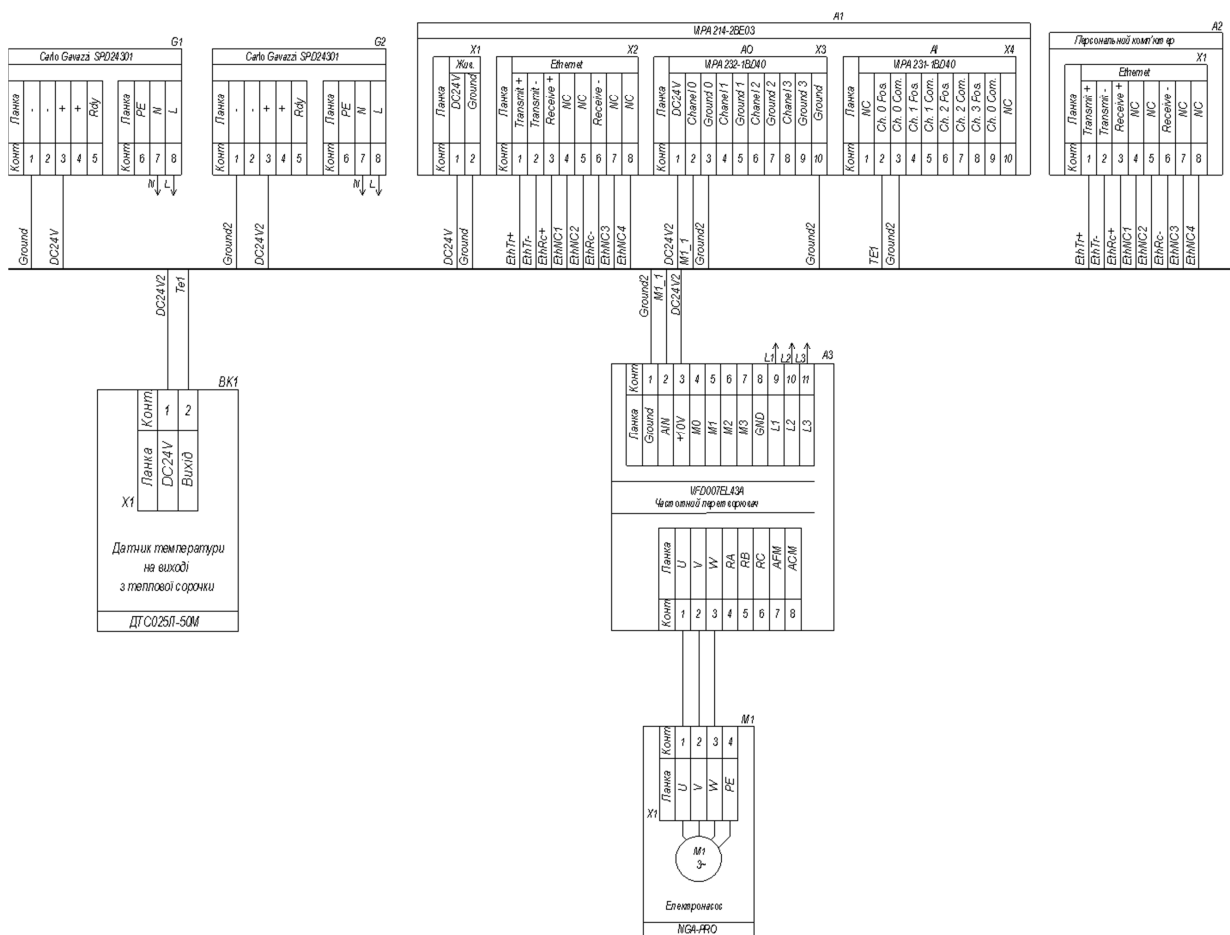


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова системи керування

2.5 Висновки по розділу

Розглянувши процес виробництва твердого сиру, а саме отримання сирного зерна в сировиготовлювачі, його структуру та функціонування, як об'єкта керування, а також вимоги до системи керування було розроблено структурну схему системи керування.

Згідно до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів були обрані датчики та виконавчі пристрої

які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В.

На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 214-2BE03. Також були вибрані модулі аналогового вводу та виводу, через які забезпечено підключення датчика та виконавчого пристрою.

В якості пульта оператора вибрано промисловий комп'ютер.

На основі технічних характеристик датчика, виконавчого пристрою, пристрою керування та панелі оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації сировиготовлювача з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

Результати розробки апаратного забезпечення системи керування будуть використанні при створенні дослідницької системи для збору даних про функціонування об'єкт керування – сировиготовлювача, за якими буде проведено визначення його математичної моделі.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

З кожним роком, на підприємствах молочної промисловості, все більше виконується робіт з оснащення сучасними технічними засобами контролю і керування процесами виробництва. Однак цього недостатньо. Застосовувані системи на підприємствах відрізняються одна від одної об'ємом вирішуваних завдань, сукупністю чинників, що враховуються, принципами побудови і структурою і не дозволяють істотно зменшити енерго-ресурсовитрати і підвищити якість продукції.

Scada zenon має людино-машинний інтерфейс, середовище виконання і програмний програмований логічний контролер (рис. 3.1).

Людино-машинний інтерфейс дозволяє налаштовувати діапазон керуючого впливу і дійсного значення. Крім того людино-машинний інтерфейс дозволяє візуалізувати ці значення в вигляді трендів.

Керуючий вплив, утворений в середовищі виконання, перетворюється з фізичних одиниць в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648 і передається по каналу зв'язку системі віддаленого вводу-виводу. Контролер за допомогою цифро-аналогового перетворювача перетворює його в електричну величину з діапазоном від 0 до 10В, що подається на виконавчий пристрій об'єкта керування. Справжнє значення на об'єкті керування вимірюється за допомогою датчика, з діапазоном від 4 до 20 мА. Електрична величина перетворюється аналого-цифровим перетворювачем системи віддаленого вводу-виводу в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648, яке віддається по каналу зв'язку середовищу виконання, яке перетворює його в фізичні одиниці і візуалізує за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

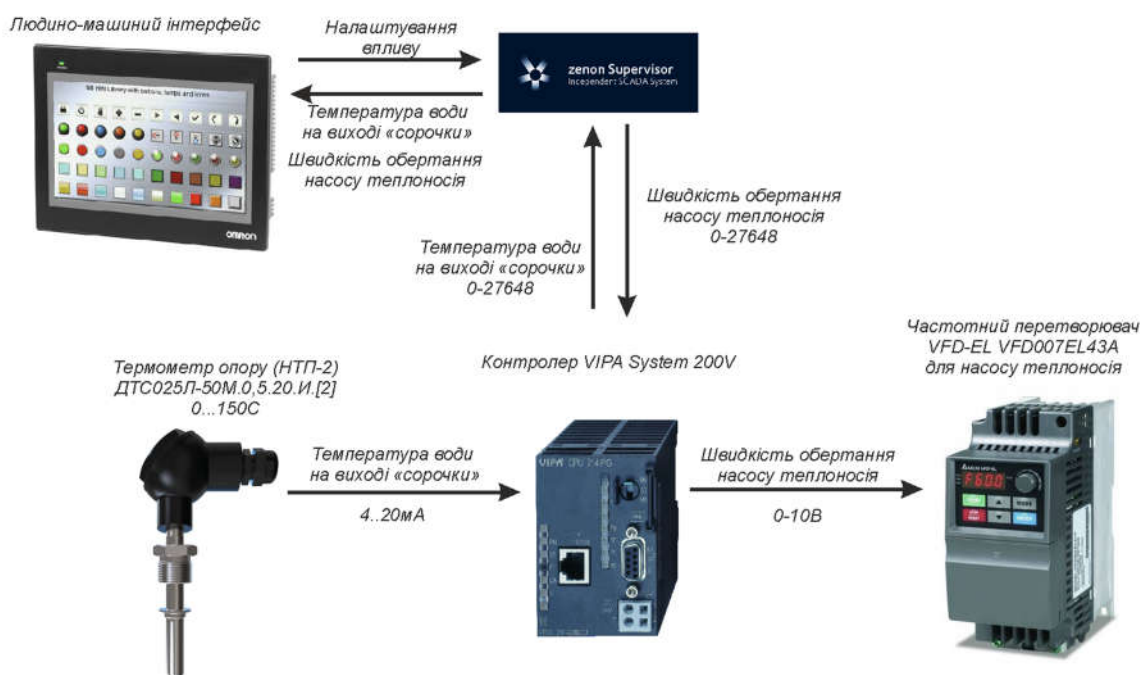


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

З огляду на технічні характеристики об'єкта керування та його апаратного забезпечення, можна стверджувати що вхідним параметром або керуючим впливом є зміна витрати гарячої води до гріючої «сорочки» ($0..5 \text{ м}^3/\text{г}$), а вихідним параметром є температура на виході з «сорочки» (початкова температура прийнята рівною 20°C)

Для побудови математичної моделі об'єкт керування – сировиготовлювача буде використано метод активного експерименту.

Для отримання математичної моделі необхідно виконати зняття динамічної та імпульсної (П-подібної) характеристики, отримати інформацію для побудови статичної характеристики та перевіірочні дані.

План експерименту для отримання характеристик об'єкта керування:

1. Динамічна характеристика об'єкта керування:
 - 1.1 Переведення об'єкту в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – $0 \text{ м}^3/\text{г}$, значення температури 20°C);
 - 1.2 Початок запису даних про перебіг процесу;

- 1.3 Встановлення керуючого впливу на рівні $5 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 1.4 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 1.5 Завершення запису даних про перебіг процесу.
2. Дані для отримання статичної характеристики об'єкта керування:
- 2.1 Переведення об'єкту в початковий стан (подачу води до грійучої «сорочки» зупинено – $0 \text{ м}^3/\text{г}$, значення температури 20°C);
 - 2.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 2.3 Встановлення керуючого впливу на рівні $1 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 2.4 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 2.5 Встановлення керуючого впливу на рівні $2 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 2.6 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 2.7 Встановлення керуючого впливу на рівні $3 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 2.8 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 2.9 Встановлення керуючого впливу на рівні $4 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 2.10 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 2.11 Встановлення керуючого впливу на рівні $5 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до грійучої «сорочки»;
 - 2.12 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 2.13 Завершення запису даних про перебіг процесу;

3. П-подібна характеристика об'єкта керування
 - 3.1 Переведення об'єкту в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – 0 м³/г, значення температури 20°C);
 - 3.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 3.3 Встановлення керуючого впливу на рівні 5 м³/г витрати води до гріючої «сорочки»;
 - 3.4 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 3.5 Встановлення керуючого впливу на рівні 0 м³/г – подачу води до гріючої «сорочки» зупинено;
 - 3.6 Очікування встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки»;
 - 3.7 Завершення запису даних про перебіг процесу;
4. Перевірочні дані
 - 4.1 Переведення об'єкту в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – 0 м³/г, значення температури 20°C);
 - 4.2 Початок запису даних про перебіг процесу;
 - 4.3 Встановлення/зміна керуючих впливів з періодом 750с та псевдовипадковим значенням витрати води від 1 до 4 м³/г до гріючої «сорочки» протягом 30 хвилин;
 - 4.4 Завершення запису даних про перебіг процесу.

3.3 Виконання експерименту

Спираючись на план активного експерименту, для отримання динамічної характеристики, необхідно привести систему до початкового стану (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – 0 м³/г, значення температури 20°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури на виході з «сорочки» та керуючих впливів (витрата води до гріючої «сорочки»). Після початку запису даних подаємо східчастий керуючий вплив 5 м³/г витрати води до гріючої «сорочки» та чекаємо на встановлення

постійного значення температури на виході з «сорочки» (тобто, завершення перехідного процесу). Після цього припиняємо запис даних для побудови динамічної характеристики (рис 3.2).

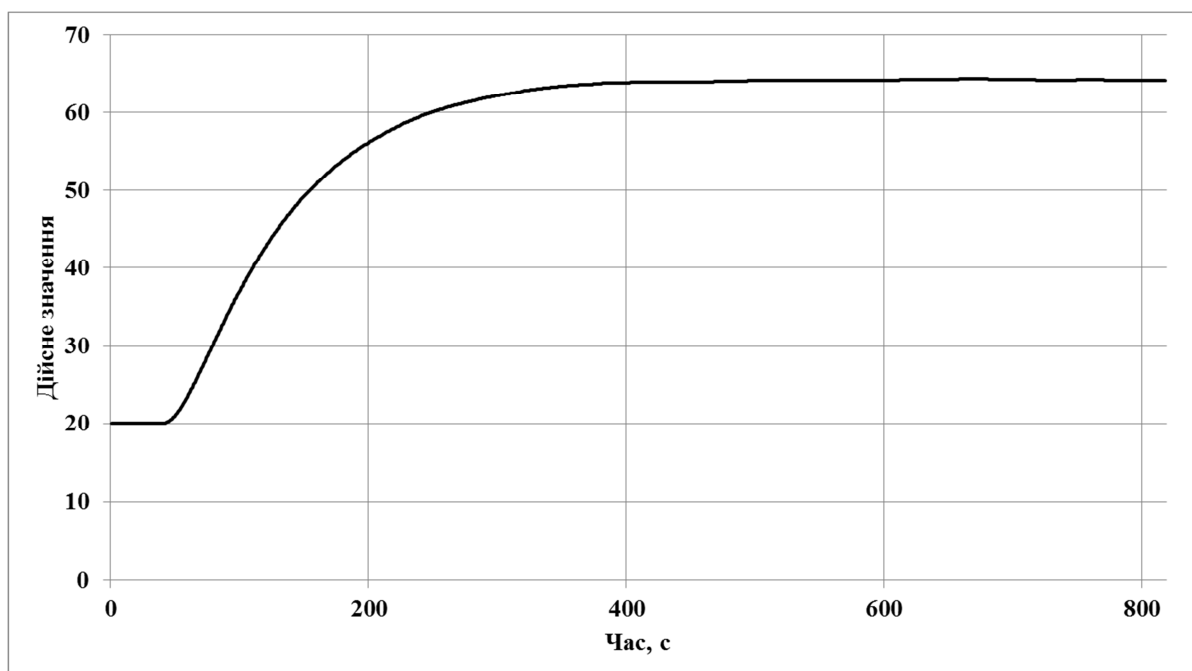


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика

Отримання даних для побудови статичної характеристики виконується наступним чином: переводимо об'єкт в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – $0 \text{ м}^3/\text{г}$, значення температури 20°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури на виході з «сорочки» та керуючих впливів (витрата води до гріючої «сорочки»). Після початку запису даних подаємо східчасті керуючі впливи $1, 2, 3, 4$ та $5 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до гріючої «сорочки» та чекаємо на встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки» після кожної зміни керуючого впливу. Після цього завершуємо запис даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

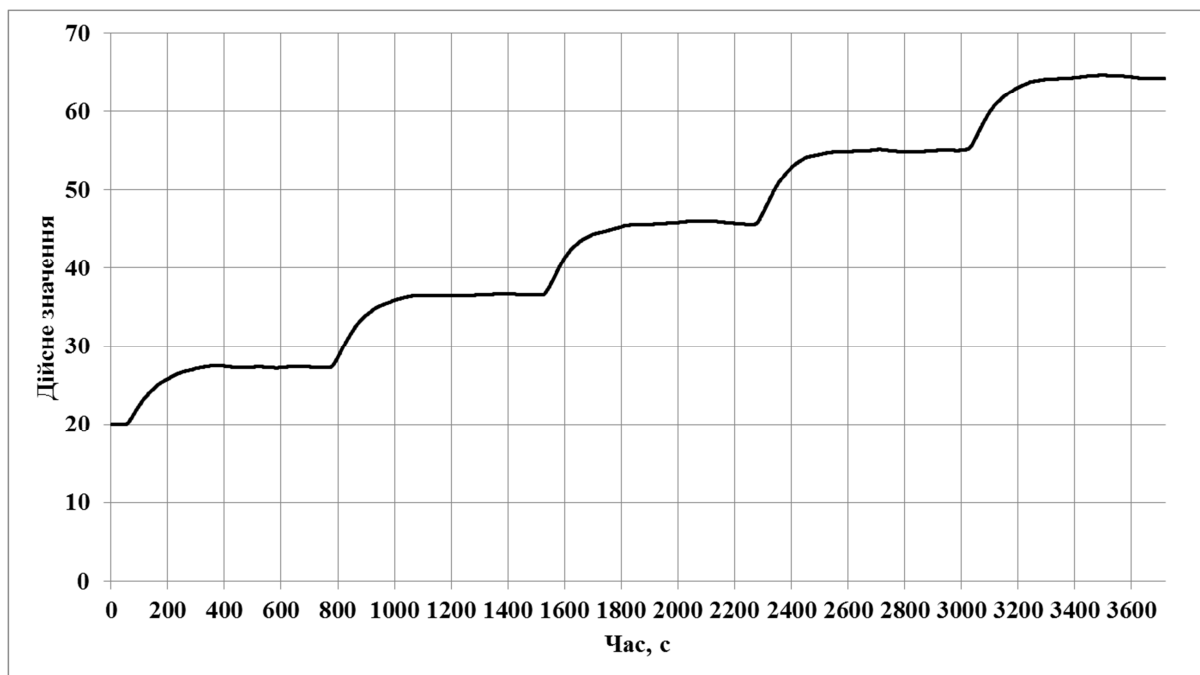


Рисунок 3.3 – Статична характеристика

П-подібна (імпульсна) характеристика

Переводимо об'єкт в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – $0 \text{ м}^3/\text{г}$, значення температури 20°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури на виході з «сорочки» та керуючих впливів (витрата води до гріючої «сорочки»). Після початку запису даних подаємо східчастий керуючий вплив $5 \text{ м}^3/\text{г}$ витрати води до гріючої «сорочки» та чекаємо на встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки» (тобто, завершення перехідного процесу), після чого подаємо східчастий керуючий вплив $0 \text{ м}^3/\text{г}$, зупинивши подачу води до гріючої «сорочки» та чекаємо на встановлення постійного значення температури на виході з «сорочки». Після цього завершуємо запис даних для побудови П-подібної (імпульсної) характеристики (рис 3.4).

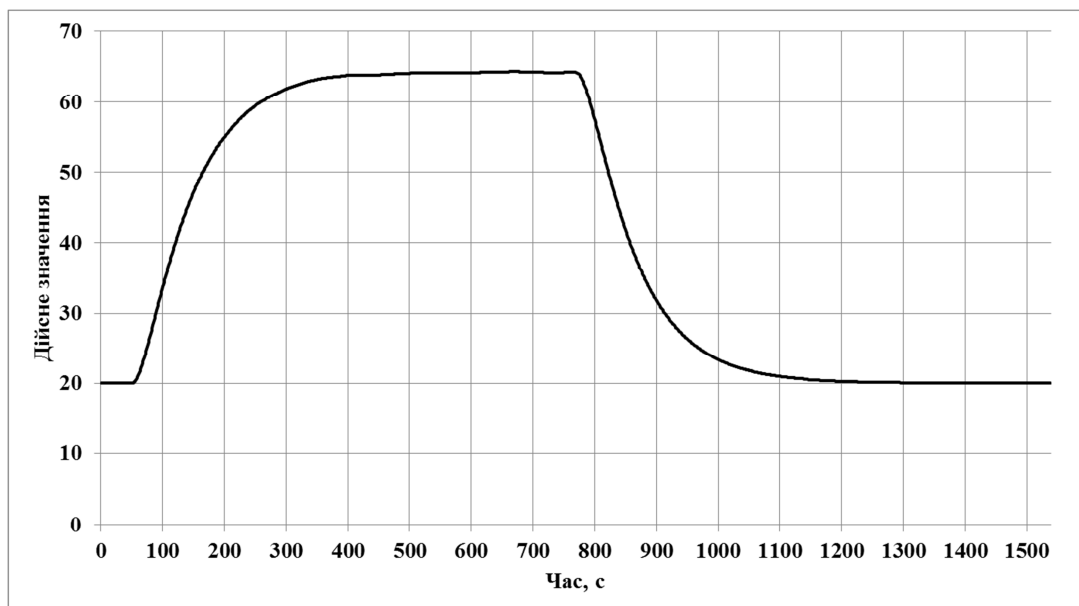


Рисунок 3.4 – П-подібна характеристика

Перевірочні дані.

Переводимо об'єкт в початковий стан (подачу води до гріючої «сорочки» зупинено – $0 \text{ м}^3/\text{г}$, значення температури 20°C). Потім необхідно розпочати запис даних про перебіг процесу: дійсних значень температури на виході з «сорочки» та керуючих впливів (витрата води до гріючої «сорочки»). Після початку запису даних, з інтервалом в 750 секунд, подаємо східчасті керуючі впливи з випадковим значенням від 1 до $4 \text{ м}^3/\text{г}$. Після 30 хвилин вимикаємо запис даних та отримуємо перевірочні дані.

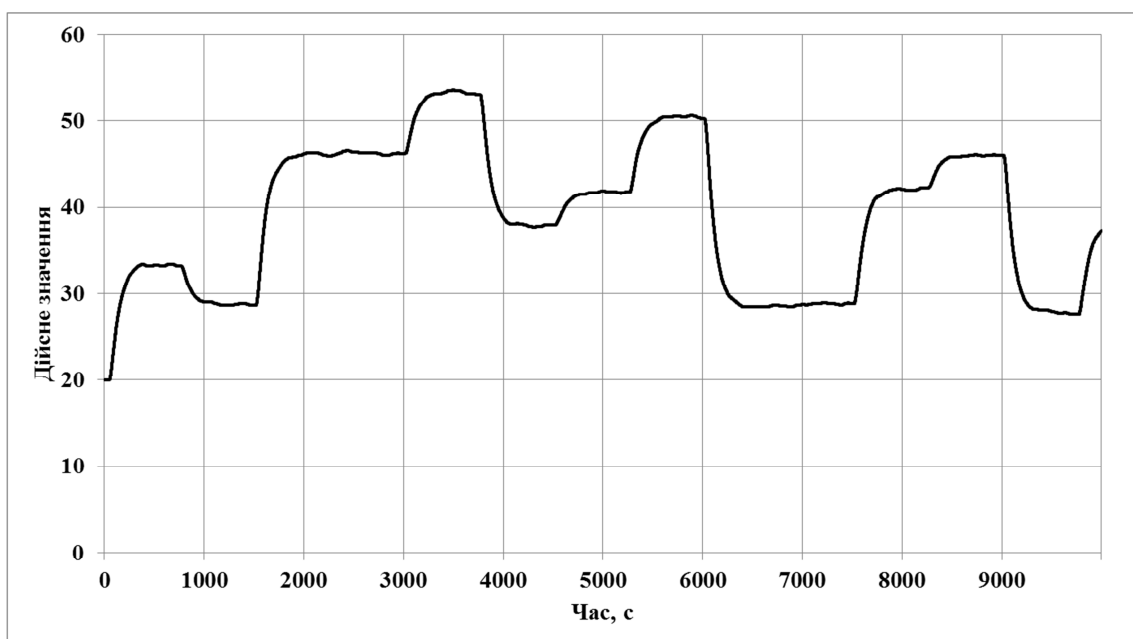


Рисунок 3.5 – Перевірочні дані

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Використовуючи дані, отримані при проведенні активного експерименту, виконаємо ідентифікацію об'єкта керування. Сам процес ідентифікації можна виконати в ППП MATLAB. Для цього дані активного експерименту необхідно імпортувати до MATLAB у вигляді змінних. Змінні для побудови динамічної характеристики «Dynamic_Input» (керуючий вплив) та «Dynamic_Output» (дійсне значення температури), змінні , що відповідають даним статичної характеристики – «Static_Input» та «Static_Output», П-подібному керуючому впливові відповідають дані «P_Input» та «P_Output», перевірочні дані «Check_Input» та «Check_Output”.

Процес отримання математичної моделі сировиготовлювача, як об'єкта керування, буде складатися з двох етапів ідентифікації: структурної та параметричної. При структурній ідентифікації визначається структура моделі (аналіз входів, виходів, їх взаємний вплив). Параметрична ідентифікація відповідає за визначення параметрів моделі – чисельних значень.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Аналізу динамічної характеристики (рис. 3.7).

Використовуючи засоби графічного інтерфейсу MATLAB визначаємо часові проміжки, що відповідають моменту подачі керуючого впливу, часу реагування на керуючий вплив та часу досягнення максимального дійсного значення. Були отримані наступні значення: момент подачі керуючого впливу 30 секунда, час реагування на керуючий вплив 50 секунд, максимальне дійсне значення було досягнуто приблизно на 600 секунд. З урахуванням цих значень можна стверджувати, що об'єкт керування має запізнення 20 секунд (рис 3.5).

З вигляду динамічної характеристики можна стверджувати що вона має мінімум один перегин. Таким чином, можна стверджувати, що об'єкт має мінімум один дійсний від'ємний домінуючий корінь і математична модель сировиготовлювача, по каналу регулювання температури води на виході

гріючої «сорочки», може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого або більш високого порядку.

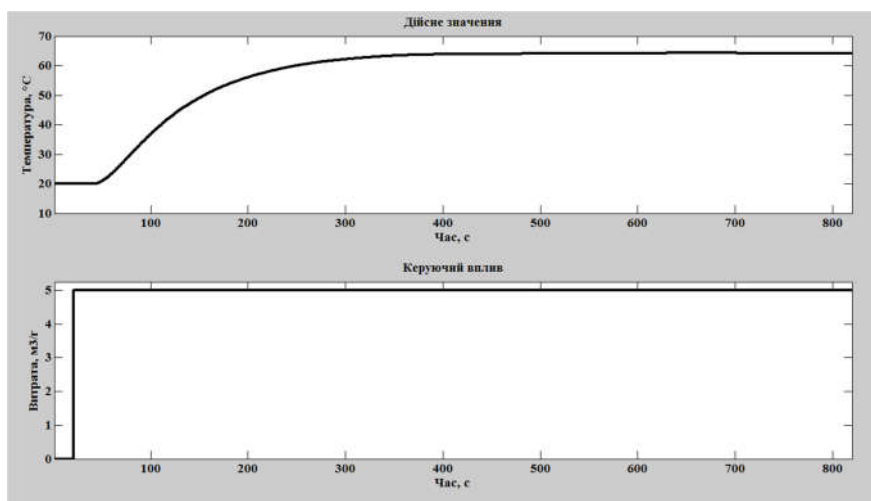


Рисунок 3.7 – Аналіз динамічної характеристики

Проаналізувавши характеристику, отриману за допомогою П-подібного керуючого впливу, встановлено, що зміна керуючого впливу (зміна витрати води до гріючої «сорочки» через продуктивність насосу) від 0 до 5 м³/г, призводить до збільшення дійсного значення, а зміна впливу керуючого від 5 м³/г до 0, призводить до зменшення дійсного значення (рис. 3.8). З огляду на це, цього можна стверджувати, що об'єкт є самовирівнюється і не має інтегруючих властивостей.

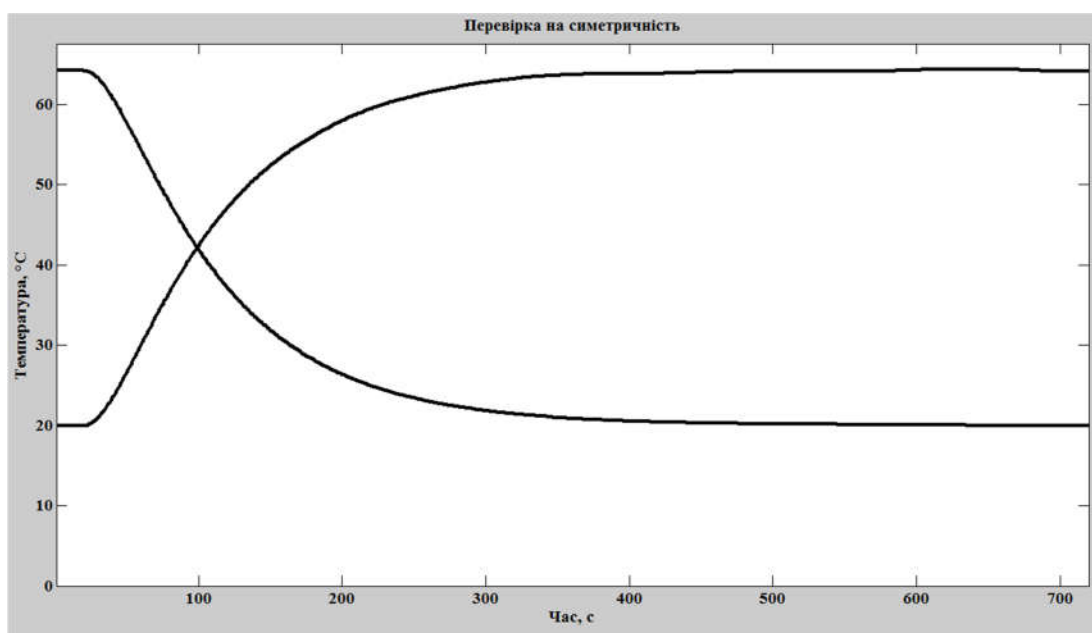


Рисунок 3.8 – Аналіз П-образної характеристики

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалося через функцію розрахунку стандартного відхилення:

```
>> std(P_First) - std(P_Second)
ans = 0.05
```

З огляду на те, що діапазон зміни дійсного значення температури в на виході грійучої «сорочки» приблизно дорівнює 46°C (рис. 3.5), то різниця стандартних відхилень становить менше 1% від вказаного діапазону.

Тобто, сировиготовлювач, як об'єкт керування є симетричним, а його математична модель є лінійною.

Використовуючи засоби графічного інтерфейсу MATLAB визначаємо часові проміжки, що відповідають моментам зміни витрати гарячої води до грійучої «сорочки» сировиготовлювача, часу реагування на ці зміни та часу досягнення максимальних дійсних значень при змінах керуючого впливу. Були отримані наступні значення – рисунок 3.10.

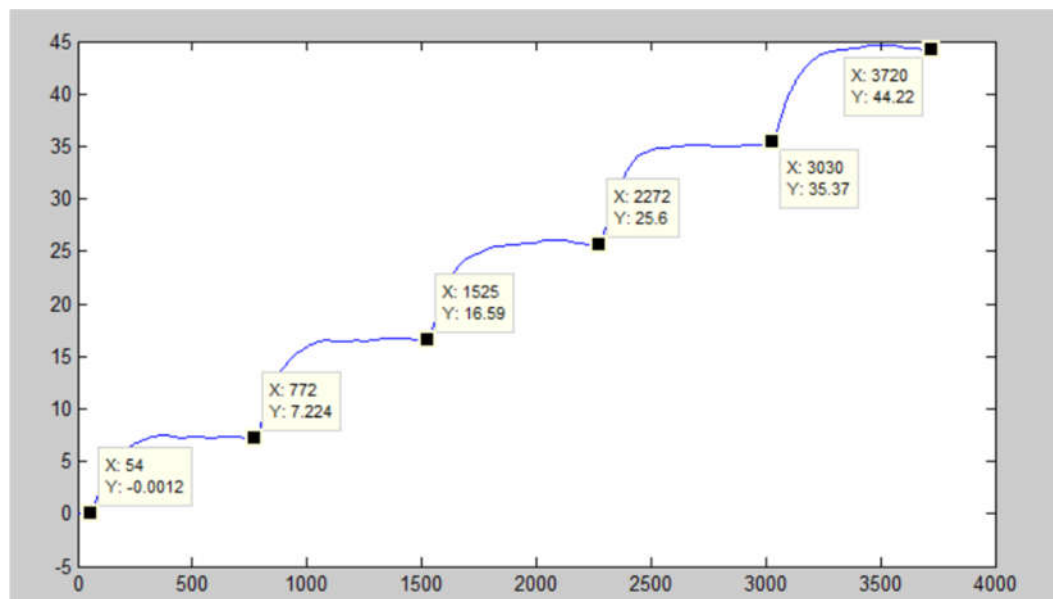


Рисунок 3.10 – Дані для побудови статичної характеристики

На підставі отриманих даних побудована статичної характеристики:

```
>> Static_Input_Vector = [0, 1, 2, 3, 4, 5];
>> Static_Output_Vector = [0, 7.22, 16.59, 25.6, 35.2, 44.22];
>> plot(Static_Input_Vector,Static_Output_Vector, '-ok', 'LineWidth',3);
```

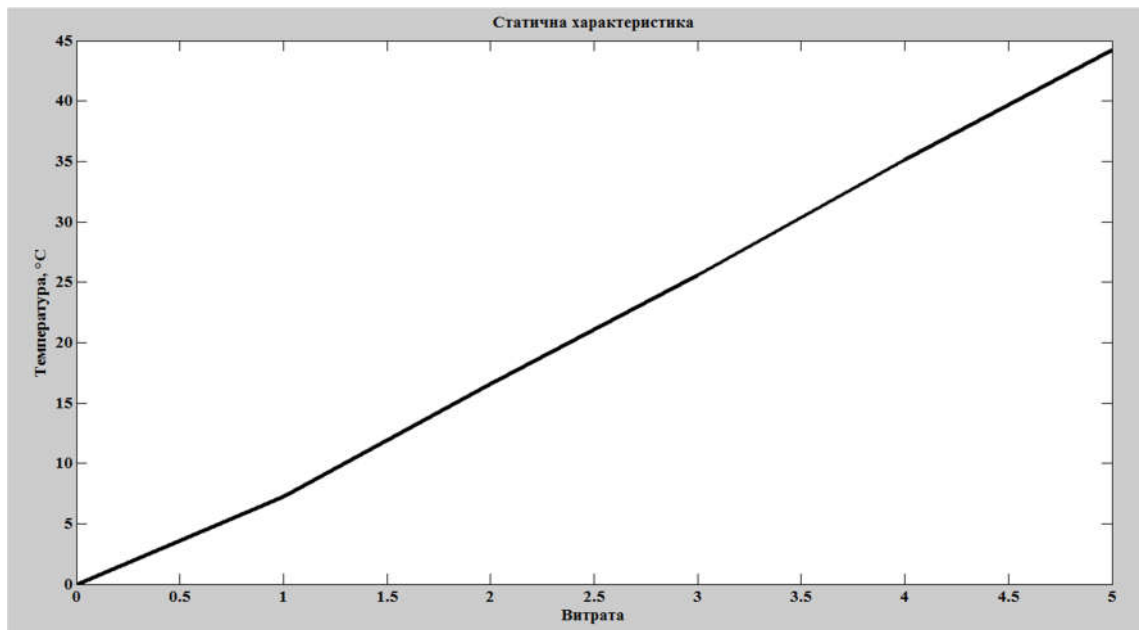


Рисунок 3.11 – Побудова статичної характеристики

Статична характеристика (рис. 3.12) об'єкта керування є наближеною до лінійної, тому можна зробити висновок, що об'єкт керування так само є лінійним у всьому діапазоні керуючого впливу від 0 до 5 м³/г.

Розглянувши особливості сировиготовлювача, як об'єкта керування, можна стверджувати, що він може бути представлений як моделлю другого порядку з запізненням або аперіодичною ланкою більш високого порядку:

$$W(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Проведемо автоматичний розрахунок параметрів для функцій першого, другого та третього порядку (рис. 3.13 – 3.14):

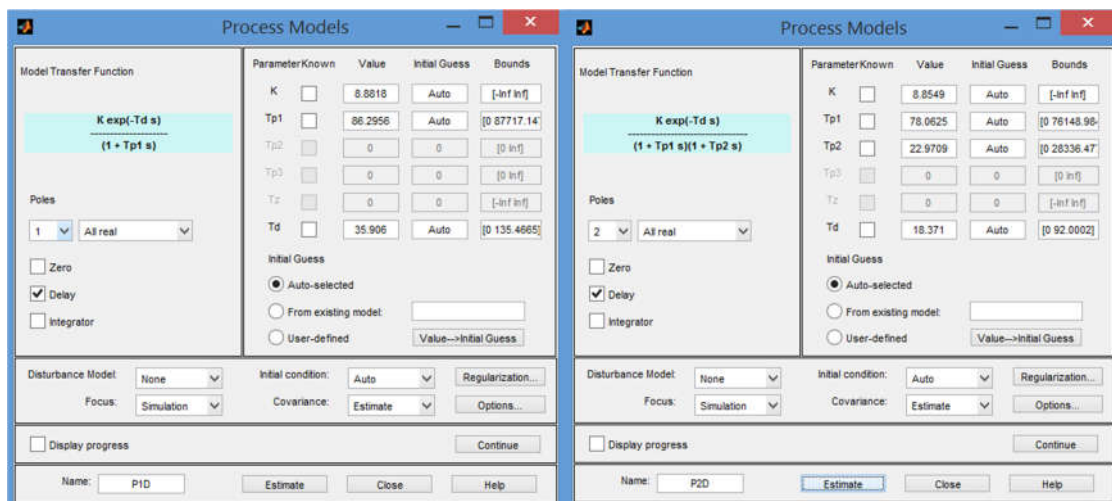


Рисунок 3.13 – Результати розрахунку для моделей першого та другого порядку з запізненням

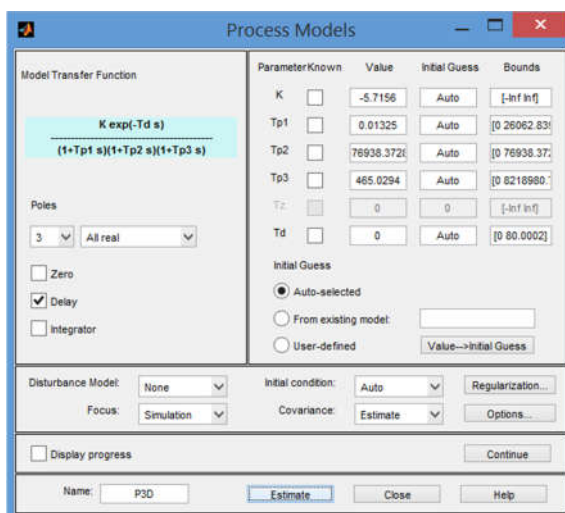


Рисунок 3.14 - Результати розрахунку для моделі третього порядку з запізненням

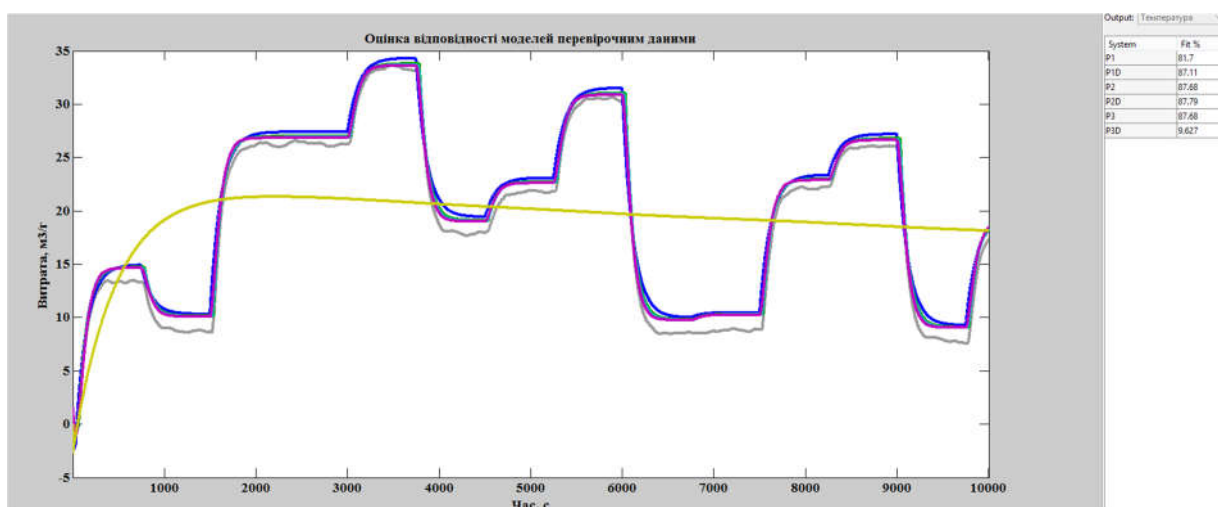


Рисунок 3.15 - Оцінка моделей по перевіірочним даним

Як видно з отриманих оцінок модель другого порядку найбільше відповідає перевірочним даними, (87,89%).

Параметри моделей, отримані в додатку "System Identification Toolbox" представлені в таблиця 3.1

Таблиця 3.1 – Параметри моделей

	K	T1	T2	T3	tau	FitD	FPE	MSE	FitC
P1	9,021865	115,9265	0	0	0	85,86789	3,586158	3,564455	81,70045
P1D	8,881803	86,2956	0	0	35,906	97,33862	0,127491	0,126413	87,11426
P2	8,836016	64,03937	45,24952	0	0	97,61154	0,102931	0,101815	87,68272
P2D	8,854863	78,06251	22,97086	0	18,371	99,13808	0,013437	0,013259	87,78586
P3	8,836017	1,00E-06	45,24746	64,04134	0	97,61154	0,103427	0,101815	87,68266
P3D	-5,71565	0,01325	76938,37	465,0294	0	51,3958	229,0945	42,16255	9,627188

Як видно з отриманих оцінок модель P2D другого порядку більше відповідає перевірочним даними, ніж інші (87,78% проти 87,68%). Таким чином, можна стверджувати, що об'єкту керування найбільш відповідає модель другого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{8.855e^{(-18.37s)}}{(78.063s + 1)(22.97s + 1)}$$

3.5 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Графік дійсного значення об'єкта керування майже повністю повторює графік моделі, отриманої за допомогою додатка System Identification Toolbox і графік моделі об'єкта керування побудованої на базі передавальної функції. Таким чином, модель, отримана в середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.18), не відрізняється від моделі, отриманої за допомогою додатка "System Identification Toolbox".

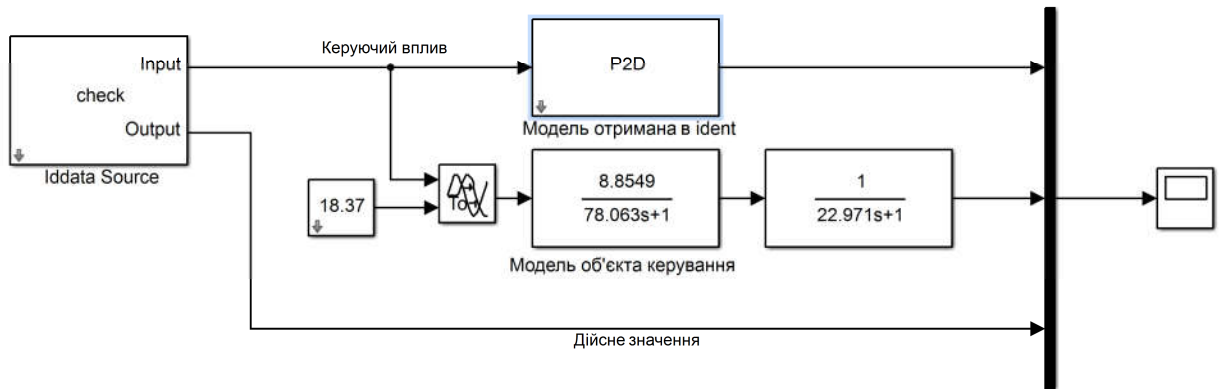


Рисунок 3.18 – Модель Simulink об'єкта керування

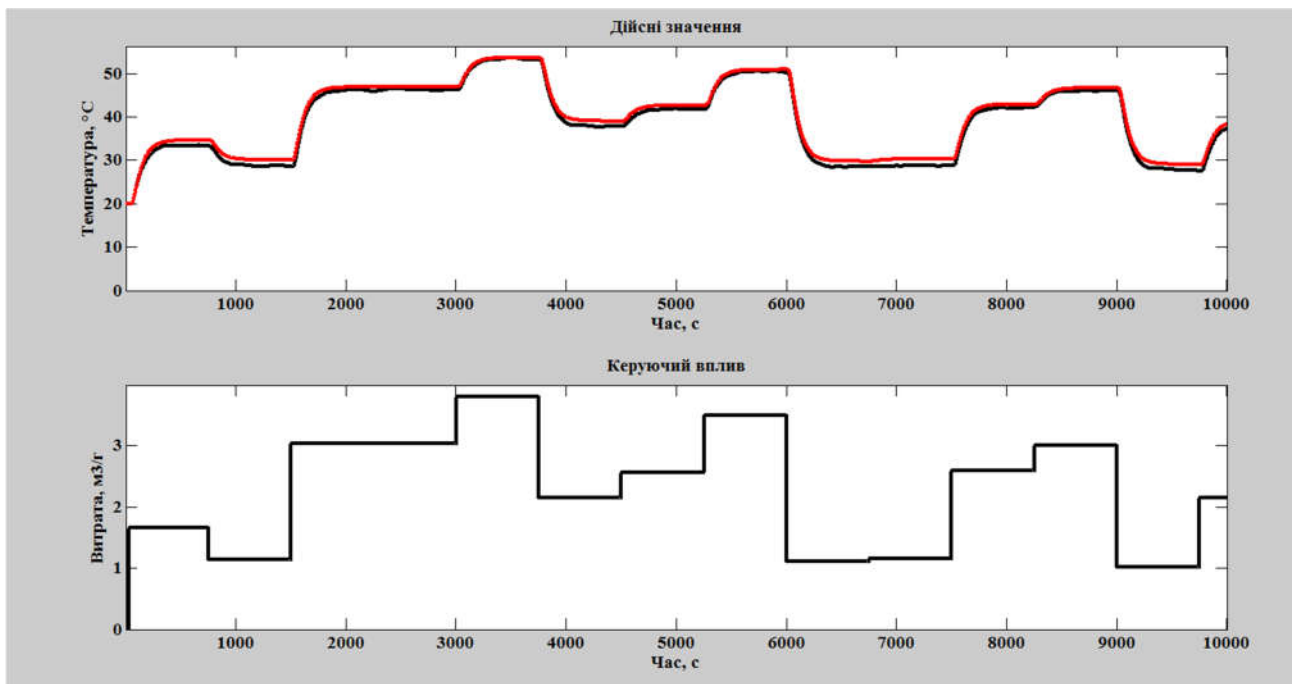


Рисунок 3.19 – Результат моделювання об'єкта керування

3.6 Перевірка моделі на адекватність

Модель Simulink, яка використовується для перевірки моделі об'єкта керування на адекватність:

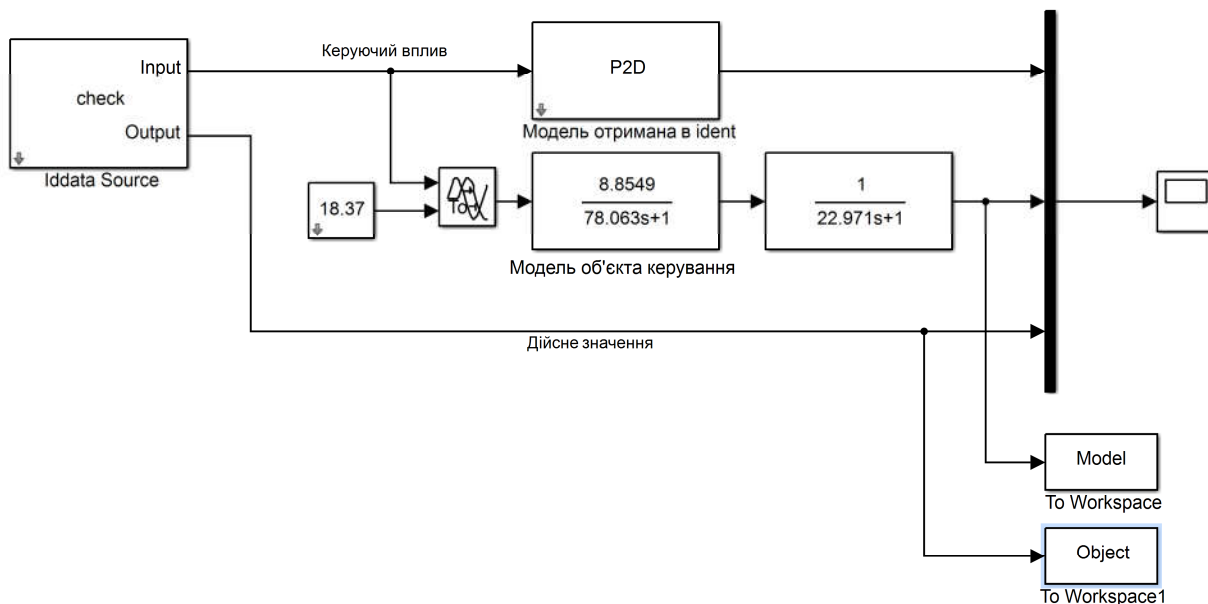


Рисунок 3.20 – Модель Simulink об'єкта керування

Характеристики моделі Simulink що використовуються при перевірці моделі об'єкта керування на адекватність:

Оцінка відповідності моделі об'єкта за нормованим середньоквадратичним відхиленням "NRMSE"

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
```

```
nrmse =
```

```
87.2680
```

Імітаційна модель сировиготовлювача, як об'єкта керування, відповідає перевірочним даним на 87.27%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаною для моделювання об'єкта керування і системи керування в цілому.

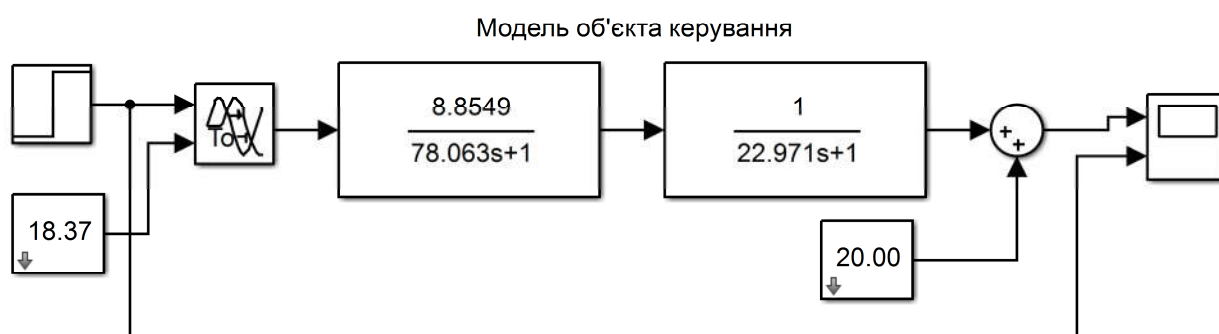


Рисунок 3.21 – Модель Simulink об'єкта керування

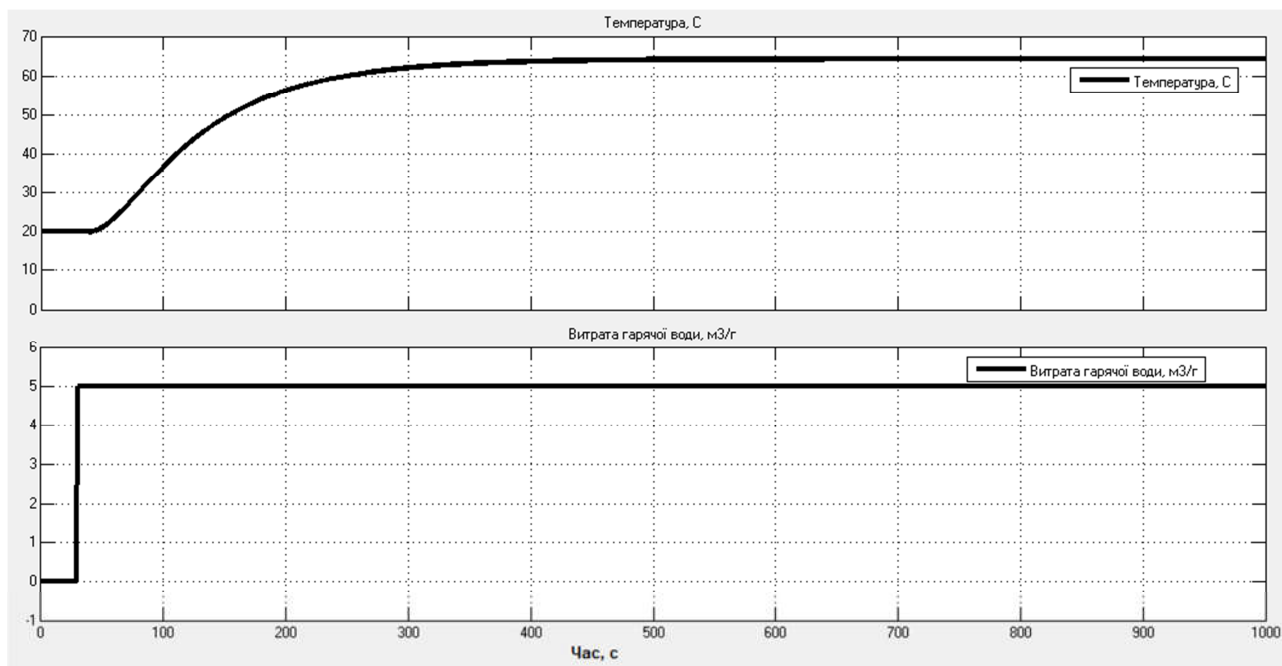


Рисунок 3.22 – Результат моделювання

3.7 Висновки по розділу

Використовуючи інформацію про особливості роботи сировиготовлювача та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи.

Розглядаючи сировиготовлювач, як об'єкт керування по контуру регулювання температури на виході гріючої «сорочки» та беручи до уваги розроблену схему інформаційних потоків дослідницької системи був запропонований план активного експерименту.

На основі отриманих експериментальних даних була проведена структурна ідентифікація сировиготовлювача, як об'єкта керування, результатом якої є стала модель у вигляді передавальної функції другого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації це припущення підтверджено та отримані числові параметри моделі об'єкта керування.

Використовуючи результати ідентифікації об'єкта керування розроблено імітаційну модель сировиготовлювача в графічному середовищі Simulink ППП

MATLAB. Порівняльний аналіз даних отриманих при роботі імітаційної моделі з перевірочними даними показав їх співпадіння на 87,27%.

Використовуючи аналіз технологічного процесу виробництва твердого сиру, сировиготовлювача, як об'єкта керування, його структуру та функціонування і враховуючи відповідність результатів моделювання 87,27%, встановлено, що отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Велике значення в підвищенні ефективності виробничого процесу має його автоматизація, яка звільняє робітників від фізичної праці. Праця полягає лише в спостереженні за правильним функціонуванням машин. Автоматична система регулювання самостійно виконує завдання в призначеній послідовності і потребує тільки налаштування і контролю з боку висококваліфікованого персоналу. Автоматичне регулювання дозволяє вести роботу без безпосереднього втручання людини і виключає неправильні режими роботи агрегатів і аварій. Забезпечення не тільки здорових, а й безпечних умов роботи - первинне завдання, яке вирішується при проектуванні, спорудженні та експлуатації будь-якого виробництва.

У кваліфікаційній роботі вирішується завдання автоматичної підтримки температури води в тепловій сорочці апарату для виготовлення сиру.

4.1 Розрахунок капітальних витрат на придбання і монтаж складових системи

Капітальні витрати на розраховуються за формулою:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \quad (4.1)$$

K – загальна сума капітальних витрат, грн;

$K_{об}$ – вартість придбаних приладів та засобів автоматизації, технологічного обладнання грн;

$K_{тр}$ – транспортні витрати на доставку придбаних приладів та засобів автоматизації, грн;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і наладку системи автоматизації, грн.

Таблиця 4.1 – Розрахунок витрат на придбання обладнання

№	Найменування	Кіл-ть (од. вим.)	Вартість (грн)	Сума (грн)
1	VIPA 214-2BE03	1 шт.	17666	17666
2	VIPA 231-1BD40	1 шт.	9265	9265
3	VIPA 232-1BD40	1 шт.	9260	9260
4	КДТС054- PT100.B4.2.60.1,5	1 шт.	763	763
5	Pedrollo NGA 1B – PRO	1 шт.	10422	10422
6	VFD-EL VFD007EL43A	1 шт.	5478	5478
7	SPD24301	2 шт.	1471	2942
	Разом:			55801
	Транспортування:		861	861
	Усього:			56662

Витрати на обладнання склали 56662 гривні. Транспортування обладнання виконується організацією «Нові Пошта», так як приблизна вага усього обладнання складає 16,5 кг та урахувуючі вартість пакування, то доставка буде складати 861 грн.

Витрати на демонтаж, пуск і налагодження системи складаються з витрат на заробітну плату слюсаря-монтажника і інженера-електронщика, в обов'язки яких входить даний вид роботи (табл. 4.2). Робота виконується протягом п'яти днів. В фонд заробітної плати включена преміальна надбавка в 20%.

Таблиця 4.2 - Витрати на демонтаж, пуск і налагодження системи

№	Найменування професії	Розряд	Кіл-ть людей	Тариф (грн/день)	Кіл-ть днів	Фонд зар. плати (грн)
1	Слюсар-монтажник	6	1	281	5	1 409
2	Інженер-електронщик	-	1	390	5	1950
	Разом:					3369
	ЄСВ (22%):					739
	Усього:					4108

Маємо: $K=55801+861+4108= 60770$ грн,

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утримання апаратури у споживача

Експлуатаційні витрати - витрати, необхідні для підтримки працездатного стану основних засобів протягом усього наміченого терміну служби.

Експлуатаційні витрати включають такі статті витрат:

- амортизація;
- електроенергія для виробничих потреб;
- витрати на технічне обслуговування, поточний ремонт обладнання.

4.2.1 Амортизація

Амортизація визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами основних фондів і нематеріальних активів капітальних витрат.

За допомогою лінійного способу обчислюємо амортизацію обладнання:

$$A = P_{\text{ст}} * N_a / 100\% , \quad (4.2)$$

де $P_{\text{ст}}$ – початкова вартість обладнання; N_a – норма амортизації

Якщо для обладнання такого типу термін експлуатації складає 5 років, то відповідно, норма амортизації складе 20%/рік, отже маємо:

$$A = 55801 * 20 / 100 = 11160 \text{ грн.}$$

4.2.2 Розрахунок витрат на електроенергію

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,8 грн:

$$\text{Вел} = Z_p \cdot V_{1\text{кВт}} , \quad (4.3)$$

- де Z_p – річні витрати електроенергії,
- $V_{1\text{кВт}}$ – вартість 1кВт електроенергії.

Кількість спожитої за рік електроенергії, визначають за формулою:

$$Z_p = P_y * \text{ТЕФ} , \quad (4.4)$$

- P_y - встановлена потужність системи автоматизації (кВт/год);
- ТЕФ - річний фонд часу роботи системи, год.

Так, як з нововведеним обладнанням буде працювати 2 зміни (8+8=16 год.), а робочих днів 249 на рік, то маємо:

$$Зр=1,3691 \cdot 3984=5454,5\text{кВат,}$$

$$\text{Вел}= 5455 \cdot 1,8 = 9819 \text{ грн}$$

4.2.3 Витрати на технічне обслуговування

Таблиця 4.3 – Витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання

№	Найменування професії	Розряд	Кількість чоловік	Тариф (грн/год)	Кіль-ть годин	Фонд заробітної плати (грн)
1	Слюсар-монтажник	6	1	35	168	5 916
2	Інженер-електронщик	-	1	47	168	7896
	Разом:					13812
	ЄСВ (22%)					3039
	Усього					16851

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

Найменування статей витрат	Сума (грн у рік)
Амортизація обладнання (20%)	11160
Поточний ремонт	16851
Витрати на електроенергію	9819
Разом	37830

4.3 Висновки по розділу

Розрахунки капітальних вкладень та експлуатаційних витрат показали, що впровадження обладнання системи керування сировиготовлювачем та її експлуатація є досить коштовними в матеріальному плані: капітальних вкладень 60770грн. та експлуатаційних витрат 37830грн. Але, оскільки встановлення нової системи автоматизації для сировиготовлювача дозволяє зменшити кількість витрачаємої води та електроенергії, то її впровадження є цілком вигідним та ефективним рішенням.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Кваліфікаційна робота призначена для дослідження небезпек при використанні обладнання для виготовлення сиру. Адже при неправильному монтажі і експлуатації обладнання може служити джерелом небезпеки для обслуговуючого персоналу, тому потрібно дотримуватися правил його монтажу, запуску та інших правил з техніки безпеки при роботі з ним.

Таким чином, процеси виробництва твердого сиру супроводжуються виділенням у навколишнє середовище конвективної та променистої теплоти, а також вологи, пари, газів, пилу.

Перебування та робота людини в умовах високої температури погіршує тепловіддачу організму, призводить до порушення водно-сольового режиму та білкового обміну. Підвищена вологість повітря у приміщенні також ускладнює теплообмін організму людини із навколишнім середовищем.

Вид і кількість виробничих приміщень, що надходять у повітря, парів і газів залежать від особливостей технології та стану обладнання. Так, найпоширеніші:

- оксид вуглецю (чадний газ) – продукт неповного згоряння вуглецю, безбарвний газ без запаху; з'єднуючись із гемоглобіном крові чадний газ забирає в нього кисень. В результаті порушується постачання організму людини киснем, а при важких формах отруєння настає ядуха;

- аміак - безбарвний газ із різким запахом, що викликає роздратування верхніх дихальних шляхів.

Пил технологічного походження дуже різноманітний. Вона завдає шкоди організму людини внаслідок механічного, хімічного, бактеріологічного впливу. Осадження пилу на технологічному обладнанні погіршує його роботу, може призвести до аварії.

У процесі виробництва твердого сиру можливий вплив на працюючих також наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- а) машин та механізмів, що перебувають у русі;
- б) не огорожених рухомих елементів виробничого устаткування;
- в) пересуваються виробів, заготовок та матеріалів;
- г) підвищеної температури молока, пари та води; підвищеної та зниженої температури сировини, готової продукції, поверхонь обладнання, комунікацій;
- д) підвищеного рівня шуму;
- е) підвищеного рівня вібрації;
- ж) недостатнього природного та штучного освітлення робочих місць та робочих зон;
- з) підвищеного значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- і) підвищеного рівня статичної електрики;
- к) підвищеного рівня ультрафіолетової радіації;
- л) підвищеного рівня інфрачервоної радіації;
- м) розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги);
- н) токсичних та дратівливих хімічних речовин, патогенних мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності, а також паразитів-збудників інфекційних та інвазійних хвороб, загальних для тварин та людини;
- о) фізичних, нервово-психічних перевантажень;
- д) біологічної небезпеки.

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Для захисту працюючих від випадкового дотику до струмовідних частин передбачені такі заходи [22]:

- ізоляція струмопровідних елементів;
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- організація безпечної експлуатації електроустановок;
- усунення небезпеки ураження працюючих при появі напруги на корпусах електроустановок (застосування захисного заземлення);

- використання засобів індивідуального захисту.

Передбачено також систематичні перевірки стану захисного заземлення, контроль опору ізоляції струмопровідних частин та періодичні випробування електротехнічних захисних засобів.

Перевірку знань осіб, які обслуговують електроустановки, що діють, необхідно проводити 1 раз на рік.

Для забезпечення безпечної експлуатації аміачних холодильних установок передбачено такі заходи:

- технічний огляд апаратів до пуску в роботу та періодично в процесі експлуатації;

- Оснащення манометрами, запобіжними клапанами;

- внутрішній огляд та пневматичні випробування апаратів;

Системи вентиляції мають бути виконані з кратністю повітрообміну: приплив – не менше 2 год⁻¹; витяжка – не менше 3 год⁻¹; аварійна вентиляція – 8 год⁻¹.

Для того, щоб зменшити кількість випадків травматизму, професійної захворюваності робітників, необхідно проводити заходи, спрямовані на покращення безпечної роботи в цехах. Також необхідно посилити контроль за дотриманням правил техніки безпеки та виробничої санітарії робітниками.

5.3 Пожежна профілактика

Протипожежні вимоги до виробничих приміщень згідно [24] передбачають обмеження розповсюдження вогню під час пожежі, вибір вогнестійкості будівельних конструкцій та вибір вогнегасних засобів. Вогнегасні засоби обрані відповідно до класу можливої пожежі та наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вибір засобів пожежогасіння

Ступінь вогнестійкості будівлі	Межа вогнестійкості несучих конструкцій	Цех, відділення	Категорія приміщення з вибухопожежної небезпеки	Клас зон з вибухонебезпечності	Клас пожежі	Вогнегасні речовини
П	R 90	Основні виробничі цеха	Д	-	Е	Вуглекислотні вогнегасники
		Компресорний цех	А			

Інструкції встановлюють необхідний час евакуації людей з урахуванням категорії приміщень із вибухопожежної небезпеки. Для забезпечення безпечної евакуації працюючих під час пожежі передбачено: шляхи евакуації; евакуаційні виходи.

Кількість евакуаційних виходів з кожного приміщення, поверху та будівлі слід передбачати не менше двох, їх слід розташовувати розосереджено. Мінімальна ширина для евакуаційних виходів встановлена 0,8 м. У тому випадку, якщо з приміщення може евакуюватися більше 50 осіб, ширину виходу слід передбачати не менше ніж 1,2 м. Висота евакуаційних виходів у світлі повинна бути не менше ніж 1,9 м.

5.4 Висновки по розділу

У розділі виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників та розроблені заходи по їх зменшенню або усуненню. Розглянута пожежна профілактика приміщення, де виготовляють сир.

ВИСНОВКИ

Предметом дослідження в кваліфікаційній роботі є процес отримання сирного зерна у сировиготовлювачі (одночасного підігрівання та перемішування молока) на виробництві твердого сиру. Об'єктом дослідження є автоматизація процесу керування вертикальним сировиготовлювачем. Метою дослідження є підвищення ефективності процесу автоматичного керування температурою на виході гріючої «сорочки» сировиготовлювача (опосередковано контролюється температура молока в ємності сировиготовлювача). В якості об'єкта керування виступає вертикальний сировиготовлювач.

За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об'єкта керування.

Згідно до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів були обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В. В якості пристрою керування обрано ПЛК VIPA 214-2BE03. Також були вибрані модулі аналогового вводу та виводу, через які забезпечено підключення датчика та виконавчого пристрою.. Розроблені функціональна схема автоматизації сировиготовлювача та схема електрична принципова системи керування

Використовуючи інформацію про особливості роботи вертикального сировиготовлювача та апаратних засобів системи керування було розроблено структурну схему інформаційних потоків дослідницької системи. Розглядаючи вертикальний сировиготовлювач, як об'єкт керування по контуру регулювання температури на виході гріючої «сорочки» та беручи до уваги розроблену схему інформаційних потоків дослідницької системи був запропонований план активного експерименту.

Використовуючи результати ідентифікації об'єкта керування розроблено імітаційну модель вертикального сировиготовлювача в графічному середовищі Simulink ППП MATLAB. Порівняльний аналіз даних отриманих при роботі імітаційної моделі з перевірочними даними показав їх співпадіння на 87,27%, тому отримана імітаційна модель є адекватною до об'єкта керування.

Подальшим напрямком розвитку роботи є використання отриманої моделі об'єкту керування для його дослідження з метою отримання нових закономірностей та розробки на їх підставі нових принципів та методів керування об'єктом які дозволять підвищити ефективність його функціонування.

Капітальні витрати на придбання апаратних засобів склали 60770грн., експлуатаційні витрати – 37830грн. З огляду на отримані результати розрахунку вартості нового обладнання та його експлуатації, можна зауважити, що незважаючи на досить великі витрати в матеріальному плані, використання нової системи керування є виправданим з погляду покращення умов праці персоналу та підвищення якості продукту.

Розглянуті шкідливі та небезпечні фактори, що мають місце при роботі обладнання лінії виробництва твердого сиру, запропоновані інженерно-технічні рішення для попередження впливу цих факторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сир. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сир#Класифікація_за_способами_виготовлення (дата звернення 15.04.2022)
2. І.Г. Власенко, Т.В. Семко, С.В. Гирич. Інновації у виробництві твердих сирів [Текст] – Вінниця, РВВ ВТЕІ КНТЕУ, 2018. – 144 с.
3. Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Турчин І.М. Актуальні проблеми вітчизняного сироваріння/ Михайлицька О.Р., Сливка Н.Б., Турчин І.М.//Збірник наукових праць ВНАУ. – Безпека продуктів харчування та технологія переробки. – 2013. – Випуск 3 (73). – С.192-196
4. Молочарство. Матеріал з Вікіпедії: [сайт]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Молочарство#Кисломолочні_\(ферментовані\)_продукти](https://uk.wikipedia.org/wiki/Молочарство#Кисломолочні_(ферментовані)_продукти) (дата звернення 15.04.2022)
5. Скопенко Н.С. Сучасні тенденції концентрації та інтеграції на українському молочному ринку/ Скопенко Н.С.//Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Економіка. – 2011. – Випуск 124/125. – С.65-68
6. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
7. Методичні вказівки до лабораторного заняття на тему: «Вивчення роботи обладнання для виробництва сиру» з курсу «Технологічне обладнання галузі» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальностей 181 «Харчові технології» . – Режим доступу: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/20928/4/Metedochni_vkazivky_Vyvchennja_roboty_obl_dlja_vyr_syru.pdf
8. Курс лекцій з вивчення дисципліни «Актуальні проблеми технології виробництва і переробки продукції тваринництва» для здобувачів III рівня вищої освіти «доктори філософії» спеціальності 204 «ТВППТ» денної та

заочної форми навчання / Р. Л. Сусол, Н. О. Кірович. – Одеса: ОДАУ, 2020. – 242 с. – Режим доступу: https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/1.2.2.1.Aktualni_tehn_vyr_perer_PT_K_lektsij.pdf

9. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, Є.А. Коровяка, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 23 с.
10. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / Укладачі: Ю.О. Заболотна, О.О. Конопльова, В.О. Салова, В.О. Салов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 40 с.
11. Стандарт вищої освіти України. Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень. Ступінь вищої освіти бакалавр. Спеціальність 151 Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології. МОН України. – Київ. – 2018. – 17 с.
12. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 27 с.
13. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення. Викладання та оформлення національних нормативних документів оформлювання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [чинний від 2017-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 61 с.
14. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.
15. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. –

[Уведено вперше ; чинний від 2010-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 10 с.

16. Камнев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок: Практик. пособие для ПТУ. – 2-е. изд., перераб. и доп. / В.Н.Камнев – М.: Высш.шк.,1990. – 144 с.
17. Кваліфікаційна робота бакалавра. Методичні рекомендації до виконання здобувачами вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / В.В. Ткачов, О.О. Бойко та ін.; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка» – Електрон. Текст. Дані – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 29 с.
18. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного керування для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інжене-рія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
19. Чабан Г.В. Молочна промисловість: стан, проблеми і перспективи // Економіка АПК. – 2003. - № 5. – с. 51-56.
20. Кемпбелл Дж., Маршалл Р. Промислове виробництво молока. Москва, 1981., 33-35с.
21. Масліков, М.М. Вироблення твердих сирів / М.М. Масліков // Молочное дело. – 2006. – № 9. – С. 56-58.
22. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Харків: Вид-во «Форт», 2017. - 760 с.
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	КФІВС.КВР.151.18.08.ПЗ	Пояснювальна записка	62	ПЗ		
4							
5			<u>Графічна матеріали</u>				
6							
7	A2	КФІВС.КВР.151.18.08.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	КФІВС.КВР.151.18.08.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	КФІВС.КВР.151.18.08.Д	Перелік елементів	10	Д		
14							
15		КФІВС.КВР.151.18.08.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.18.08.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Коротич		05.06	Літ.	Аркуш	
П. конс.		Славінський		10.06		1	
Н. контр.		Славінський		10.06		1	
					Національний ТУ		
					«Дніпровська політехніка», ЕТФ,		
					151-18-1		
				Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру.			
				Відомість проекту			

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-18-1 Коротич Анни Дмитрівни

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання лінії виробництва твердого сиру, а саме вдосконалити керування вертикальним сировиготовлювачем.

У першому розділі проаналізовано технологічний процес, структуру об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування.

У другому розділі вирішено завдання вибору датчиків та виконавчих пристроїв системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA 214-2BE03. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації об’єкта керування та схему електричну принципову системи керування.

У третьому розділі, на підставі параметричної та структурної ідентифікації, розроблено імітаційну модель об’єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 87.27%. Враховуючи аналіз об’єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об’єкта керування.

Четвертий та п’ятий розділи присвячені розрахунку вартості розробленої системи керування та аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при експлуатації системи керування вертикальним сировиготовлювачем на лінії виробництва твердого сиру.

При вирішенні завдань у розділах кваліфікаційної роботи здобувач вищої освіти підтвердив компетенції K01 «Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях»; K02 «Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово»; K04 «Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій»; K05 «Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел»; K13 «Здатність виконувати аналіз об’єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування»; K14 «Здатність застосовувати

методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій» та інші.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Коротич А.Д. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____
асистент, (підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеню бакалавра
на тему: “Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру”
здобувача вищої освіти академічної групи 151-18-1 Коротич Анни Дмитрівни

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій повністю.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання лінії виробництва твердого сиру, а саме вдосконалити керування вертикальним сировиготовлювачем.

В рамках кваліфікаційної роботи проаналізовано технологічний процес, структура об’єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та дослідження об’єкта керування. Обрано апаратне забезпечення, розроблено функціональну схему автоматизації сировиготовлювача та схему електричну принципову системи керування. На підставі параметричної та структурної ідентифікації розроблено імітаційну модель об’єкта керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB. Порівняння даних отриманих на моделі з перевірочними даними показало їх відповідність на 87.27%. Враховуючи аналіз об’єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об’єкта керування.

При цьому для вирішення поставлених завдань використані емпіричні та теоретичні методи дослідження технологічних об’єктів, методи математичної статистики та теорії автоматичного керування.

Досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі відбувається за рахунок використання сучасних засобів та способів автоматизації.

Основними результатами кваліфікаційної роботи є поглиблення і підтвердження студентом теоретичних і практичних знань з обраної спеціальності, набутих при вивченні професійно-орієнтованих дисциплін, вироблення умінь при вирішенні конкретних практичних завдань.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки _____ балів при відповідному захисті, а здобувач Коротич А.Д. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему “Автоматизація технологічного процесу виробництва твердого сиру”, здобувача вищої освіти, групи 151-18-1 Коротич Анни Дмитрівни.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає 59 сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
асистент,

_____ (підпис)

Славінський Д.В.

_____ (дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011430745

Дата перевірки:
02.06.2022 12:55:14 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
03.06.2022 17:26:36 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151-18-1_Коротич_А_Д_-_ПЗС

Кількість сторінок: 59 Кількість слів: 9539 Кількість символів: 76982 Розмір файлу: 3.73 MB ID файлу: 1011311045

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

17.7% Схожість

Найбільша схожість: 6.28% з Інтернет-джерелом (https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/1.2.2.1.Aktualni_tehn.

17.7% Джерела з Інтернету

161

Сторінка 61

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

17% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

17% Вилученого тексту з Бібліотеки

21

Сторінка 61

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

12

Підозріле форматування

9
сторінок