

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)

Електротехнічний факультет
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Дмухівський Мирослав Ігорович

(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 процесу керування виробництвом яблучного соку

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	проф. Ткачов В.В.			
Провідний консультант	проф. Ткачов В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Розробка програмного забезпечення системи 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:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бублік А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Дмухівський М.І.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-18-1
(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 процесу керування виробництвом яблучного соку

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.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

проф. Ткачов В.В.
(прізвище, ініціали)
04.05.2022

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Дмухівський М.І.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування процесом виробництвом яблучного соку.

Об'єкт дослідження – пастеризатор яблучного соку типу TG-UHT.

Предмет дослідження – здійснити структурну і параметричну ідентифікацію та визначити математичну модель об'єкта.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °С завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. Тиск перегрітої пари може змінюватись в межах 1,45...4,7 кг/см² а витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 кг/с. Тиск соку на виході з пастеризатора 5,5...6,5 кг/см². Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку.

Джерелом перегрітої пари є парогенератор, який входить до складу базового технологічного обладнання. Парогенератор має автоматичну підсистему керування.

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, було проведено активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – пастеризатору TG-UHT. Для цього було обрано один із головних каналів - «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

СІК, ПАСТЕРИЗАТОР, ВИТРАТИ ПЕРЕГРІТОЇ ПАРИ,
ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, ЗАСУВКА, СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ,
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	5
Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Стан питання та постановка завдання	11
1.1 Загальна інформація	11
1.1.2 Характеристика підприємства	14
1.2 Технологічний процес	15
1.3 Об'єкт керування	19
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	23
1.4 Структура системи керування	23
1.5 Формулювання задачі дослідження	23
1.6 Висновки за розділом	24
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	25
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	25
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	26
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	27
2.3.1 Вибір датчиків	27
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	29
2.3.3 Вибір пристроїв керування	31
2.3.4 Вибір джерел живлення	36
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	38
2.5 Розробка схеми електричної принципової	39
2.6 Висновки за розділом	41
3 Визначення моделі об'єкта керування	42
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	42
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	44
3.3 Виконання експерименту	46

	6
3.4 Обробка результатів експерименту	50
3.4.1 Підготовка даних	50
3.4.2 Структурна ідентифікація	52
3.4.3 Параметрична ідентифікація	56
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	62
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	64
3.5 Висновки за розділом	66
4 Економічна частина	68
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	68
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	68
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	69
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	69
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	72
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	73
4.4.1 Амортизація основних фондів	74
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	75
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	75
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	76
4.4.5 Витрати на електроенергію	76
4.4.6 Інші витрати	76
4.5 Висновки за розділом	77
5 Охорона праці	78
5.1 Безпека праці	78
5.2 Засоби автоматизації	83
5.2.1 Загальні вимоги	83
5.2.2 Вимоги до встановлення приладів на технологічному обладнанні	86
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	89
5.4 Висновки по розділу	94
Висновки	95

Перелік посилань	Ошибка! Закладка не определена.	
Додаток А		97
Додаток Б		98
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	Ошибка!	Закладка не определена.
Відгук		99
Рецензія		99

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	- автоматизована систему керування технологічним процесом
БП	- біологічне паливо;
ВВП	- внутрішній валовий продукт;
ЕОМ	- електронна обчислювальна машина;
ОУ	- об'єкт керування;
САК	- система автоматичного керування;
ПЛК	- програмований логічний контролер;

ВСТУП

Український ринок соків і сокових напоїв в останні роки динамічна розвивається. Об'єм виробництва щорічно зростає на 10...40%, а експорт збільшується в середньому на 45 %.

Середньостатистичний українець споживає близько восьми літрів соків на рік, тоді як європеєць – 30, а американець – 60 літрів. Отже, для вітчизняних виробників соків і сокових напоїв існує значний потенціал, використання якого обмежується такими чинниками як низький рівень купівельної спроможності українських споживачів та зростанням рівня конкурентної боротьби на цьому сегменті товарного ринку. Ситуація ускладнюється й наслідками глобальної фінансової кризи. Сукупність зазначених та інших обставин визначає практичну актуальність питань з розвитку підприємств галузі.

До найбільш актуальних проблем переробної промисловості належать:

- питання розвитку сировинної бази;
- підвищення якості соку та сокової продукції;
- формування ефективної цінової політики підприємств;
- роль держави в розвитку галузі;
- оцінка з досягнення синхронізації у процесах відкриття ринку соку та сокової продукції країн Європейського союзу та України.

Незважаючи на кризові явища, які чітко проявились у сфері виробництва соку та сокової продукції, дана галузь має всі потенційні можливості для успішного функціонування.

За останніх роки скоротилась кількість малих виробників, а також підприємства з невідомими або мало пізнавальними брендами, в свою чергу підприємства, які витримують теперішню економічну ситуацію, будуть в гарних конкурентних позиціях, а по прогнозам експертів незабаром ринок розпочне активно відновлюватись [10].

Компанія «Біола» - бренд відомого в Україні та за її межами виробника соків, газованих напоїв і мінерально-столових вод. До групи компаній «Біола»

входять два виробничі майданчики: у Дніпрі та Києві, сукупна проектна потужність яких понад 1 млрд пляшок на рік. Продукція компанії представлена в Україні, а також у країнах Європейського Союзу, США, Ізраїлі, Лівії, Білорусі, Грузії, Казахстані, Молдові, Таджикистані [6].

Компанія «Біола» постійно розвивається і тому питання автоматизації технологічних ділянок є одним з пріоритетних напрямків її розвитку, тому що вони є вагомою складовою в вирішенні питань конкурентоспроможності: збільшення кількості, поліпшенню якості, зниження собівартості продукції, підвищенню продуктивності праці. Автоматизація сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення навколишнього середовища промисловими відходами.

При автоматизації виробництв харчової промисловості об'єктом автоматизації є не окремий технологічний процес чи агрегат, а технологічний комплекс зі складними взаємозв'язками між його підсистемами. Сучасні системи автоматизації харчової промисловості мають значні функціональні можливості, вдосконалені технічні параметри, та забезпечують різке підвищення надійності автоматизованих систем управління харчової промисловості, їх швидкодії та оперативності управління.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальна інформація

Розвиток харчової промисловості України відбувається дуже динамічна. Цьому допомагає розвиток економіки в цілому та забезпечення харчової промисловості іноземними та вітчизняними інвестиціями. Також дуже важливий фактор, який впливає не стільки на розвиток харчової промисловості, скільки на напрямок її розвитку, --вплив західних ринків.

Незважаючи на національну культуру споживання, українці переходять до західного стилю життя, вносять зміни в раціон харчування: збільшується споживання збагачених продуктів, охолоджених та заморожених напівфабрикатів та вже приготованих страв. Ці кількісні та якісні зміни призводять до залучення досвіду іноземних технологій виробництва продуктів харчування та використання високотехнологічних інгредієнтів.

На ринку технологій безалкогольних напоїв нову глобальну тенденцію підходу до напоїв можна визначити таким шляхом:

- здоров'я;
- зручність;
- насолода.

Цього і очікує від споживання сучасний покупець.

Відбувається поступове скорочення споживання солодких газованих напоїв на користь соків, сокових напоїв та мінеральної води.

За останні декілька років вітчизняним виробникам вдалось значно потіснити виробників іноземних брендів та імпортерів (рис. 1.1). Так, якщо декілька років тому компанія «Кока-Кола Беверіджиз Україна» значно перевищувала обсяги виробництва інших виробників, то на разі ця ситуація змінилась: загальна частка всіх імпортних брендів склала менше 17 %. В той же час ринок напоїв зростає постійно.

Основний обсяг виробництва безалкогольних напоїв становлять 15 ведучих підприємств. Раніше лідери ринку займали меншу частку ринку,

зараз вони займають більше 80 %. Це пояснюється тим, що все більше покупців віддають перевагу безалкогольним напоям видатних марок.

Зменшення кількості підприємств під час зростання обсягів виробництва відображає високу конкуренцію на ринку, яку не витримують маленькі виробництва. Також на ринку відбувається процес концентрації виробництва між 5...6 лідерами ринку [6].

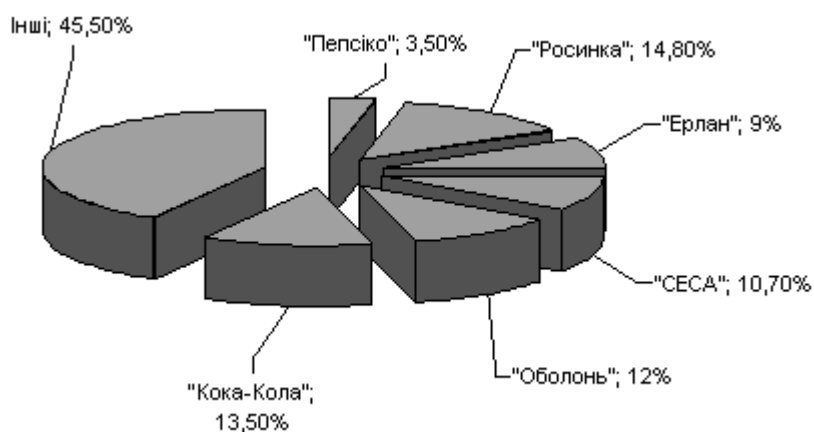


Рисунок 1.1 - Частка ринку великих виробників безалкогольних напоїв

Лідером ринку безалкогольних напоїв є компанія «Кока-Кола Беверіджиз Україна» (м. Київ). Однак у компанії протягом останніх років простежується тенденція зменшення ринкової частки. Сьогодні компанія виробляє більш 15 млн декалітрів (дал) безалкогольних напоїв (за винятком мінеральної води).

1.1.1 Пастеризація напоїв і соків

Розвиток всіх технологій виготовлення соків і напоїв, без небажаного застосування хімічних сполук - синтетичних консервантів, так, чи інакше, ґрунтуються на удосконаленні способів керованої термічної обробки продукту. Їх розвиток просувається в напрямку незначного удосконалення процесів стерилізації, пастеризації та асептики, залишаючись на тому ж концептуальному рівні і вже досягнувши вершини свого розвитку в плані ефективності і швидкості ліній розливу.

Але ці «новітні» технології пастеризації вимагають дуже значних капітальних витрат на обладнання і енерговитрат не тільки на швидкий розігрів рідкого продукту, а й на його швидке охолодження.

Для випуску продуктів харчування без синтетичних або хімічних консервантів виробники напоїв або соків в даний час застосовують такі способи пастеризації:

- звичайна пастеризація;
- технологія Tetra Therm Aseptic VTIS;
- нові методи консервації.

1. Найбільш поширеною, тобто надійною, залишається звичайна пастеризація - асептичний холодний розлив - aseptic cold filling (ACF), який вимагає роздільної стерилізації продукту, пляшок або картонних упаковок і їх кришок. Стерилізований продукт розливають в герметичному боксі, а ємності закупорюють в асептичних умовах.

Сучасна система розливу фруктового соку об'єднує два процеси - пастеризацію і постійне змішування, в одному блоці. Концентрат фруктового соку нагрівається паром до заданої температури пастеризації і утримується гарячим деякий час, а потім змішується зі стерильною холодною водою в необхідному для повного відновлення концентрованого соку співвідношенні і одночасно охолоджується. Перед тим, як подати його на асептичний розлив, сік витримують в холодних стерильних танках для повного відновлення продукту (буферизації). Таким чином, асептичний холодний розлив насправді є високотемпературна обробка концентрату з подальшим різким охолодженням продукту, і вимагає високих енерговитрат, як на термообробку концентрату, так і на стерилізацію і підготовку охолодженої води.

2. Більш складна технологія Tetra Therm Aseptic VTIS. Це паровий генератор, який швидко нагріває сік прямою інжекцією в нього перегрітої пари. Після того, як сік прогрівся до заданої температури, він різко охолоджується швидким збільшенням обсягу у вакуумній камері. Процес вакуумного охолодження розширенням продукту, який може бути регульованим, також видаляє пар, який був внесений температурним інжектором, і відновлює водний баланс продукту. Після цього, продукт асептично гомогенізується і

охолоджується на теплообмінниках до кінцевої температури холодного асептичного розливу.

3. У деяких технологіях виробникам відновлених соків вдається уникнути необхідності пастеризації кінцевого продукту або використання консервантів.

При обробці продукту використовують такі способи холодної пастеризації:

- ультрафіолетове опромінення тонкого безперервного потоку продукту;
- вплив на продукт перепадами звуковий частоти (8...10 кГц) магнітострикційними вібраторами;
- вплив на продукт пульсуючим електричним полем високої напруженості;
- вплив на продукт яскравим світлом.

Це не дуже енергоємні процеси, але в даний час вони не набули масового застосування, тому що використання таких способів холодної пастеризації стає вигідним (рентабельним) тільки при великих обсягах виробництва [8].

1.1.2 Характеристика підприємства

Виробничий комплекс ЗАТ «Ерлан» складають шість ліній розливу в ПЕТ-пляшку: три - з випуску газованих напоїв та мінеральної води, та три лінії АСФ (холодного асептичного розливу), на яких здійснюється розлив соків, нектарів та холодного чаю.

Лінії з випуску газованих напоїв потужності 8/10, 20/22 та 30 000 пляшок на годину, а також лінії з випуску соків (18, 32 та 40 тис. пляшок на годину відповідно), устатковані обладнанням провідних європейських фірм:

- машинами для видування ПЕТ-пляшок французької фірми SIDEL;
- німецьким устаткуванням BERKEFELD для підготовки до виробництва води;
- лініями з розливу напоїв німецької фірми KHS AG;

- сироповарочним обладнанням ADUE (Італія) і DOHLER (Німеччина), KHS AG(Німеччина).

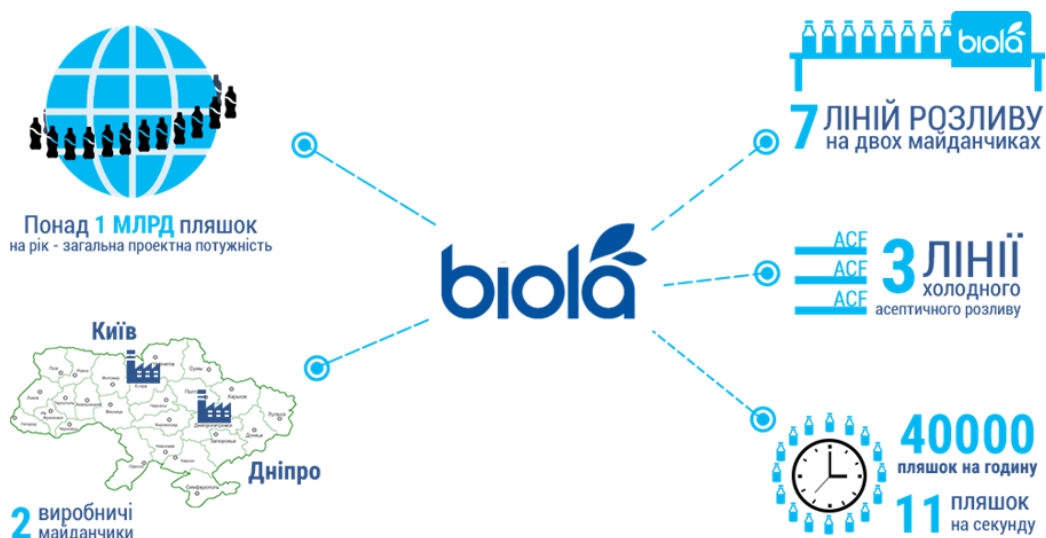


Рисунок 1.1 – Виробничі потужності «Біола»

1.2 Технологічний процес

Клімат нашої країни не дозволяє вирощувати багато південних плодів, особливо в масштабах, придатних для їх переробки в сік. Носіння в готовій роздрібній упаковці далеко, дорого і незручно. Крім того, вживається досить значна частина рекомендованого терміну зберігання. І всі люблять пити соки, від маленьких до великих, і не тільки яблучні.

Рішення цього питання вже знайдено - виробництво соку шляхом відновлення з концентрованого. Все досить просто: сік виробляється в місці зростання екзотичних фруктів, концентрується для зменшення обсягу перенесеного і асептична фасована.

У такому вигляді продукт надходить в країну використання, відновлюється в нормі. Він також додає натуральні ароматизатори, отримані в концентрації соку або зі шкірки фруктів, і вітаміни.

Після термічної обробки соки розливаються в різні види ємності: скляні пляшки, ПЕТ-контейнери або пакети типу «Тетра-Пак».

Виробництво відновлених соків з менш екзотичних фруктів, таких як яблука, дозволяє відмовитися від повного майданчика переробки фруктового соку.

Це набагато дешевше, технологічно простіше, а також дозволяє економити на виробничій площі і споживаних ресурсах, таких як електроенергія, вода, пара і т.п. А асортимент продукції не обмежується можливістю переробної лінії.

Склад лінії і технологічна послідовність відновлення соку наведено на рисунку 1.2.

Склад лінії відновлення соку і подальший розлив в скляну тару обумовлений необхідними операціями:

Розпакування асептичних мішків можна зробити на спеціальному пристрої з насосом, але є і більш прості способи їх спорожнити.

Необхідно приготувати воду, яка відновить концентрований сік до відповідності натуральному.

Соковий концентрат під тиском 6 бар проходить термічну обробку перед відновленням: швидке нагрівання протягом 20...30 с до температури 100...110°C, витримка 3...4 с і швидке охолодження протягом того ж часу, що і нагрів до кімнатної температури. При невеликих обсягах виробництва це можна зробити в реакторному баку. При великому обсязі (5 000...50 000) в спеціальному трубчастому теплообміннику.

У «пропарений» концентрований сік додають підготовлену воду, вітаміни, зворотний аромат або інші ароматизатори, рідше аскорбінову кислоту, сіль і цукор. Цей процес можна проводити в одній і тій же ємності.

Необхідно пам'ятати, що сік необхідно відновлювати в ту ж кількість етапів, що і він був сконцентрований. Це важливо для того, щоб відновлений сік не поступався за смаковими та іншими характеристиками натуральному.

Отриманий продукт переганяють через гомогенізатор в буферний резервуар.

Далі сік пастеризують або стерилізують для збільшення терміну зберігання. Вибір виду обробки залежить від виду продукту і обраного технологічного процесу. Як правило, використовуються трубчасті або пластинчасті теплообмінники.



Рисунок 1.2 – Технологічна послідовність виробництва і розливу відновлених соків і нектарів

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 - асортінговий пристрій; | 2 - водоочисна станція |
| 3 – реактор; | 4 – гомогенізатор; |
| 5 - буферна ємність; | 6 - пастеризер / стерилізатор |
| 7 - машина мийки контейнерів; | 8 - наповнювач для соку |
| 9 - пакувальна машина; | 10 - детектор вакууму |
| 11 - закрита мийна машина; | 12 - контейнерна сушильна машина |
| 13 - Машина для маркування; | 14 - принтер-маркер; |
| 15 - депалетайзер і палетизатор | |

Щоб підготувати ємність до начинки, її необхідно промити і стерилізувати. Це можна зробити на обладнанні для миття пляшок роторного або лінійного типу.

Лінійні або поворотні наповнювачі з різними принципами дозування (об'ємні або рівні) використовуються для заповнення ємності соком. Як правило, сік розливається в пляшки в жаркому стані.

Для герметизації контейнера використовуються різні типи кришок. Для скляних пляшок це, як правило, ковпачки. Ця операція виконується заковзуючими машинами необхідного типу.

Для контролю якості закриття можна використовувати спеціальні пристрої - вакуумні детектори.

Контейнерна мийна машина видаляє з поверхні ємності залишки бруду і слідів витоку продукту.

Контейнерна сушильна машина видаляє вологу з поверхні ємності, що дозволяє здійснювати якісне маркування.

Для нанесення постійної інформації на контейнер використовуються маркувальні машини різних типів. Для скляної тари зазвичай використовується самоклеюча етикетка.

Змінна інформація наноситься принтером-маркером на кришку, пляшку або етикетку.

З ємності з готовим продуктом формуються групи для більш зручного зберігання і транспортування. Можна формувати групи ємностей на підкладках, лотках зі сторонами типу «лоток», ящиках, а потім упаковувати в термоусадочну плівку.

Високопродуктивні лінії також вимагають депаллетайзерів і палетизаторів для контейнерів для досягнення автоматизації процесів і підвищення продуктивності.

Виробництво натуральних соків, нектарів і холодного чаю ТМ «Біола» потребує повної автоматизації технологічного процесу. Для їхнього випуску застосовується унікальна технологія холодного асептичного розливу (ACF), розроблена німецькою фірмою KHS.

Вона дозволила відмовитися від шкідливих для організму людини консервантів та випускати високоякісну продукцію в ПЕТ - упаковці. Розлив

соків здійснюється в блоці холодного асептичного розливу, який встановлено в спеціальній стерильній кімнаті.

Холодний асептичний розлив виключає процес кип'ятіння, сік піддається лише делікатній пастеризації безпосередньо перед розливом в пляшку.

В квітні 2009 року почала функціонувати нова, третя за рахунком, лінія холодного асептичного розливу в ПЕТ - пляшку (KHS, Німеччина). Ця лінія - найпотужніша серед аналогів, які діють нині на підприємствах України, вона дозволяє розливати до 40 тис. пляшок на годину.

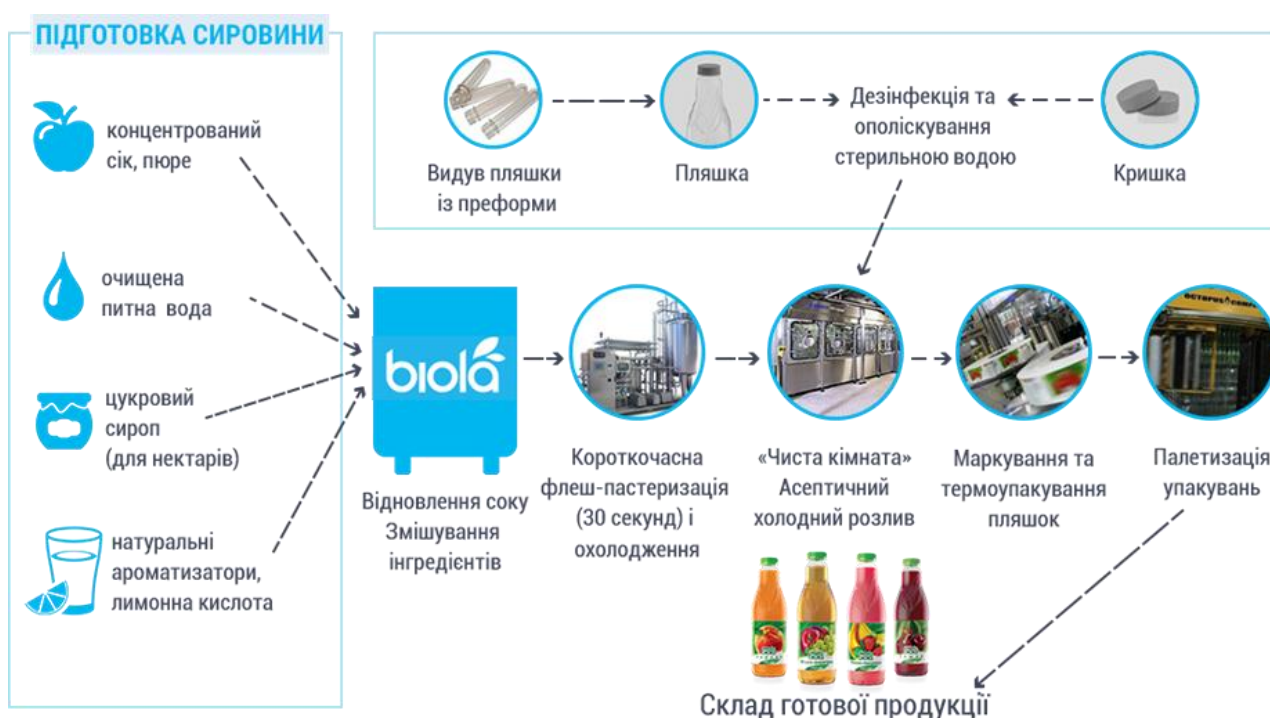


Рисунок 1.3 – Технологічна схема виготовлення соку та напоїв

Це найпотужніша з нині наявних АСФ-ліній в Україні. Таким чином компанія збільшила свої виробничі потужності на 32,5 % [6].

1.3 Об'єкт керування

В якості об'єкту управління обрано пастеризатор з нержавіючої сталі - TG-UNT з технологічної лінії розливу яблучного соку, тому що це один найбільш потужних технологічних об'єктів. Оптимальний і економічний режим його роботи дозволить значно скоротити електроенергію.

Яблучний сік в залежності від параметрів технологічного процесу нагрівається до 65...110 °С в закритому трубчатому теплообміннику.

Таблиця 1.1 - Технічні параметри пастеризатор TG-УНТ

Виробничі потужності, т/г	10...40
Час нагріву, с	20...75
Температура соку на вході, °С	1...25
Тиск соку на вході, кг/см ²	4...7
Тиск перегрітої пари (абсолютний), кг/см ²	1,45...4,7
Робоча температура перегрітого пару, °С	110...150
Температура соку на виході, °С	70...90
Витрати пару, кг/с	0,9...1,7
Потужність, кВт	600



Рисунок 1.3 – Пастеризатор TG-УНТ

Пастеризатор TG-УНТ наступі особливості:

1. Висока термічна ефективність, 90% тепла можна повторно використовувати після обробки продукту.

2. Різниця температур між виробом і теплоносієм невелика, тому процес нагрівання досить «ніжний». Теплообмінник використовує гофровані трубки, що забезпечує високу ефективність теплопередачі.

3. Пастеризатор має високий ступінь автоматизації, може автоматично контролювати очищення СІР, само-стерилізацію і всі етапи процедури.

4. Внутрішня частина трубки полірується, всі пробірки повністю очищаються, автоматична стерилізація забезпечує асептичний стан системи.

5. Система дуже безпечна, вся фурнітура виготовлена з надійних матеріалів.

6. Пастеризатор даного типу складається з високонадійних основних деталей, таких як насос продукту, насос з гарячою водою, всілякі клапани, електричні елементи, вироблені всесвітньо відомими компаніями [9].

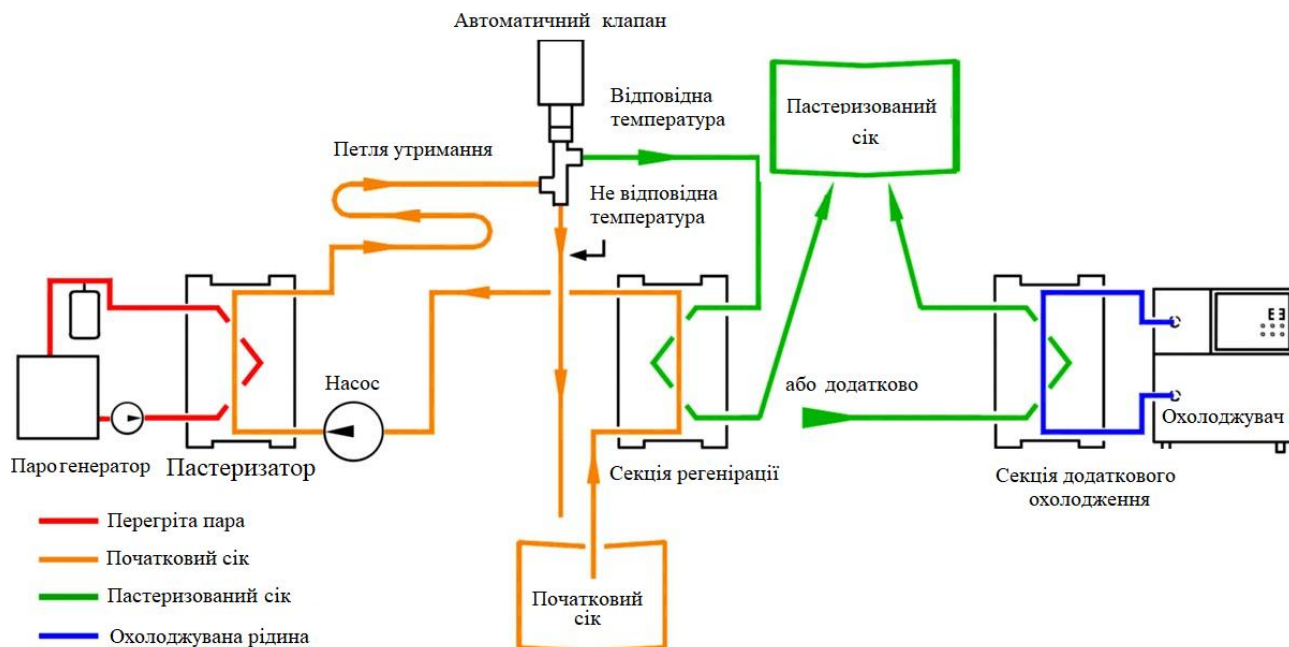


Рисунок 1.4 – Структура об'єкту керування (флеш пастеризатор)

Компактний флеш-пастеризатор TG-UHT призначений для фруктових і овочевих соків, напоїв і багатьох інших рідких продуктів, зберігаючи їх смакові і поживні якості, так як правила розраховані на продуктивність 10...40 т/г. Пастеризатори цієї серії реалізують принцип HTST (короткий час утримання соку при високій температурі), що дозволяє мінімізувати, а в багатьох випадках усунути зміни смакових і поживних властивостей.

Метод мікро-флеш-пастеризації є надійним і економічним способом видалення бактерій і збільшення терміну зберігання охолодженого соку та інших продуктів. Конструкція пастеризатора відповідає вимогам СІР. Всі контактні частини виготовлені з високоякісної нержавіючої сталі та інших схвалених FDA матеріалів для використання в харчовій промисловості. Пастеризатор готовий до використання, і вимагає всього декількох простих з'єднань: електроенергії, води, повітря, енергоносія. Електрика діє як енергетичний носій.

Залежно від виду кінцевої підготовки виробів можливі 2 варіанти комплектації агрегатів:

1. Холодний розлив - в цьому випадку сік швидко нагрівається в потоці до температури 72 °С, при якій його тримають 30 секунд, після чого він швидко охолоджується. На виході з пастеризатора сік буде тепліше початкової температури приблизно на 12 °С. Потім продукт можна подавати в додаткову охолоджуючу секцію, де його температура підтримується приблизно на 4 °С вище початкової температури. Такий сік має смак і властивості свіжачавленого. Однак після розливу його необхідно зберігати, доставляти і продавати при однаковій температурі. При цьому сік має термін зберігання до 6 тижнів, в залежності від виду сировини.

2. Гарячий розлив - в процесі пастеризації сік нагрівають до температури не нижче 85 °С і відразу відправляють на розлив при такій температурі. Сік, вироблений за цією схемою, має термін зберігання близько року без необхідності зберігання в охолоджену стані. Однак його смакові і вітамінні властивості нижче, ніж в першому варіанті.

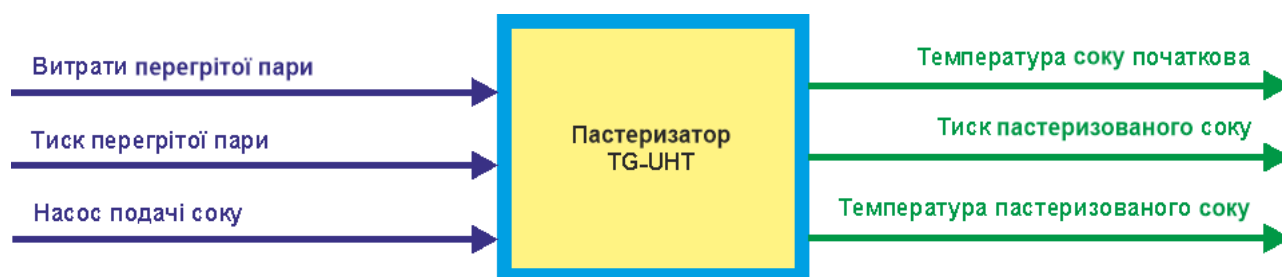


Рисунок 1.5 – Структура об'єкту керування

Об'єкт керування має наступні основні параметри:

Вхідні сигнали:

- витрати перегрітої пари, кг/с 0,9...1,7;
- тиск перегрітої пари, кг/см² 1,45...4,7;
- насос подачі соку, В / кВт ~380 / 5,5;

Вихідні:

- температура соку початкова, °С 1...25;
- температура пастеризованого соку, °С 70...90;

- тиск пастеризованого соку, $\text{кг}/\text{см}^2$ 5,5...6,5.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

Згідно принципу роботи об'єкту керування, можна визначити основні канали керування:

- «витрати перегрітої пари \rightarrow температура пастеризованого соку»;
- «тиск перегрітої пари \rightarrow температура пастеризованого соку».

1.4 Структура системи керування

Роботою пастеризатору TG-UHT керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати задані технологічні параметри, які визначені технологічною картою розливу яблучного соку.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °C завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. Тиск перегрітої пари може змінюватись в межах 1,45...4,7 $\text{кг}/\text{см}^2$ а витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 $\text{кг}/\text{с}$. Тиск соку на виході з пастеризатора 5,5...6,5 $\text{кг}/\text{см}^2$. Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку.

Джерелом перегрітої пари є парогенератор, який входить до складу базового технологічного обладнання. Парогенератор має автоматичну підсистему керування.

1.5 Формулювання задачі дослідження

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – пастеризатору TG-UHT.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування пастеризатору TG-UHT, обрано один із головних каналів - «витрати перегрітої пари \rightarrow температура пастеризованого соку».

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °С завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. В витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 кг/с. Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку.

1.6 Висновки за розділом

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах виготовлення напоїв, так як періодично модернізується технологія виготовлення продукції.

Сучасна система керування дозволить оперативна контролювати значну кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнання для яблучного соку, обрано пастеризатор TG-УНТ.

До мінімального складу структури підсистеми керування мають входити наступні сигнали.

Вхідні:

- | | |
|---|------------|
| – температура соку початкова, °С | 1...25; |
| – температура пастеризованого соку, °С | 70...90; |
| – тиск пастеризованого соку, кг/см ² | 5,5...6,5; |

Вихідні:

- | | |
|--|--------------|
| – витрати перегрітої пари, кг/г | 960...4 200; |
| – тиск перегрітої пари, кг/см ² | 1,45...4,7; |
| – насос подачі соку, В / кВт | ~380 / 5,5. |

Основні канали керування:

- «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку»;
- «тиск перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °С завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. Тиск перегрітої пари може змінюватись в межах 1,45...4,7 кг/см² а витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 кг/с. Тиск соку на виході з пастеризатора 5,5...6,5 кг/см². Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку.

На рисунку 2.1 показана структурна схема підсистеми керування.

Датчики температури соку початкового, температури пастеризованого соку, тиску пастеризованого соку забезпечують необхідною інформацією систему керування з метою організації заданої за технологічними параметрами

роботи об'єкту керування з урахуванням можливої економічної роботи технологічного обладнання.

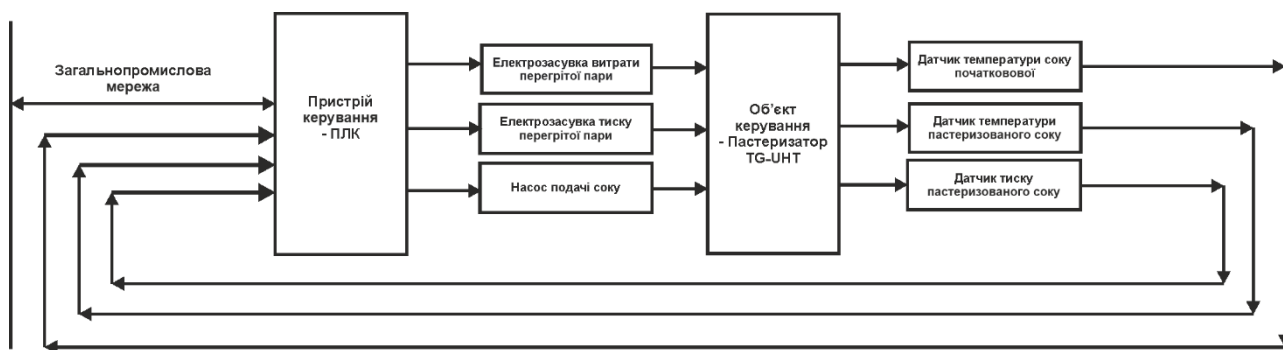


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Підсистема керування має підтримувати задану за технологічними параметрами температуру пастеризованого яблучного соку межах заданих параметрів.

Роботою пастеризатор TG-УНТ керує автоматичний регулюючий прилад, який має вихідні сигнали керування:

- електрозасувка витрати перегрітої пари – лінійний режим;
- електрозасувка тиску перегрітої пари (скидання надлишкового тиску у парову батарею) – лінійний режим;
- насос подачі соку – лінійний режим.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску), еталони стану обладнання (температура, тиск), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки заданого режиму роботи технологічного обладнання – пастеризатора TG-УНТ на заданому рівні, має протиаварійний захист та блок переводу до ручного режиму керування, виконавчі пристрої – електрозасувки, електродвигун.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.

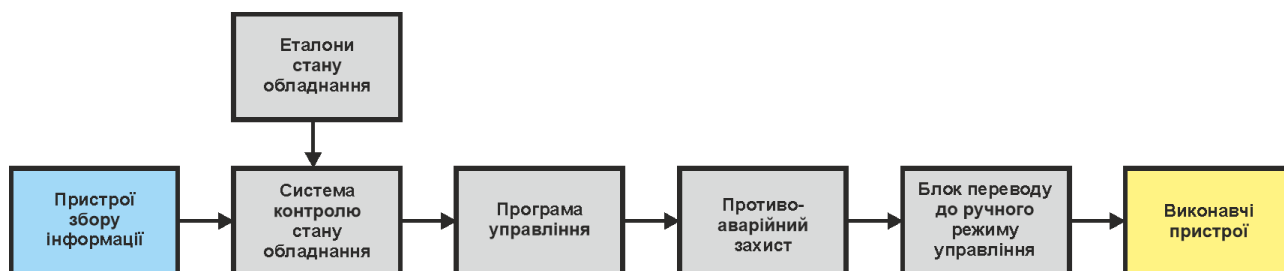


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами необхідно вимірювати температуру соку початкову у діапазоні 1...25 °С та температуру пастеризованого соку у діапазоні 70...90 °С. Використаємо датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1 (рис. 2.2) з діапазоном вимірювання 0...100 °С, який має вихідний сигнал у стандартному струмовому діапазоні 4...20 мА, який полегшить підключення його до програмованого логічного контролера.

Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.1 [11].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА-420-Кл1-1

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: Pt100
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	0...100
3	Клас допуску	1
4	Точність, %	±0,5
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...36
7	Потужність споживання, Вт	1



Рисунок 2.2 – Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1

Для вимірювання тиску перегрітої пари у діапазоні 1,45...4,7 кг/см² будемо використовувати датчик тиску серії MBS 3000 з діапазонами вимірювання 0...1,0 МПа (рис. 2.3). Датчик тиску має відповідно два стандартний вихід 4...20 мА для підключення до програмованого логічного контролера [12].



Рисунок 2.3 – Датчик тиску серії MBS 3000 – 1,0

Таблиця 2.2 – Технічні параметри датчику тиску серії MBS 3000 – 1,0

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Комплексне вимірювання
2	Діапазон вимірювання, МПа	0...1,0
3	Похибка вимірювання, %	±0,5%
4	Частота відгуку, Гц	0,1
5	Напруга живлення, В	12...24
6	Потужність споживання, Вт	1
7	Діапазон температур, °С	-40 до 85
8	Вихідний сигнал, мА	4...20

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура соку початкова	НСХ: Pt100	Аналого вий	0...100°С	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	12...3 6 В	1 Вт
2	Температура пастеризованого соку	НСХ: Pt100	Аналого вий	0...100°С	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	12...3 6 В	1 Вт
3	Тиск пастеризованого соку	Комплек с не вимір.	Аналого вий	0...1 МПа	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	12...2 4 В	1 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для реалізації лінійного керування продуктивністю подачі перегрітої пари та тиск перегрітої пари (скидання надлишкового тиску у парову батарею) необхідна електрична засувка з поворотним затвором. Використаємо електрозасувку High Performance Valves: HP 114 150 Lugged [13], яка інтегрована у склад технологічного обладнання пастеризатору TG-UHT, та має власну систему керування з вхідним стандартним сигналом керування 4...20 мА.



Рисунок 2.4 - Електрозасувка High Performance Valves: HP 114 150 Lugged

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики електрозасувки High Performance Valves: HP 114 150 Lugged .

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Електромагнітний
2	Підключення, in (мм)	G6 (150)
3	Робочий тиск, МПа	1...32
4	Умовний прохід, мм	150
5	Максимальна витрата, л/г	50 000
6	Температура носія, °С	-50...500
7	Керуюча напруга, В	12...24
8	Потужність споживання, Вт	25
9	Живлення, В	~220
10	Керування, мА	4...20

Для приводу насоса подачі соку використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 5,5 кВт. Згідно з завданням система

керування повинна реалізовувати регулювання продуктивності подачі соку у пастеризатор, то управління електроприводом повинно бути безперервним – забезпечувати пропорційне керування. Виходячи з вимог для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21 потужністю 11,0 кВт з аналоговим входом 4...20 мА (рис. 2.5) [14].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.5 – Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача Delta VFD110CP4EA-21

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	11,0
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивність перегрітої пари	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	1
2	Тиск перегрітої	4...20	Пропорційний	0...100	Лінійний	0,1 с	24	1

	пари	мА	ійний	%	й			
3	Насос подачі соку	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	0,1 с	24	5

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені датчики, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – це датчик тиску соку на виході пастеризатору та температури соку на вході і виході пастеризатору.

Для керування продуктивністю подачі перегрітої пари та її тиску використані електричні засувки з поворотним затвором, які мають аналоговий вхід 4...20 мА положення продуктивності (площі перетину) 0...100 %.

Для керування насосом подачі соку у пастеризатор у лінійному режимі використано частотний перетворювач, який має аналоговий вхід 4...20 мА керування частотою перетворення.

Так як підсистема керування пастеризатором TG-UHT, має інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП), то вона повинна мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт

та інтерфейс RS-485 (рис. 2.6). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.7.



Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Для підключення двох аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких який має по чотири аналогові входи (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
---	------------------------	----------

1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Приклад схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.8.

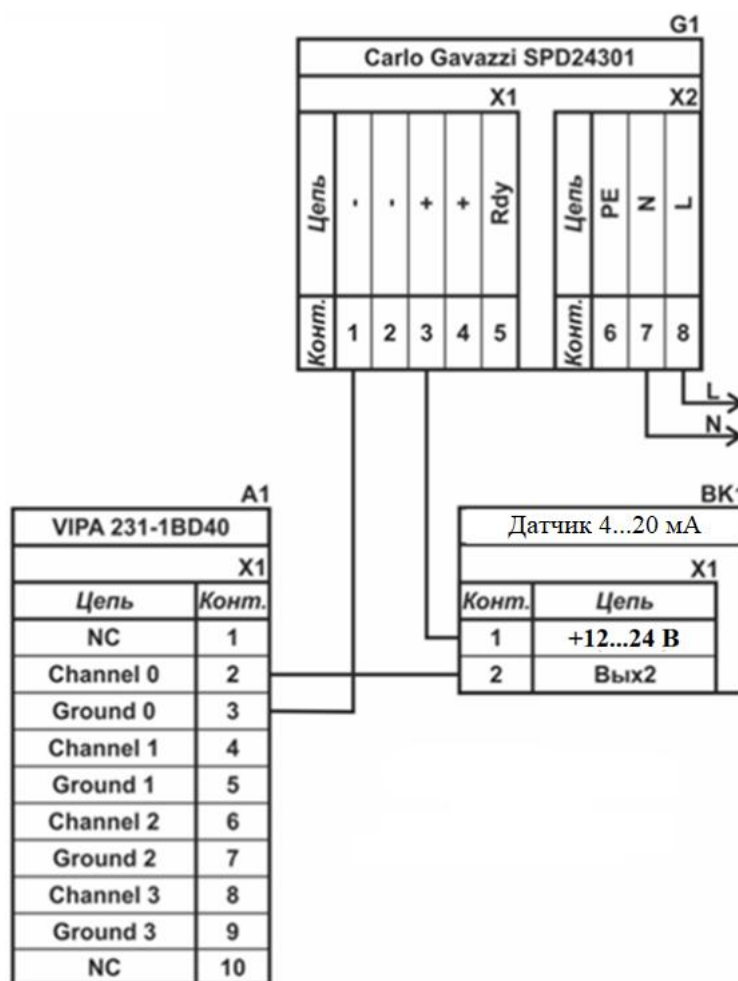


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру також має бути підключено дві електрозасувки – керування продуктивністю перегрітої пари та її тиском та керування продуктивністю подачі соку до пастеризатору, які мають вхідний струмовий канал керування 4...20 мА, тому потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового вихідного сигналу 4...20 мА. Для підключення цих трьох пристроїв оберем модуль VIPA 232-1BD40 у якому є чотирьох аналогових виходу 4...20 мА (рис. 2.9).

Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 232-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ESO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу	комбінований
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Схема підключення до модуля аналогового виводу наведена на рисунку 2.10.

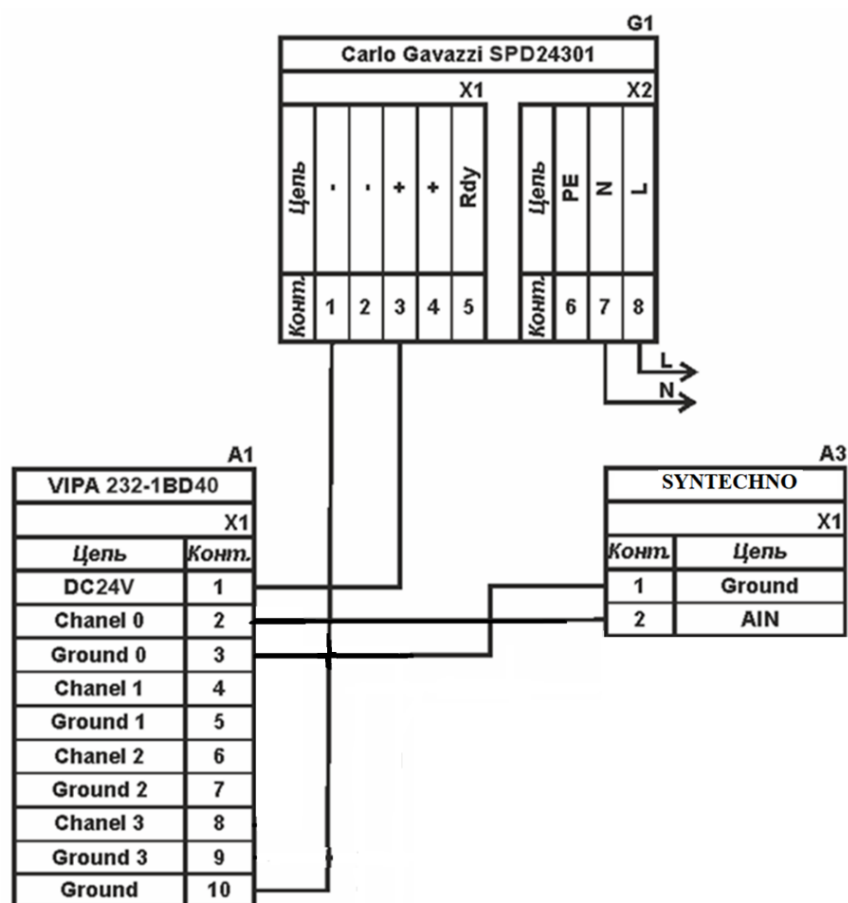


Рисунок 2.10 – Схема підключення до модуля аналогового виводу

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.11.

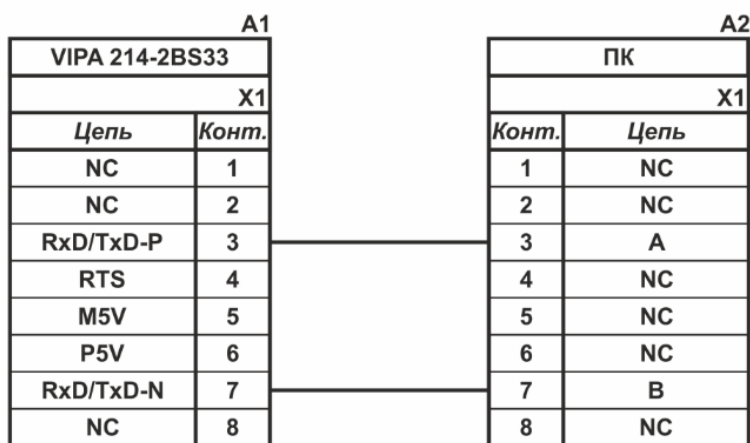


Рисунок 2.11 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.11.

Таблиця 2.11 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Температура соку початкова	24 В	1,0 Вт
		Температура пастеризованого соку	24 В	1,0 Вт
		Тиск пастеризованого соку	24 В	1,0 Вт
3	VIPA 232-1BD40	Модуль дискретного виводу	24 В	2,0 Вт
		Електроклапан продуктивності тиску	24 В	1,0 Вт
		Електроклапан передачі тиску	24 В	1,0 Вт
		Насос подачі соку	24 В	1,0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 1 * 0,6 + 1 * 2,0 = 7,6 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролера та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою

+24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.12). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.12.



Рисунок 2.12 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.13.

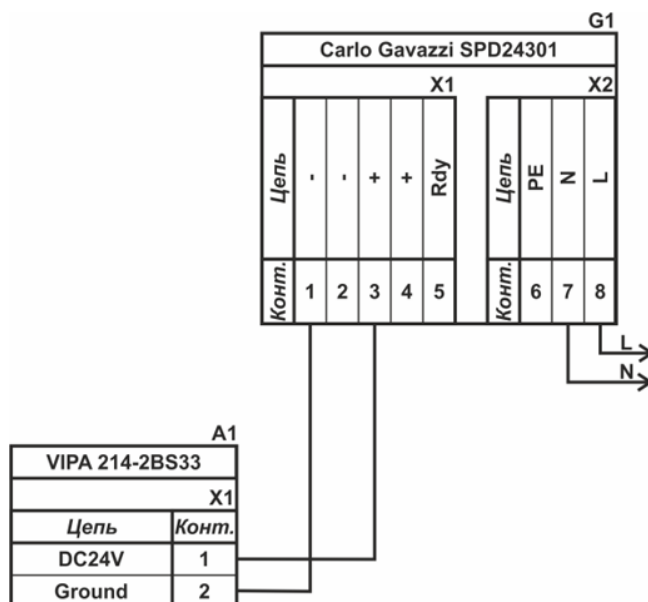


Рисунок 2.13 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для трьох аналогових датчиків: температури

соку початкового, температури пастеризованого соку та тиску пастеризованого соку, та трьох аналогових сигналів - перегріта пара, тиск перегрітої пари.

Для живлення вбудованих блоків керування засувкам використовується мережева напруга ~ 220 В. Таким чином потужність споживання напруги живлення +24 В становитиме:

$$P = 3 * 1,0 + 3 * 1,0 = 6,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - пастеризатором TG-UHT розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.14.

У якості пристрою керування пастеризатором TG-UHT використовується програмований логічний контролер (UY 7) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 8), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання початкової температури соку використовується датчик (TE 1.1 - Т.ХА-420-Кл1-1) та перетворювач 4...20 мА (ТТ 1.2 - - Т.ХА-420-Кл1-1).

Для вимірювання температури пастеризованого соку використовується датчик (TE 2.1 - Т.ХА-420-Кл1-1) та перетворювач 4...20 мА (ТТ 2.2 - - Т.ХА-420-Кл1-1).

Для вимірювання тиску пастеризованого соку використовується датчик (PE 3-1 - MBS 3000-1,0) та перетворювач 4...20 мА (РТ 3-2 - MBS 3000-1,0).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 7 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці заданого температурного режиму роботи пастеризатора TG-UHT.

Для керування продуктивністю подачі насиченої пари та скидання надлишкового тиску у парову батарею використовуються електрозасувки (NS-4, NS-4 High Performance Valves HP 114 150 Lugged) з каналом керування 4...20 мА.

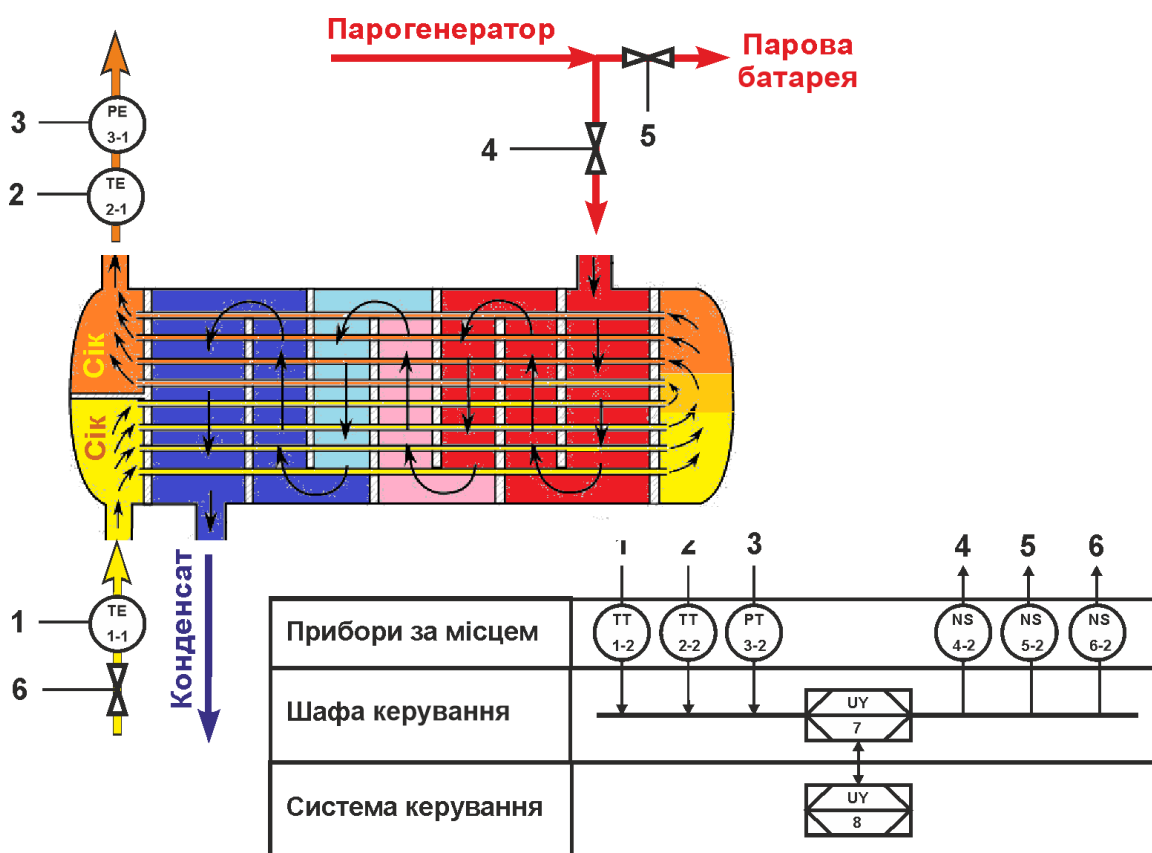


Рисунок 2.14 – Функціональна схема автоматизації

Для керування продуктивністю насоса подачі соку у пастеризатор TG-UHT використовуються частотний перетворювач (NS-9 Delta VFD110CP4EA-21) з каналом керування 4...20 мА.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми технологічним обладнанням - пастеризатором TG-UHT (рис. 2.15).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X3), к датчикам початкової температури соку (BK1), температури пастеризованого соку (BK2) та тиску пастеризованого соку.

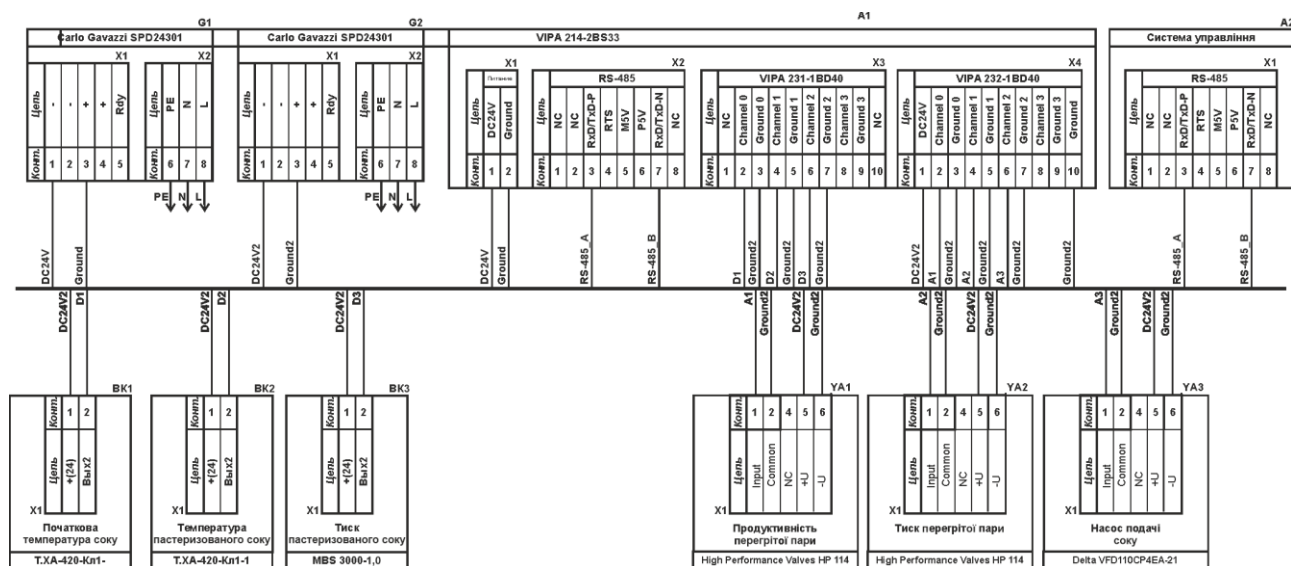


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Входи керування продуктивністю перегрітого пару YA1 та тиску перегрітої пари YA2 електрозасувки підключені до модулю аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X2) до каналів 0, 1 за допомогою стандартного струмового сигналу 4...20 мА.

Для керування тиском пастеризованого соку використовують частотний перетворювач YA підключений до модулю дискретного виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X2) до каналу 3 за допомогою стандартного струмового сигналу 4...20 мА.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання з виготовлення яблучного соку - пастеризатор TG-UHT.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування виступає технологічне обладнання з виготовлення яблучного соку - пастеризатор TG-УНТ.

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – пастеризатору TG-УНТ.

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування пастеризатору TG-УНТ, обрано один із головних каналів - «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °С завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. В витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 кг/с. Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку.

Отже для визначення параметрів в моделі об'єкту керування – пастеризатору TG-УНТ за керуючий вплив обрано витрати перегрітої пари, а дійсним значенням - температура пастеризованого соку.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано пастеризатор TG-УНТ з метою побудови підсистеми керування за обраним

каналом керування «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить пастеризатор TG-UHT, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для забезпечення інформаційного зв'язку з іншими системами автоматизації.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає витрата перегрітої пари, за рахунок якого виконується нагрів яблучного соку у пастеризаторі TG-UHT і яка може змінюватися у межах діапазону 0,9...1,7 кг/с (0...100 %). Номінальна температура пастеризованого соку, очікується в межах діапазону температур 90..110 °С.

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі пастеризатора TG-UHT за обраним каналом - «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

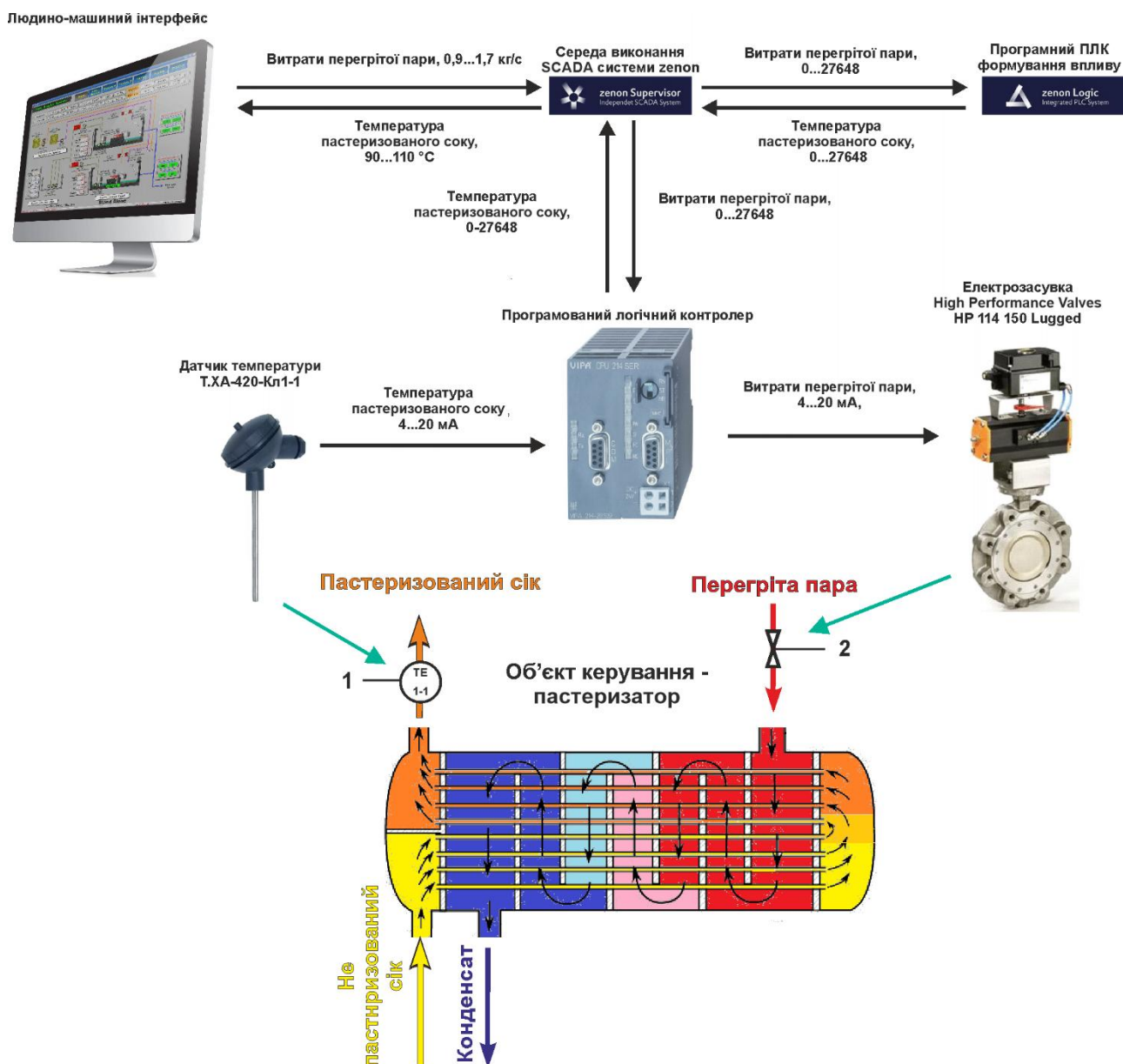


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування пастеризатором TG-УНТ . При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику

при П-образному керуючому впливі, та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).
 - 3.2. Запустити процес реєстрування.
 - 3.3. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.8. Зупинити процес реєстрації.
4. Отримання даних при П-образному впливі.
 - 4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).
 - 4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно на рівні 0...100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш ніж за десяти перехідних процесів.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура пастеризованого соку становить близько 90 °С при мінімальних витратах перегрітої пари 0,9 кг/с.

Кінцева пастеризованого соку має бути близько 110 °С при максимально витраті перегрітої пари 1,7 кг/с.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0; 100 %, а фактичне значення витрат перегрітої пари 0; 0,8 кг/с, що забезпечується відповідним керуванням засувкою подачі перегрітої пари у пастеризатор.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2).

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура пастеризованого соку 90 °С, керуючий сигнал було встановлено на 0,8 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму – температури пастеризованого соку 110 °С експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

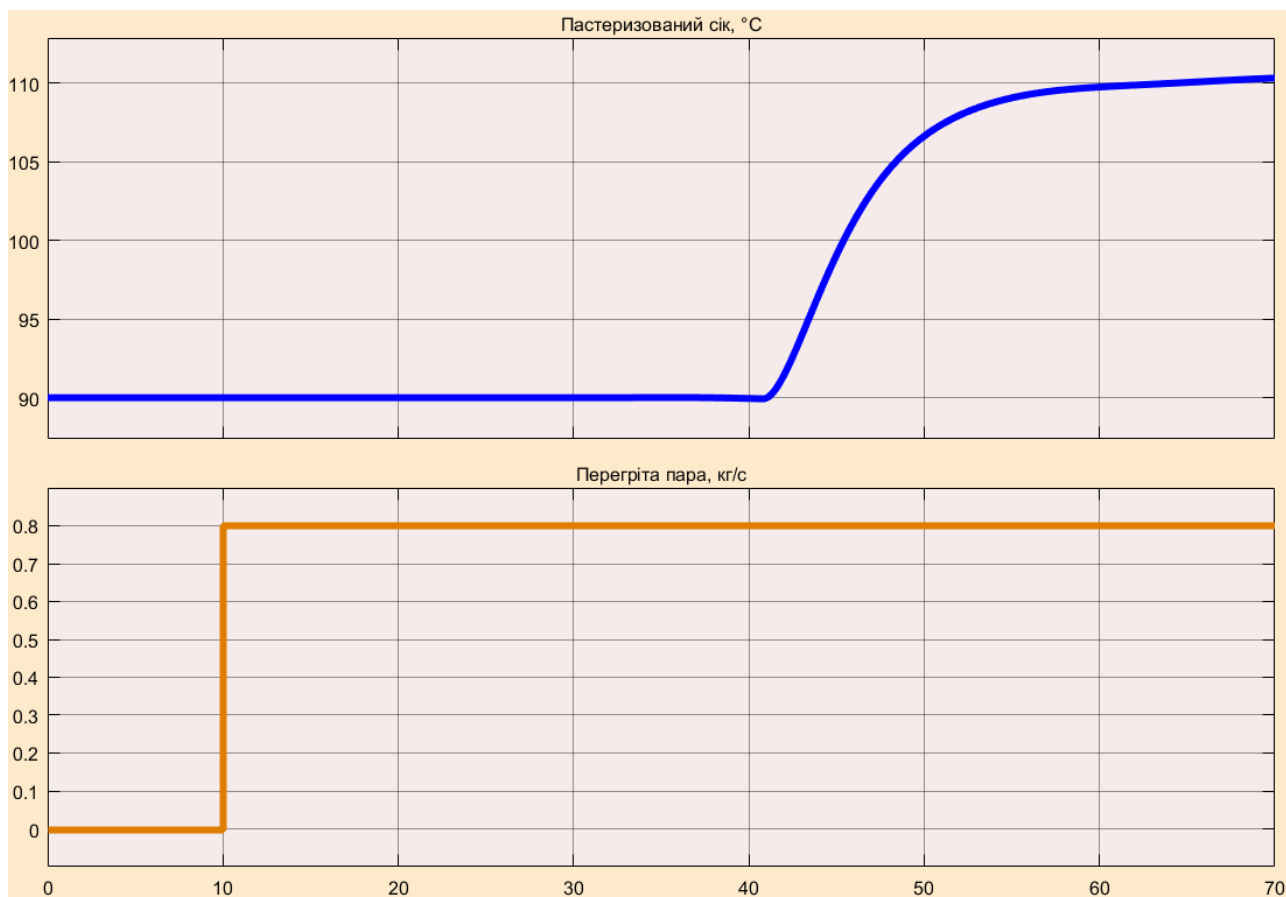


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

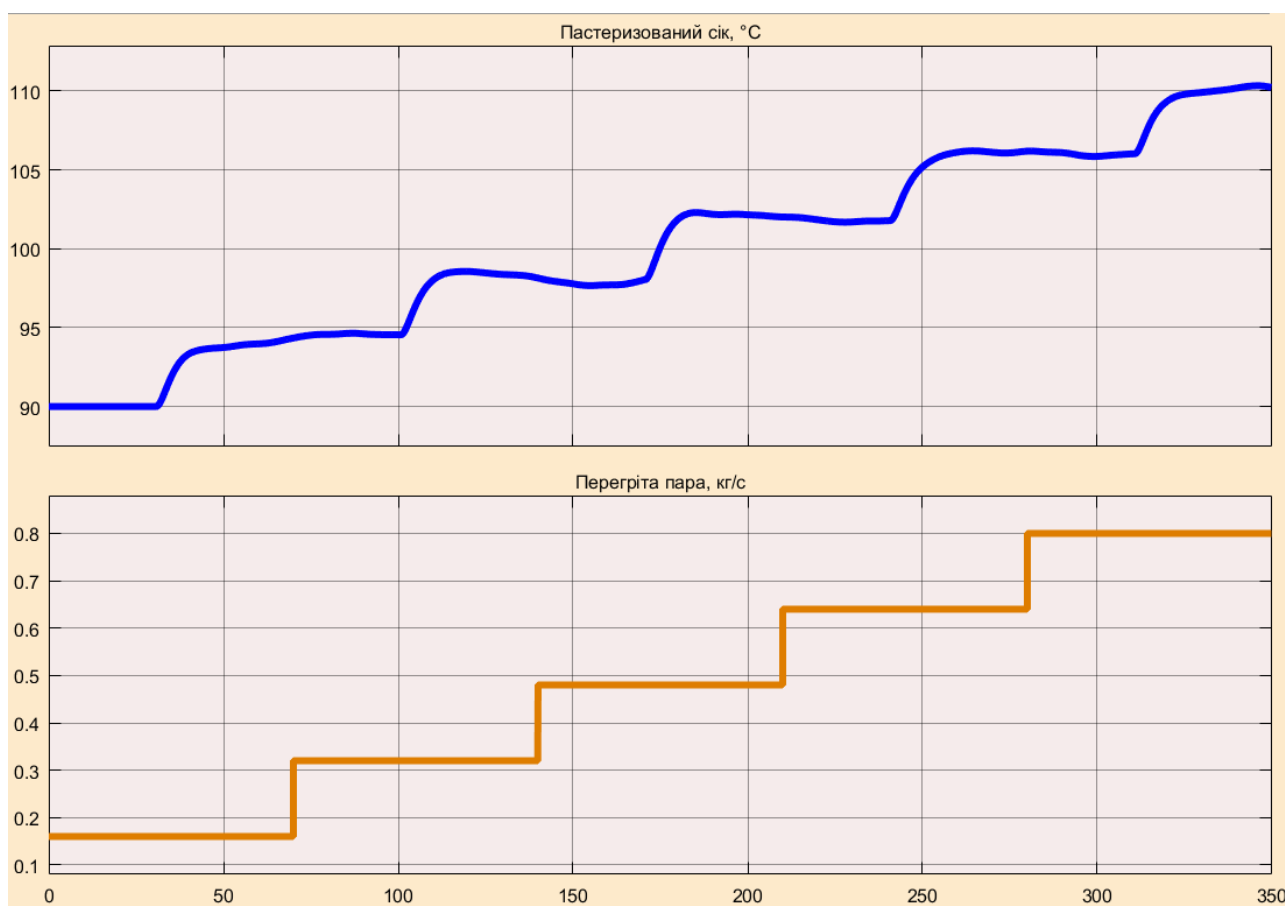


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 кг/с (0 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,16 кг/с (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,32 кг/с (40 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,48 кг/с (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,64 кг/с (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,8 кг/с (100 %).

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4).

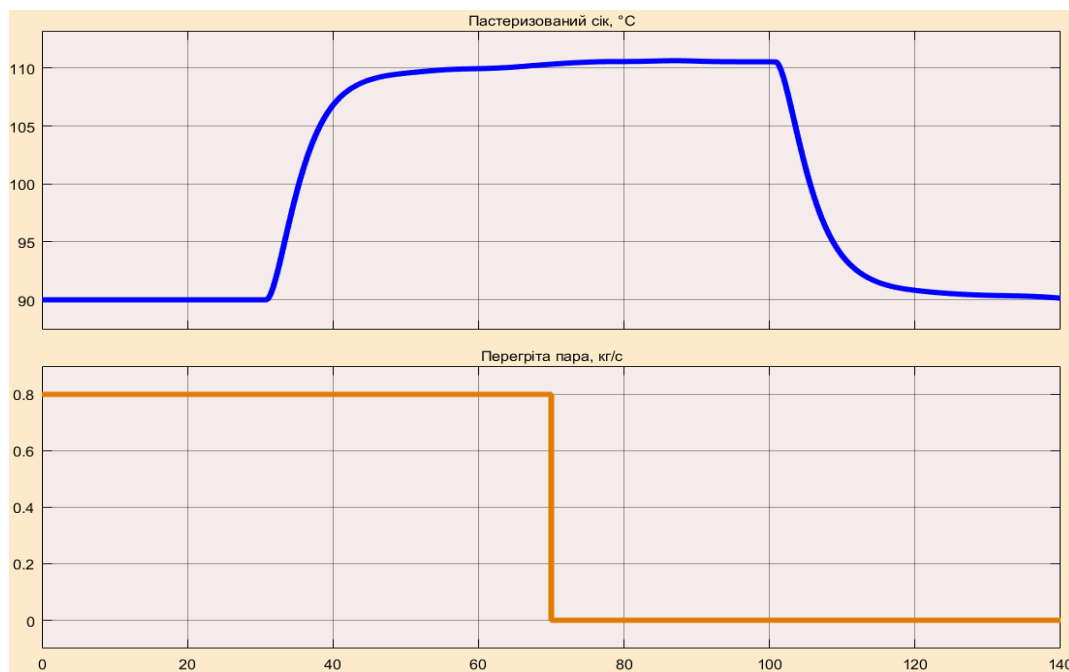


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0,8 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

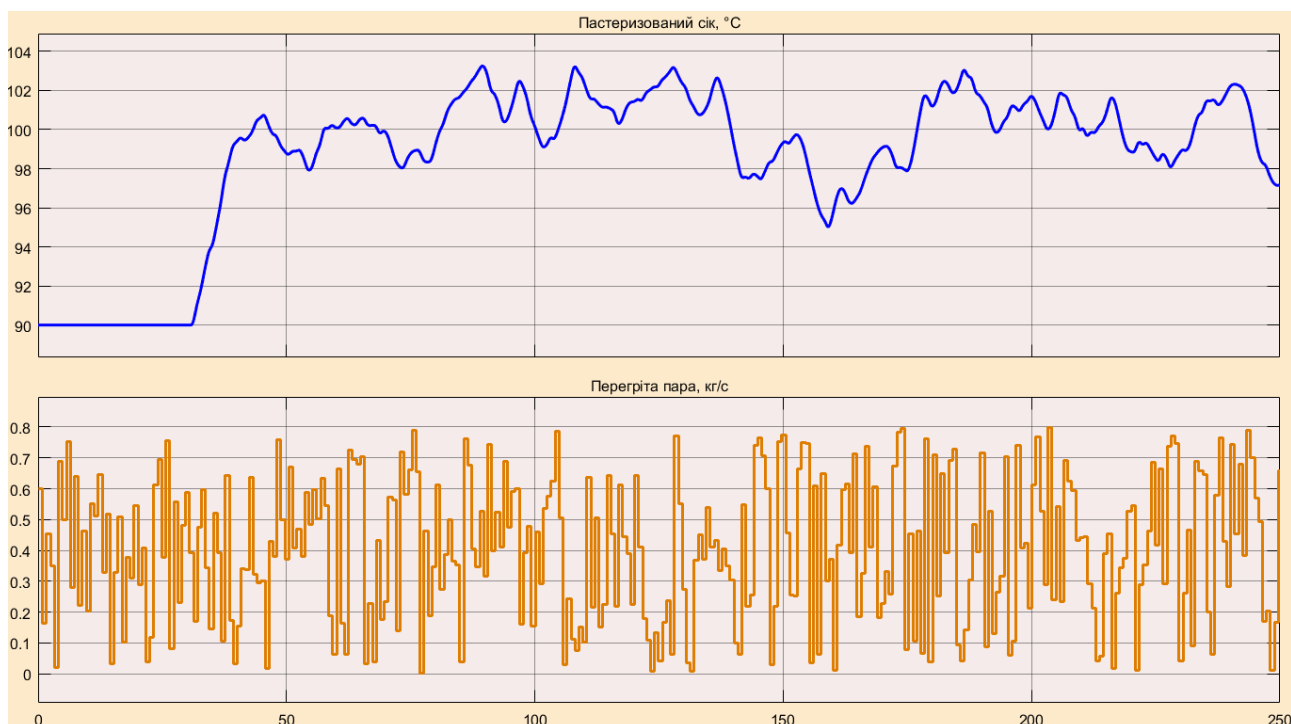


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

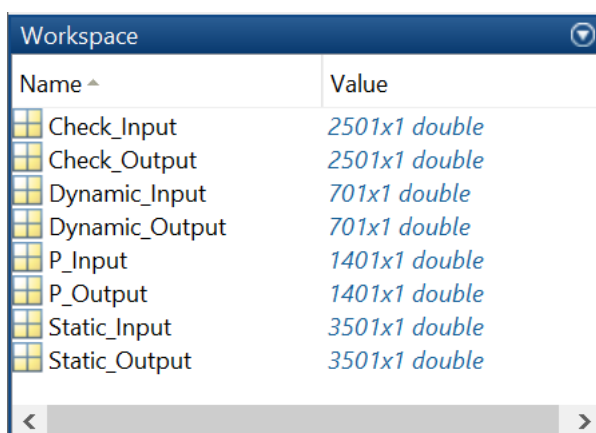
Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0...0,8 кг/с (0...100 %), з інтервалом зміни 0,8 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес ~ 25 с, тобто постійна часу близько $\sim 25 / 5 = \sim 5$ с, затримка ~ 30 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 250 с.

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики "Dynamic_Input", "Dynamic_Output", даним для побудови статичної характеристики "Static_Input", "Static_Output", даним отриманим при П-образному керуючому впливі "P_Input", "P_Output", перевірочним даним "Check_Input", "Check_Output". Суфікс "_Input" позначає керуючий вплив, а суфікс "_Output" дійсне значення.



Name	Value
Check_Input	2501x1 double
Check_Output	2501x1 double
Dynamic_Input	701x1 double
Dynamic_Output	701x1 double
P_Input	1401x1 double
P_Output	1401x1 double
Static_Input	3501x1 double
Static_Output	3501x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об'єктів типу "iddata" (оскільки дані на об'єкті знімалися періодом у 0,1 с, то з таким же часовим кроком ми їх конвертували):

```
Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 0,1);
Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 0,1);
P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 0,1);
Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 0,1);
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
offset_DO = min(Dynamic_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Dynamic_Raw);
trend.OutputOffset = offset_DO;
Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, trend);
```

```
offset_SO = min(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
trend.OutputOffset = offset_SO;
Static = detrend(Static_Raw, trend);
```

```
offset_PO = min(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset_PO;
P = detrend(P_Raw, trend);
```

```
offset_CO = min(Check_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Check_Raw);
trend.OutputOffset = offset_CO;
Check = detrend(Check_Raw, trend);
```

На рисунку 3.7 показані результати з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірконої характеристик.

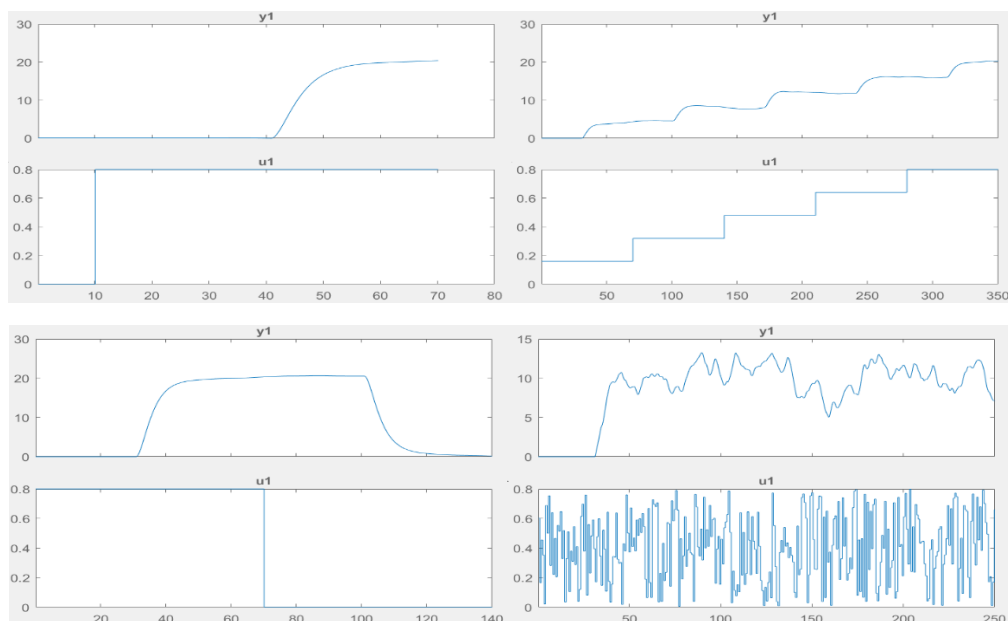


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевіркона характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.8).

Після подачі керуючого впливу – витрата пари 0,8 кг/с (100 %) вихідний сигнал - температура пастеризованого соку не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням приблизно 31 с, це може бути пов'язано з інерційністю датчика температури, та інерційністю процесу теплообміну у технологічному обладнанні. Враховуючи такий значний час затримки (по відношенню то часу перехідного процесу) можна сміливо стверджувати, що цей час в основному дорівнює часу проходження яблучного соку з входу до виходу пастеризатора, оскільки вплив – перегріта пара подається на вхід, а результат впливу - температура пастеризованого соку вимірюється на виході.

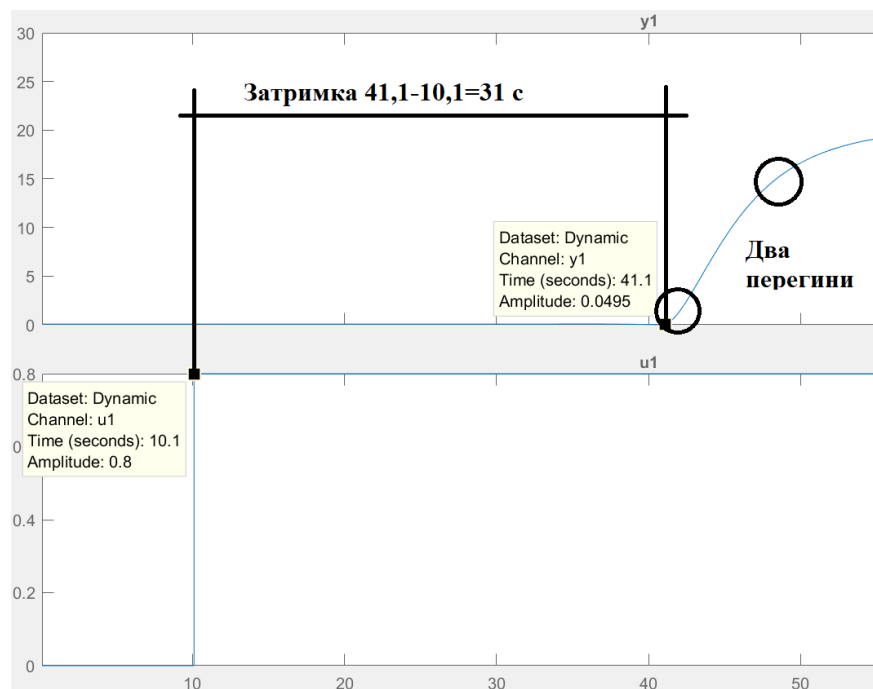


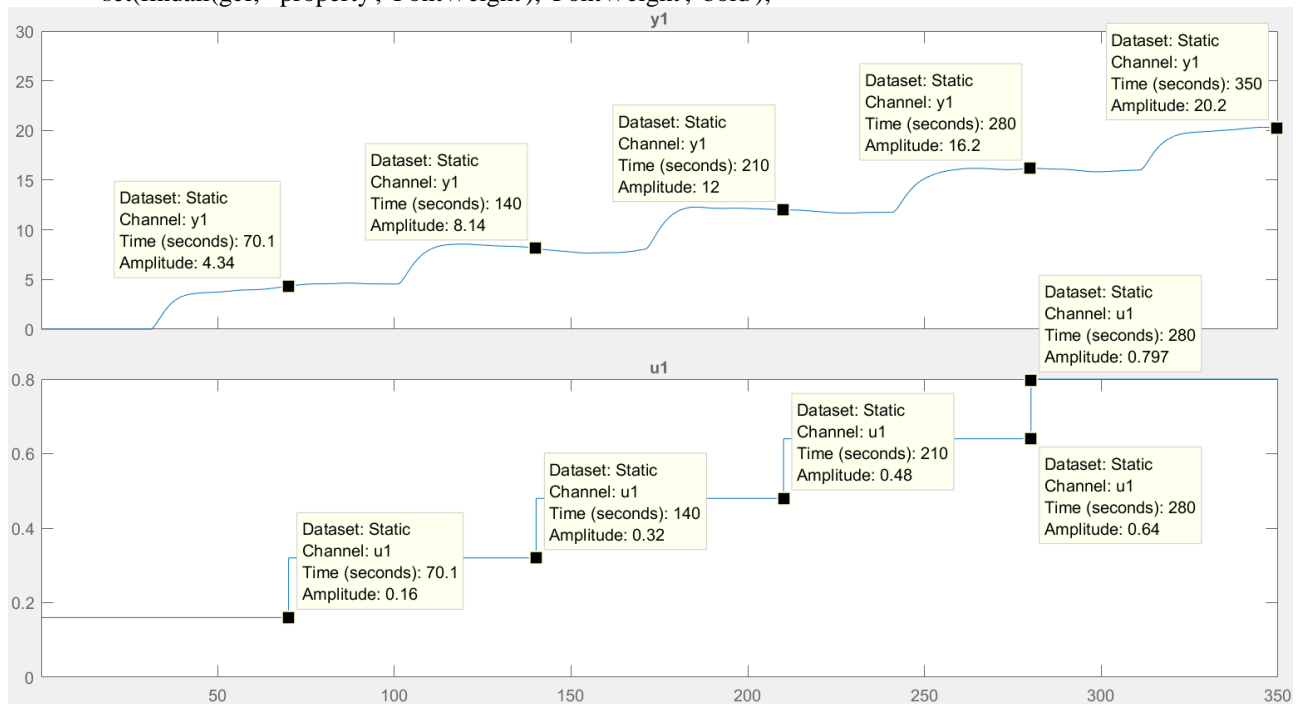
Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом, час перехідного процесу (рис. 3.2) $\sim 25 \dots 30$ с, постійна часу $(25 \dots 30) / 5 = 5 \dots 6$ с. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування

може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику, з урахуванням видалених постійних складових (рис. 3.9).

```
Static_Out = [ 4.34, 8.14, 12.0, 16.2, 20.2];
Static_In = [ 0.16, 0.32, 0.48, 0.64, 0.8];
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'g',...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 8.0, 'MarkerEdgeColor', 'k',...
     'MarkerFaceColor', [0.75,0.75,0.25]);
xlabel('Перегріта аара, кг/с');
ylabel('Пастеризований сік, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');
```



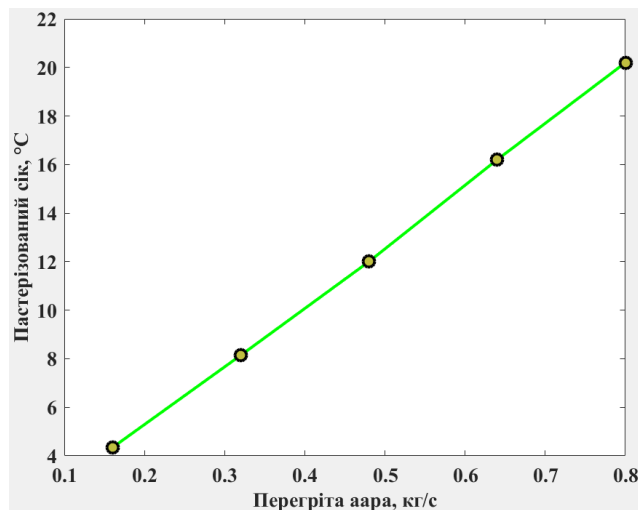


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх потужностей крім нульової:

```
>> Static_Gain = Static_Out(2 : end) ./ Static_In(2 : end)
```

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```
Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) / Static_Gain_max
* 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
Static_Gain =
    27.1250    25.4375    25.0000    25.3125    25.2500
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.50 %
```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику, отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10).

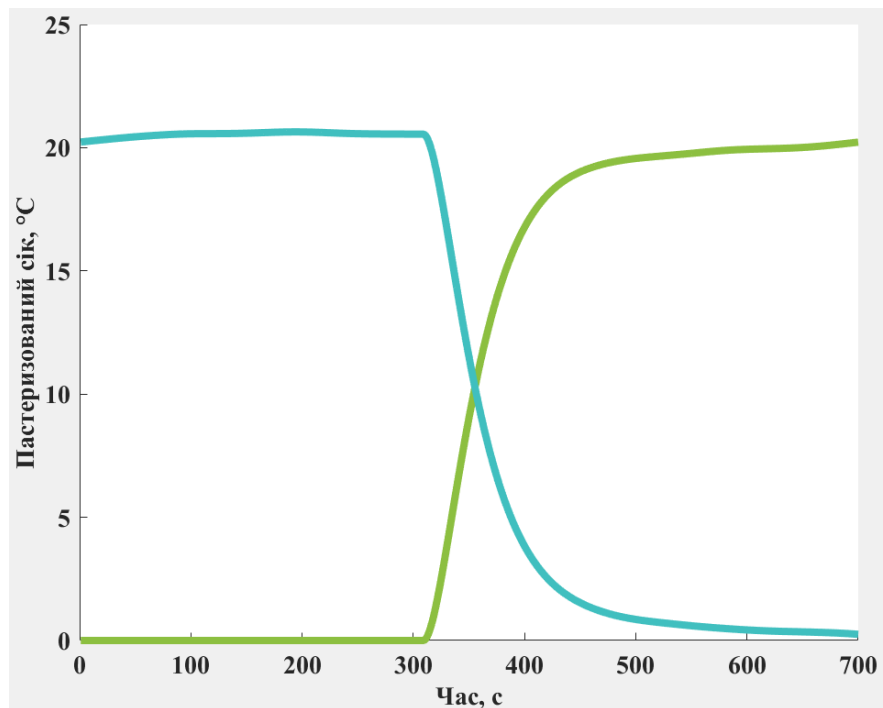


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

Як видно з рисунку, збільшення витрати пари з 0 кг/с (0 %) до 0,8 кг/с (100 %) приводить до збільшення температури пастеризованого соку з 0 °С до 20 °С, а відповідне зменшення цієї ж витрати пари з 0,8 кг/с (100 %) до 0 кг/с (0 %), приводить до відповідного зменшення температури з 20 °С до 0 °С. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду (рис. 3.10):

```
nRiseStart = find(P.InputData ~= 0, 1, 'first');
nRiseStop = find(P.InputData ~= 0, 1, 'last');
nFallStart = nRiseStop + 1;
nFallStop = length(P.InputData);

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);
P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);

if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 4.0, 'Color', [0.55,0.75,0.25]);
plot(P_Fall, 'LineWidth', 4.0, 'Color', [0.25,0.75,0.75]);
```

```
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Пастеризований сік, °C');
```

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалася через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

```
compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n', compareRiseFall);
Порівняння ділянок підйому та спаду: 0.66 %
```

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичнє відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартнє середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку с запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування;

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB та запускається командою `ident`.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.11) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic». Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.12 та в табл. 3.1.

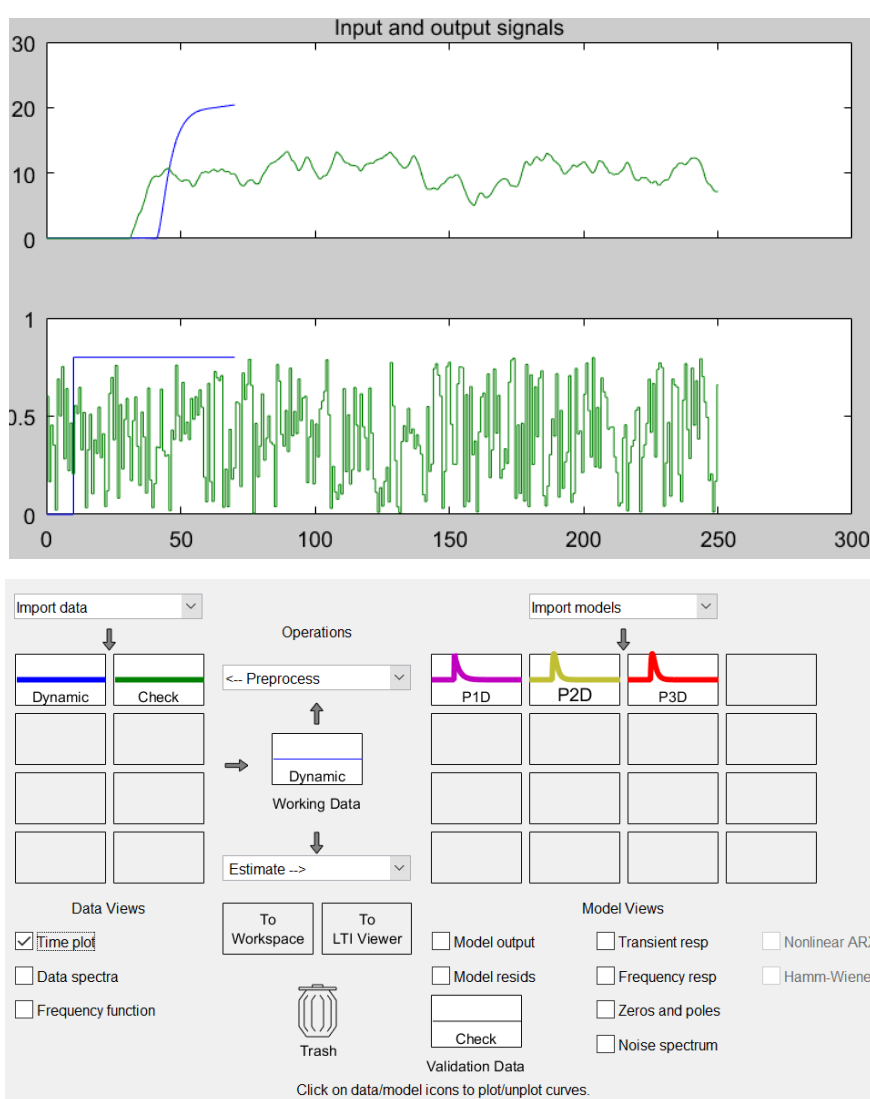


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок другого та третього порядку без запізнення та с запізненням (рис. 3.12).

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

$$G(s) = \frac{K_p}{1+T_p1*s} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 26.236 \pm 0.097229$$

$$T_p1 = 6.4824 \pm 0.083946$$

$$T_d = 30.8$$

Fit to estimation data: 94.33%

FPE: 0.25, MSE: 0.2485

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_p1*s)(1+T_p2*s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 25.288 \pm 0.0090276$$

$$T_p1 = 4.1289 \pm 0.018876$$

$$T_p2 = 1.6255 \pm 0.014039$$

$$T_d = 30.8$$

Fit to estimation data: 99.21%

FPE: 0.004911, MSE: 0.00487

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_p1*s)(1+T_p2*s)(1+T_p3*s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 25.288 \pm 0.27478$$

$$T_p1 = 1.6255 \pm 2.064$$

$$T_p2 = 4.1289 \pm 5.2403$$

$$T_p3 = 1e-06 \pm 0.012577$$

$$T_d = 30.8$$

Fit to estimation data: 99.21%

FPE: 0.004925, MSE: 0.00487

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P1D, P2D, P3D до перевірючих даних отриманих на об'єкті керування «Check» наведена на рисунку 3.12 та представлена у таблиці 3.1.

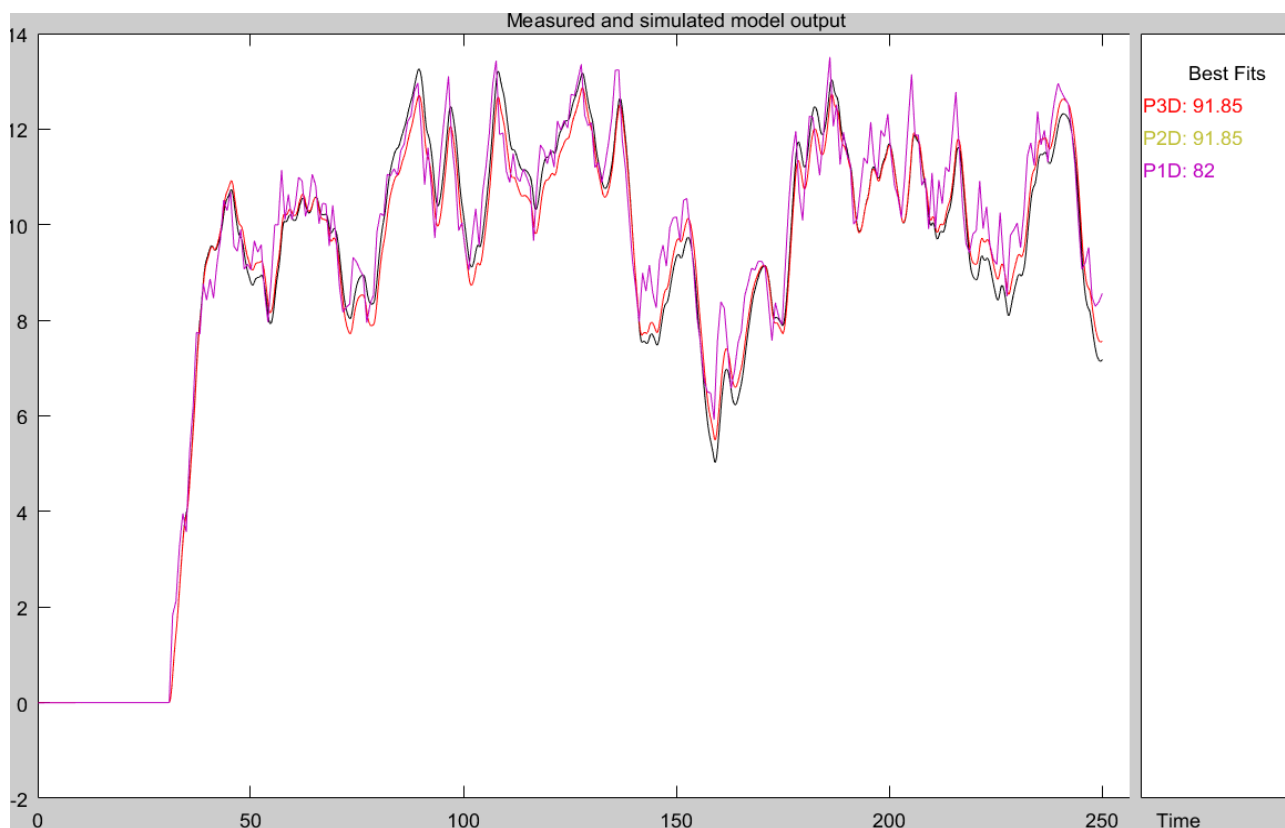


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
k	26,236	25,288	25,288
T_1, c	6,4824	4,1289	1,6255
T_2, c	–	1,6255	4,1289
T_3, c	–	–	1e-06
τ	30,8	30,8	30,8
Динамічна характеристика			
НСКП, %	94,33	99,21	99,21
ПОП	0,25	0,004911	0,004925
СК\П	0,2485	0,00487	0,00487
Перевірочні данні			
НСКП, %	82,00	91,85	91,85

Аналіз відмінностей між оцінками моделей PD1 – першого порядку з затримкою, PD2 – другого порядку з затримкою та P3D – третього порядку з затримкою, по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P2D (99,21 %) та P3D (99,21%). Вони не відрізняються за цим показником. Помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D (0,004911) та P3D

(0,004925) суттєво не відрізняється. Слід звернути увагу на показник T_3 P3D який збігається до нуля, тобто ця модель фактично стає моделлю P2D. Тобто на даний момент аналізу найкраща модель P2D, так як вона простіша.

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними за показником НСКП. Найкращі показники мають ті ж самі моделі P2D (99,21 %) та P3D (99,21 %) які також мають однакові ці показники.

Виходячи з усього, що наведе вище можна сміливо пропонувати модель P2D, яка має достатню відповідність до перевірочних даних, яка і складає більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час перехідного процесу складає близько біля $\sim 25 \dots 30$ с, постійна часу $5 \dots 6$ с, затримка близько 31 с. Для отриманої моделі другого порядку постійна часу становить $4,1289 + 1,6255 = 5,7544$ с, а затримка 30,8 с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

І насамкінець необхідно отримати основні характеристики для моделі об'єкта керування P2D (рис. 3.14) за допомогою «To LTI Viewer», і через меню «Edit / Plot Configurations...» і налаштувати зображення відповідно до рис. 3.13.

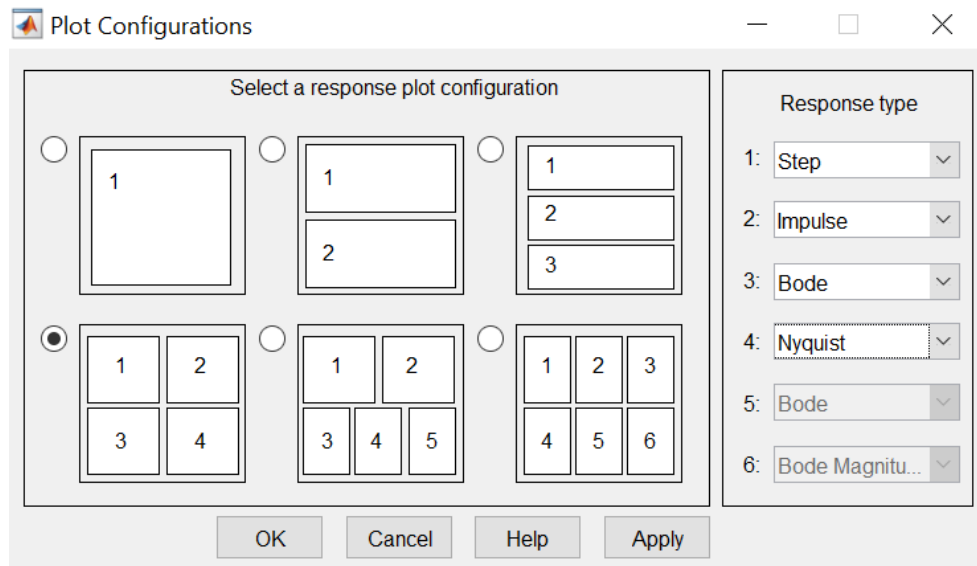


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

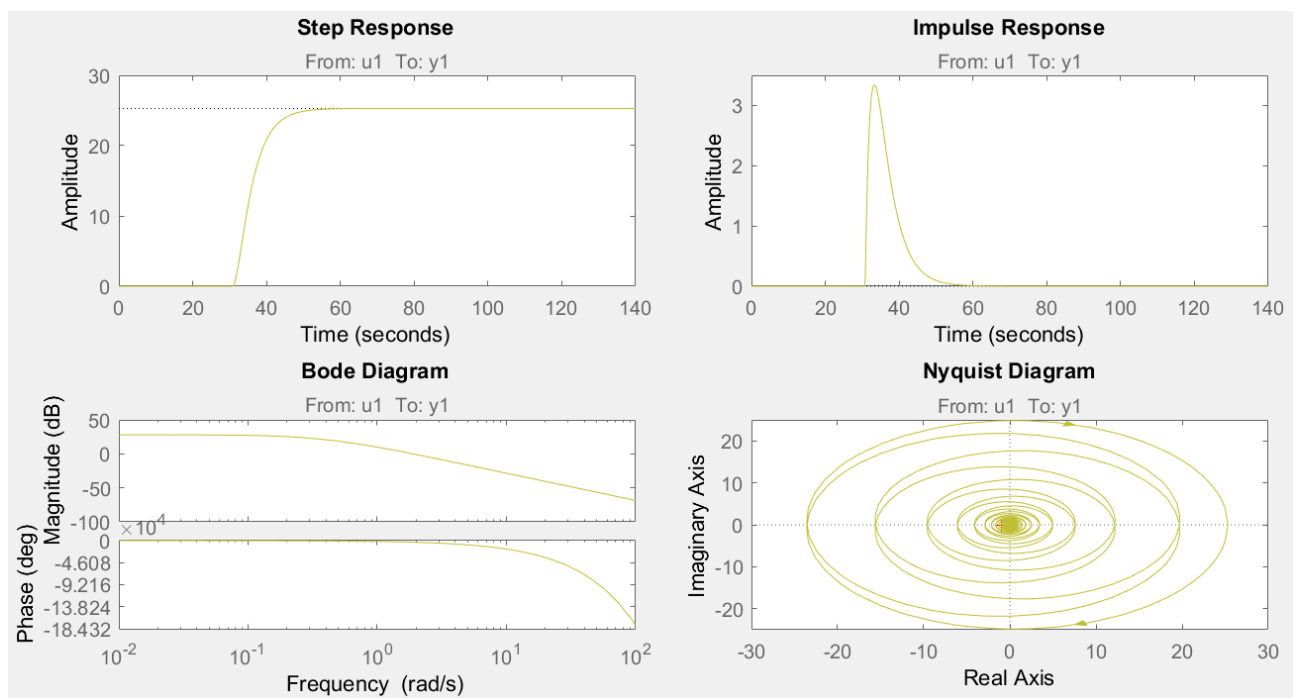


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель P2D у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 81,37 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{25,288 \cdot e^{-30,8}}{(4,1289s + 1) \cdot (1,6255s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

При налаштуванні час моделювання задано 250 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 0,1 с, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування.

На вході моделі додано статичний коригуючий зсув характеристики 0,9 кг/с (мінімально можливий за технологічними умовами витрати перегрітої пари).

На виході моделей додано статичний коригуючий зсув характеристики 67 °С (до максимально можливої температури 110 °С пастеризованого соку), який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкта керування.

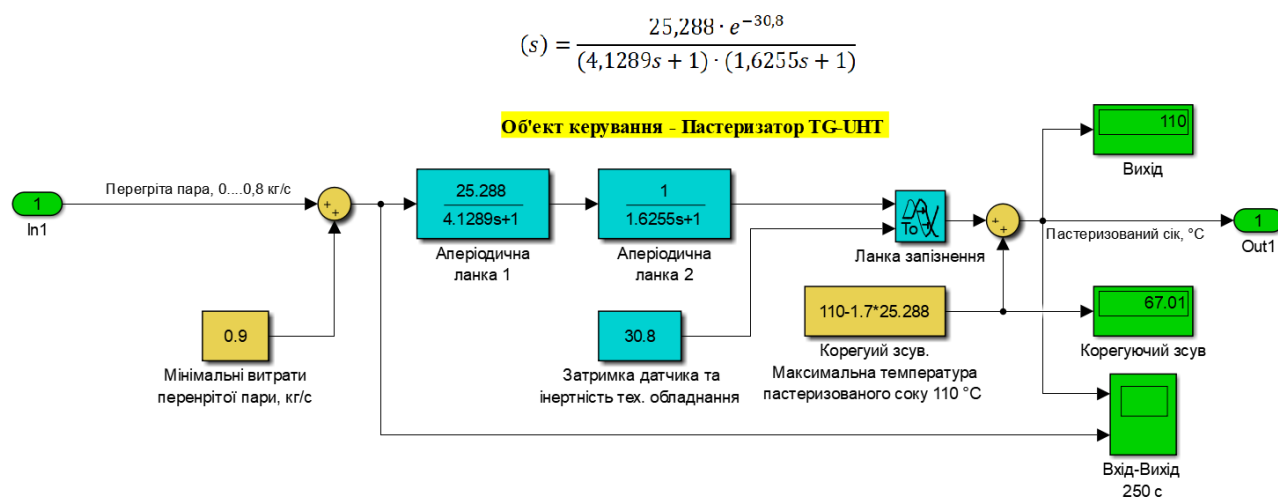


Рисунок 3.15 – Модель об'єкта керування

На рисунку 3.16 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність.

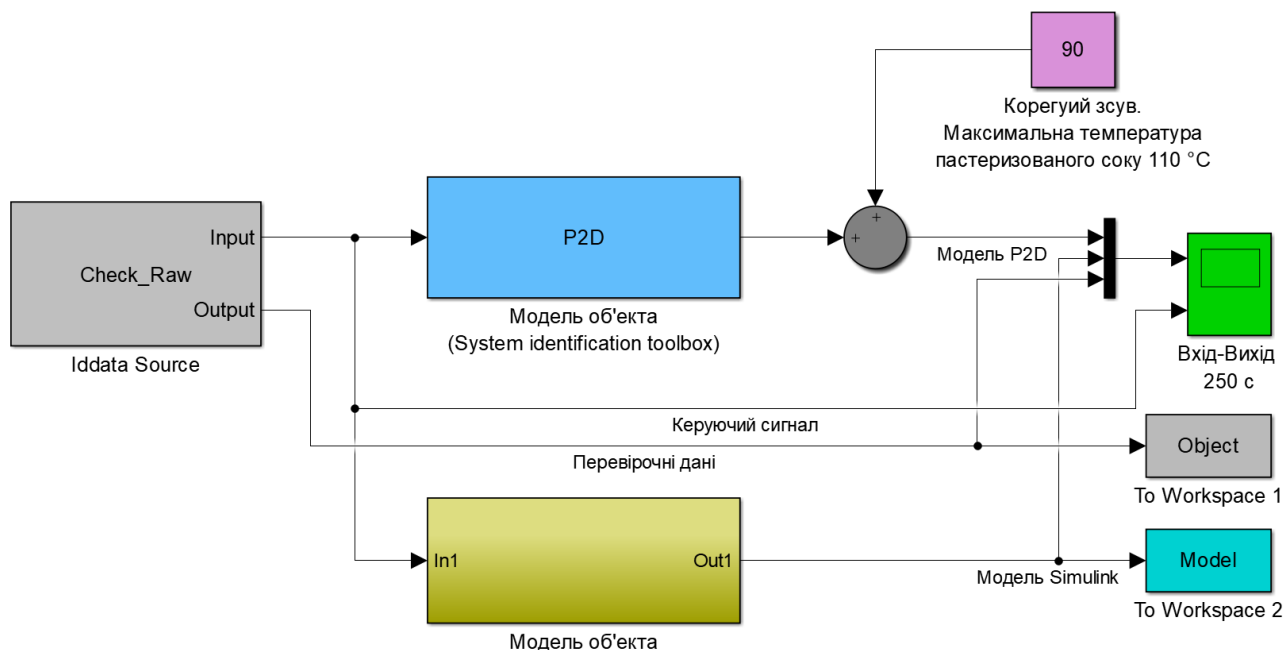


Рисунок 3.16 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

На вихід моделі P2D доданий статичний зсув характеристики $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, який є корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування, так як для ідентифікації у System Identification Toolbox вони були видалені.

Порівняння відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії які могли б їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

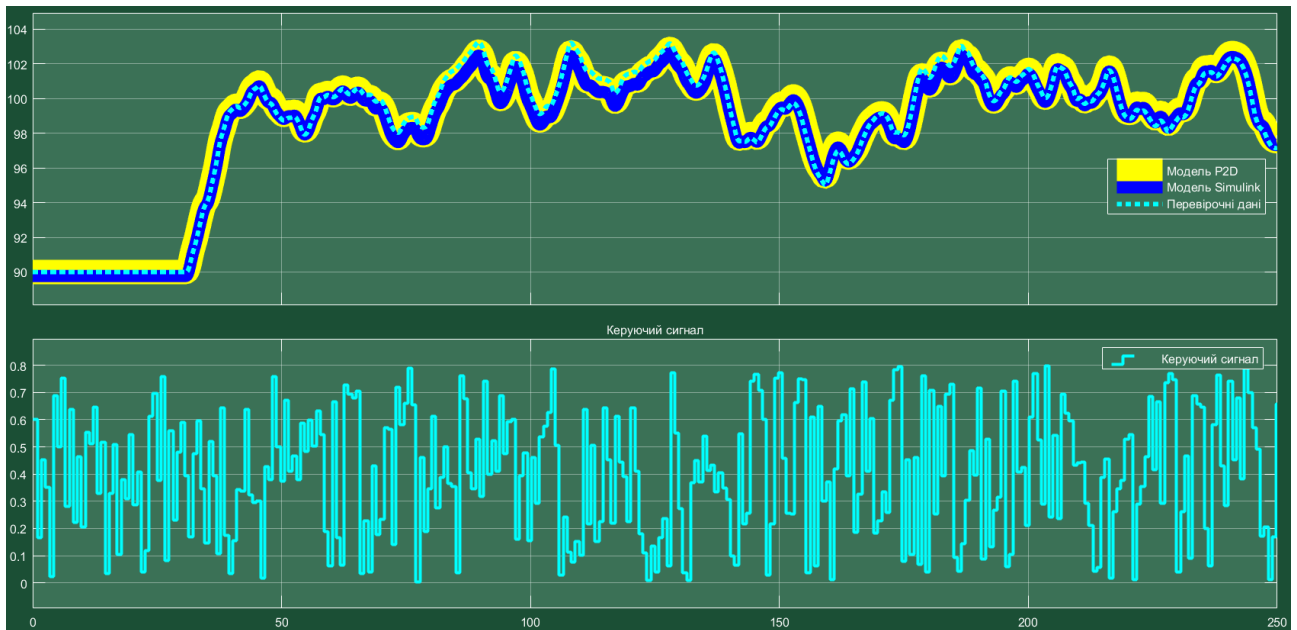


Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність:

```
function GetAdequacy(x, y)
    fprintf('\nПеревірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0\n');
    nSX = sqrt(mean(x.^2) - mean(x)^2);
    nSXref = sqrt(mean(y.^2) - mean(y)^2);
    nR = (mean(x.*y) - mean(x) * mean(y)) / (nSX * nSXref);
    fprintf('\nКоефіцієнт кореляції: %.3f\n', nR);
    nN = size(x, 1);
    nM = size(x, 2);
    nV = nN - nM - 1;
    nF = nR^2 / (1 - nR^2) * nV / nM;
    nP = 0.90;
    nFk = finv(nP, nM, nV);
    fprintf('Статистичний критерій Фішера: %.3f\n', nF);
    fprintf('Критичне значення статистики Фішера: %.3f\n', nFk);
```



```

if (nF > nFk)
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
else
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
end
end
end

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```

>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
Коефіцієнт кореляції: 0.997
Статистичний критерій Фішера: 394340.765
Критичне значення статистики Фішера: 2.708
Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.

```

Використовуючи скрипт `GetAdequacy.m` встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,997 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.18, а результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рисунку 3.19.

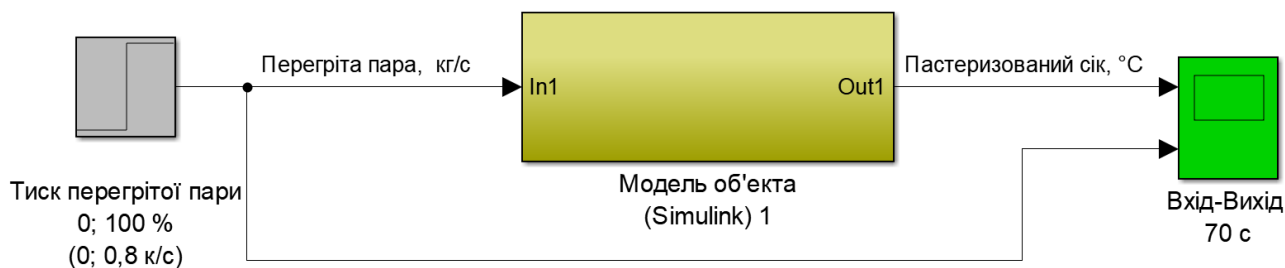


Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

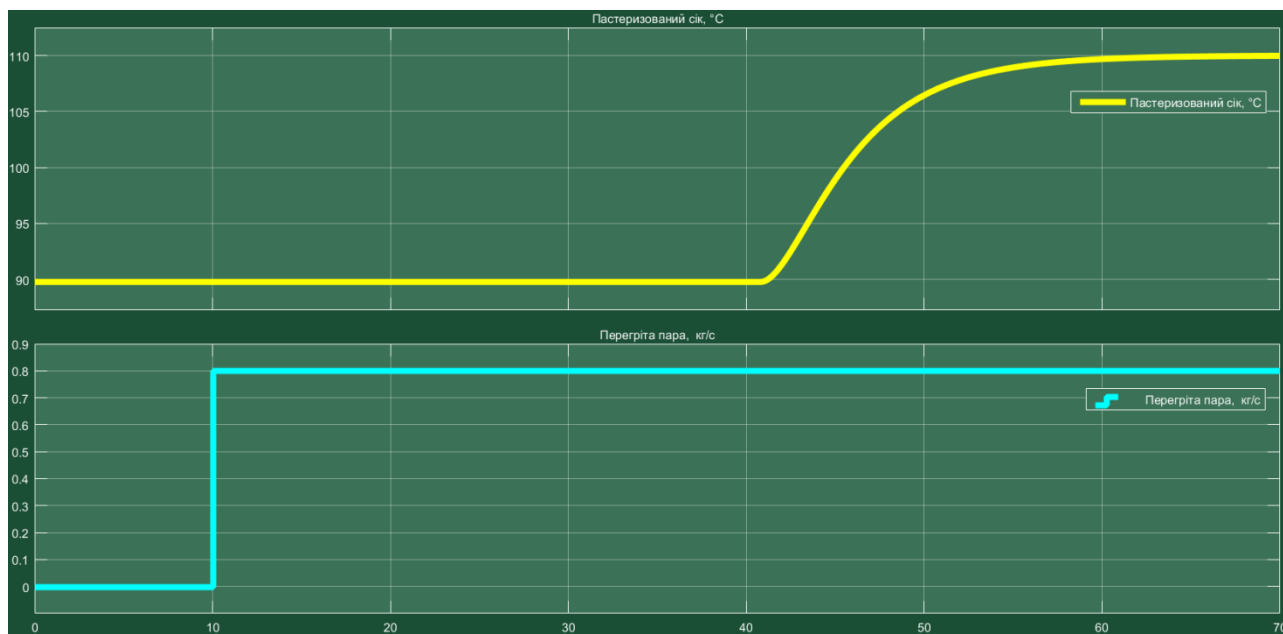


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 25,288 і постійні часу 4,1289 с та 1,6255 с, а запізнення становить 30,8 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 91,85 %, сильний кореляційний зв'язок 0,997 та статичний критерій Фішера 394 340 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – пастеризатору TG-UHT.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки автоматизації технологічного процесу виготовлення яблучного соку.

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

Автоматизована система керування, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- висока точність підтримки заданих технологічних параметрів;
- висока інформативність, яка дає гарні передумови для створення повністю автоматизованої системи керування підприємством;
- висока надійність обладнання сучасної технічної бази системи керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [11...114]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	5 137,70	5 137,70
4	Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1	од.	2	690,00	1 380,00
5	Датчик тиску серії MBS 3000 -1,0	од.	1	1 398,22	1 398,22
6	Електрозасувка 13. High Performance Valves: HP 114 Lugged	од.	2	5 723,40	11 446,80
7	Частотний перетворювач Delta VFD110CP4EA-21 11 кВт	од.	1	23 922,41	23 922,41
8	Мережний кабель	м	230	34,62	7 962,60
9	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	43 610,30	43 610,30
10	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				116 272,73

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 116\,272,73$ грн.

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{TP} = C_{OB} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 116\,272,73 \cdot 0,08 = 9\,301,82 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{MH} = C_{OB} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 116\,272,73 \cdot 0,07 = 8\,139,10 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{OT} + t_g. \quad (4.4)$$

- де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
- t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);
- t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

- де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- q – кількість операторів у програмному забезпеченні;
- c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);
- p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 200... 400, приймаємо $q = 320$);

Таким чином для програмного забезпечення, що розробляється, кількість операторів складає:

$$Q = 320 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 476$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 64$ (люд. – год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k'} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 476 \cdot 1,5 / (80 \cdot 1,2) \approx 8 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 476 / (20 \cdot 1,2) \approx 20 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 476 / (20 \cdot 1,2) \approx 20 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 476 / (4 \cdot 1,2) \approx 100 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}. \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = 476 / (15 * 1,2) \approx 27 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 27 = 21 \text{ (люд. – год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 27 + 21 = 48 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 64 + 8 + 20 + 20 + 100 + 48 = 260 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 120,00$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 260 * 120,00 = 31\,200,00 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{MI} = t_n \cdot C_{MЧ}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{MЧ}$ – вартість машинного часу, приймаємо $C_{MЧ} = 11,75$ (грн./год.).

Приймаємо $C_{MЧ} = 12,50$ (грн./год.), тоді вартість витрат на програмне забезпечення, що розробляється становить:

$$З_{MI} = 29 * 12,50 = 362,50 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 31\,200,00 + 362,50 = 31\,562,50 \text{ (грн.)}.$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 260 / (1 * 176) \approx 1,5 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{ПКВ} = 116\,272,73 + 9\,301,82 + 8\,139,10 + 31\,562,50 \approx \\ \approx 165\,276,15 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{ИШ}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{PO} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{Інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$) (грн).

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 165\,276,15 \cdot 40/100 = 66\,110,46 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

$T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу ($T_{\text{К}} = 365$ (днів));

$T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята ($T_{\text{ВС}} = 114$ (днів));

$T_{\text{В}}$ – відпустка ($T_{\text{В}} = 21$ (день));

$T_{\text{З}}$ – тривалість зміни ($T_{\text{З}} = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	99,56	1 840	549 571,20	43 965,70	38 469,98	632 006,88
2	Інженер-технолог	1	120,68		222 051,20	17 764,10	15 543,58	255 358,88
3	Наладчик	1	110,65		203 596,00	16 287,68	14 251,72	234 135,40
Разом								1 121 501,16

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,121\,501,16 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,121\,501,16 = 246\,730,26 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{ПКВ}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 165\,276,15 = 8\,263,81 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{РД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,75$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

$K_{РД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{РД} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712$ (грн.).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,75 * 365 * 24 * 2,712 = 17\,817,84 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 1\,121\,501,16 = 44\,860,05 \text{ (грн.)}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 66\,110,46 + 1\,121\,501,16 + 246\,730,26 + 8\,263,81 + 17\,817,84 + 44\,860,05 = 1\,505\,283,58 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	66 110,46
2	Фонд заробітної плати	1 121 501,16
3	Відрахування на соціальні виплати	246 730,26
4	Ремонт та технічне обслуговування	8 263,81
5	Електроенергія	17 817,84
6	Інше	44 860,05
7	Загалом	1 505 283,58

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 165,2 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,51 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації технологічного процесу виробництва яблучного соку.

Харчова промисловість характеризується тим, що при виготовленні різноманітних продуктів харчування особливий акцент ставиться на дотримання вимог виробничої санітарії та гігієни праці, оскільки від цього в значній мірі залежить не тільки якість продукції, але і здоров'я населення, яке її споживає. Тому виготовлення томатного соку передбачає, перш за все, чітке дотримання норм санітарної гігієни.

Крім того, потрібно слідкувати за ретельним дотриманням вимог охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки, оскільки обладнання для виготовлення вказаної продукції характеризується певною специфікою як конструктивного виконання, так і обслуговування та ремонту. Це дозволить запобігти виникненню виробничого травматизму.

5.1 Безпека праці

Для запобігання виникнення аварійних ситуацій, виробничих травм та інших небезпечних явищ, конструкції машин та технологічного обладнання повинні розроблятися, проектуватися та постачатися замовниками відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 «Обладнання виробниче».

Технологічне обладнання має задовольняти вимоги безпеки при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні та зберіганні, при використанні окремо або у складі комплексів і технологічних систем. У процесі експлуатації воно не повинне забруднювати викидами шкідливих речовин навколишнє середовища понад норми, регламентовані стандартами.

Безпека технологічного обладнання має гарантуватися:

- вибором принципів дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкцій;

- застосуванням у конструкції засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування і засобів захисту;
- включенням вимог безпеки у технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання;
- дотриманням ергономічних вимог;
- застосуванням у конструкції відповідних матеріалів. Технологічне обладнання повинне бути пожежо- та вибухобезпечним.

При експлуатації в умовах, встановлених експлуатаційною та ремонтною документацією, не створювати небезпеки внаслідок дії вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків температур, агресивних речовин та інше. Впродовж усього строку експлуатації воно має відповідати вимогам безпеки.

Складові частини технологічного обладнання (у тому числі провідники, трубопроводи, кабелі) виконують з таким розрахунком, щоб виключити можливість їх випадкового пошкодження.

Трубопроводи, які проходять біля стін або над підлогою, надійно закріплюються на спеціальних підвісках, кронштейнах, які легко розбираються. Після монтажу трубопроводи підлягають гідравлічним випробуванням на тиск, який в 1,5 разів перевищує робочий. При цьому тиск по манометру повинен бути постійним протягом 10 хвилин. Про якість монтажу трубопроводів судять по їх герметичності, надійному кріпленні.

Трубопроводи для рідин, які мають температуру вище 50°C, повинні бути ізольованими.

Зовнішні поверхні обладнання, крім тих, що доторкаються і труться, а також внутрішні поверхні, які не мають безпосереднього контакту з сіллю чи парою, мають бути пофарбовані в світлий колір; всі трубопроводи в цехах, де встановлено технологічне обладнання, мають бути пофарбовані у відповідні кольори: для холодної води - в голубий колір, гарячої води - голубий з поперечними червоними полосами, пари - в червоний колір, конденсату - в зелений колір з поперечною червоною стрічкою.

Рухомі частини технологічного обладнання, якщо вони є джерелом небезпеки, мають бути огорожені або обладнані іншими засобами захисту. Якщо виконавчі органи або рухомі частини технологічного обладнання, що становлять небезпеку для людей, не можуть бути огорожені або обладнані іншими засобами захисту внаслідок їх функціонального призначення, то слід передбачати засоби сигналізації, які попереджують про пуск обладнання, засоби зупинки і відключення від джерела енергії.

Елементи конструкції технологічного обладнання не повинні мати гострих кутів, країв та поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку, якщо їх наявність не визначається функціональним призначенням обладнання.

Конструкції технологічного обладнання з метою запобігання виробничого травматизму повинна виключати можливість випадкового дотику працюючих до гарячих і холодних частин.

Кількість теплоти, що виділяється чи поглинається технологічним обладнанням, а також шкідливих речовин і вологи у виробничих приміщеннях не повинна перевищувати гранично допустимих рівнів у межах робочої зони, встановлених стандартів.

У разі потреби в конструкції технологічного обладнання передбачають, засоби місцевого освітлення, що відповідають умовам експлуатації, при цьому слід запобігати випадковому дотику до струму ведучих частин встановлених частин.

Робочі органи технологічного обладнання, а також підйомні засоби або їх приводи необхідно обладнати засобами, що запобігають виникненню небезпеки при повному або частковому припиненні подачі енергоносія до приводів цих пристроїв, а також засобами, що виключають само-включення приводів робочих органів при відновленні подачі енергії.

Конструкцією технологічного обладнання має бути передбачений захист від Ураження електричним струмом, що відповідає основним вимогам:

струмоведучі частини технологічного обладнання, що є джерелами небезпеки, мають бути надійно ізольовані чи огорожені або знаходяться в

недоступних для людей місцях, а електрообладнання, що має відкриті струмоведучі частини, має бути розміщена всередині корпусів із дверима, що закриваються, або захисними кожухами при розміщенні в доступних для людей місцях;

- металеві частини технологічного обладнання, які внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під електричною напругою небезпечної величини, повинні бути заземлені;
- в схемах електричного ланцюга технологічного обладнання необхідно передбачати пристрій централізованого відключення від мережі живлення всього електричного ланцюга.

Органи керування технологічного обладнання повинні відповідати таким основним вимогам: мати форму, розміри поверхні, безпечні і зручні для роботи, розміщуватися в робочій зоні так, щоб відстань між ними, а також до інших елементів конструкції не утруднювати виконання операцій та враховувалися необхідні для переміщення зусилля і напрямки.

Форми, розміри, характер поверхонь і вказівки щодо розміщення органів керування, відстань між ними, а також інших елементів конструкції і допустимих зусиль передбачають згідно з нормами, встановленими в галузях для відповідних груп обладнання.

Керування технологічного обладнання, що належить до однієї й тієї ж групи має бути уніфіковане (розміщення рукояток, педалей, правила керування, типові написи, знаки).

Напрямок обертання маховичків та штурвалів, переміщення важелів, педалей повинні відповідати вимогам стандартів. Органи керування повинні бути сконструйовані так, щоб їх переміщення збігалось з напрямом руху самого обладнання, за винятком тих випадків, коли конструктивні та функціональні особливості обладнання не дозволяють цього, їх виконують або заблоковують так, щоб виключалась можливість неправильної послідовності операцій.

Органи керування аварійного вимикання мають бути пофарбовані в червоний колір, відрізнятися формою від решти елементів керування, мати

показчики їх знаходження, написи про призначення, розміщуватися в легкодоступних для персоналу місцях і виключати можливість пуску до усунення аварійної ситуації.

Органи керування технологічним обладнанням, які обслуговують одночасно кілька працівників, блокують так, щоб забезпечити необхідну послідовність дій. Якщо частина обладнання, що становить небезпеку для людей, знаходиться за межами огляду оператора, слід передбачити додаткові аварійні вимкнення.

Засоби захисту повинні проводитися у готовності до початку функціонування обладнання так, щоб його експлуатація була неможливою у разі відключення або несправності цих засобів. Відмова окремих елементів не повинна впливати на захисну дію інших засобів або створювати будь-яку додаткову небезпеку. Засоби захисту мають бути в легкодоступними для обслуговування і контролю, в необхідних випадках забезпеченими пристроями автоматичного контролю їх дії.

Змінні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі технологічного обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або корпусі обладнання, повинні мати пристрої, які не допускають їх випадкового знімання або відкривання (замки, знімання за допомогою інструменту), а при необхідності блокування.

Для попередження про небезпеку як сигнальні елементи застосовують звукові, світлові та кольорові сигналізатори. Вони мають бути встановлені у зонах так, щоб їх добре бачив і чув обслуговуючий персонал. Тривожні сигнали повинні легко розрізнятися у виробничих приміщеннях.

Частини технологічного обладнання, що становлять небезпеку для людини повинні бути пофарбовані у сигнальні кольори з нанесенням знаків безпеки, встановлених стандартів.

Для запобігання можливому виникненню виробничих небезпек на робочих місцях спеціальні контролюючі органи здійснюють постійний

контроль за станом обладнання, режимами технологічних процесів. При цьому стежать за тим, щоб стан технологічного обладнання і процеси, які протікають постійно відповідали спеціальним вимогам безпеки, які наведені у відповідних державних і галузевих стандартах, галузевих нормах і правилах техніки безпеки, в інструкціях заводів-виробників обладнання та і інших офіційних документах.

5.2 Засоби автоматизації

5.2.1 Загальні вимоги

В монтаж повинні прийматись прилади і засоби автоматизації перевірені з оформленням відповідних протоколів з метою забезпечення цілісності приладів і обладнання від ушкоджень, розкомплектування та викрадення монтаж повинен виконуватись після письмового розпорядження генпідрядника (замовника).

Перевірка приладів і засобів автоматизації виконується замовником чи залученими ним спеціалізованими організаціями, які виконують роботи по налагодженню приладів і засобів автоматизації методами прийнятими в цих організаціях з урахуванням умов інструкцій держстандартів та підприємств виготовлювачів.

Прилади і засоби автоматизації які приймаються в монтаж після перевірки повинні бути підготовлені для доставки до місця монтажу. Рухомі системи повинні бути міцно закріплені, з'єднувальні пристрої захищені від попадання в них пилу, бруду та вологи. Разом з приладами і засобами автоматизації повинні бути передані монтажні організації спеціальні інструменти принади та з'єднувальні деталі, які входять в їх комплект та необхідні при монтажу.

Розміщення приладів і засобів автоматизації та їх взаємне розташування має виконуватись по робочій документації. Їх монтаж повинен забезпечувати точність вимірювань, вільний доступ к приладам та до їх запірних та налагоджувальних пристроїв (кранам, вентилям, перемикачам і т.п.).

В місцях встановлення ПЗА малодоступних для монтажу та експлуатаційного обслуговування повинно бути до початку монтажу закінчено спорудження сходів, колодязів та майданчиків у відповідності з робочою документацією.

Прилади і засоби автоматизації мають встановлюватись при температурі навколишнього середовища та відносній вологості обумовлених в монтажно- експлуатаційних інструкціях підприємств виготовлювачів.

Приєднання до приладів зовнішніх трубних проводок повинно здійснюватися відповідності до вимог ГОСТ 25164-82 та ГОСТ 25165-82, а електричних проводок – ГОСТ 10434-82, ГОСТ 25154-82, ГОСТ 25705-83, ГОСТ 19104-89 та ГОСТ 23517-89.

Кріплення ПЗА до металічних конструкцій (щитів, штативів, стендів і т.п.) повинно здійснюватися способами, передбачені конструкцією ПЗА та деталями що входять до їх комплектів. Якщо в комплект окремих ПЗА з'єднувальні деталі не входять то вони повинні бути закріпленими нормалізованими з'єднувальними виробами. При наявності вібрацій в місцях встановлення приладів різьбові з'єднувальні деталі повинні мати засоби, що виключають самовільний їх від'єднання (пружинні шайби, контргайки, і т.п.).

Отвори ПЗА які призначені для приєднання трубних та електричних проводок повинні залишатись заглушеними до моменту підключення проводок.

Корпуси ПЗА мають бути заземлені у відповідності до вимог інструкцій підприємств виготовлювачів та СНиП 3.05.06-85

Чутливі елементи рідинних термометрів, термосигналізаторів, манометричних термометрів перетворювачів термоелектричних (термопар) термоперетворювачів опору повинні розташовуватись в центрі потоку вимірювального середовища. При тиску вище 6 МПа (60 кг/см^2) та швидкості потоку пари 40 м/с та води 5 м/с глибина занурення чутливих елементів у вимірювальне середовище (від внутрішньої стінки трубопроводу) повинна бути не більше 135 мм.

Робочі частини поверхневих перетворювачів термоелектричних (термопар) та термоперетворювачів опору повинні міцно прилягати до контрольованої поверхні. Перед встановленням цих приладів місце дотику їх з трубопроводами та обладнання повинно бути очищене від окалини та зачищене до металевого блиску.

Перетворювачі термоелектричні (термопар) в фарфоровій арматурі допускається занурювати в зону високих температур на довжину фарфорової захисної трубки.

Термометри в яких захисні чохла виготовлені з різних металів повинні занурюватись у вимірювальне середовище на глибину не більше ніж вказано в паспорті підприємства виготовлювача.

Не допускається прокладка капілярів манометричних термометрів по поверхнях, температура яких вище чи нижче температури навколишнього середовища. При необхідності прокладки і капілярів в місцях з гарячими чи холодними поверхнями між останніми та капіляром повинні бути повітряні зазори, які захищають капіляр від нагрівання чи охолодження або повинна бути прокладена відповідна теплоізоляція. По всій довжині прокладки капіляри манометричних термометрів повинні бути захищені від механічних пошкоджень. При зайвій довжині капіляр має бути згорнутий в бухту діаметром не менше 300 мм; бухта повинна бути перев'язана в трьох місцях не металічними перев'язками та надійно закріплена у приладі.

Прилади для вимірювання тиску, пари або рідини по можливості мають бути встановлені на одному рівні з місцем відбору тиску; якщо ця вимога не може бути виконана у робочій документації має бути визначена постійна похибка до показів приладів.

Рідинні U-подібні манометри встановлюються строго вертикально. Рідина, яка заповнює манометр повинна бути очищена та не повинна містити повітряних бульбашок. Пружинні манометри (вакуумметри) повинні встановлюватись у вертикальному положенні.

Розділювальні ємності встановлюються відповідно нормалям або робочим кресленням проекту як правило поблизу місць відбору імпульсів. Розділювальні ємності повинні встановлюватись так, щоб контрольні отвори ємностей розташовувались на одному рівні та могли легко обслуговуватись експлуатаційним персоналом.

Монтаж приладів для фізико-хімічного аналізу та їх відбірних пристроїв повинно виконуватись в строгій відповідності до вимог інструкцій підприємств виготовлювачів приладів.

При встановленні показуючих та реєструючих приладів на стіні чи на стійках, які кріпляться до підлоги шкала, діаграма, запірна арматура, органи настройки та контролю пневматичних та інших здавачів повинні знаходитись на висоті 1...1,7 м, а органи керування з опірною арматурою - в одній площині зі шкалою приладу.

Монтаж агрегатних та вимірювальних комплексів АСУ ТП повинен здійснюватись за технічною документацією підприємств виготовлювачів.

Всі ПЗА, які встановлюються чи вмонтовуються у технологічні апарати і трубопроводи (звужуючі та відбірні пристрої, лічильники, ротаметри, поплавки рівнемірив, регулятори прямої дії і т.п.) повинні бути встановлені у відповідності з робочою документацією та вимогами до встановлення приладів на технологічному обладнанні.

5.2.2 Вимоги до встановлення приладів на технологічному обладнанні

Встановлення звужуючих пристроїв у трубопроводах повинна виконуватись відповідно до робочих креслень та нормалей з виконанням «Правил вимірювання витрати газів та рідин стандартними звужуючими пристроями», затвердженими Держстандартом.

Перед встановленням звужуючого пристрою повинна бути виконана перевірка з проектними даними та комплектувальною відомістю:

- діаметра трубопроводу та місця встановлення;
- марки матеріалу звужуючого пристрою;

- напрямом потоку та правильності позначень «плюс» і «мінус» на корпусі звужуючого пристрою.

Встановлення звужуючого пристрою повинне здійснюватися так, щоб в робочому стані позначення на його корпусі були доступні для огляду. У випадку невиконання цієї вимоги до звужуючого пристрою кріпиться пластинка, на яку наносяться дані, розміщені на корпусі звужуючого пристрою.

Звужуючі пристрої, які встановлюються на трубопроводах, необхідно монтувати із виконанням основних технічних вимог:

- повинні бути витримані вказані у робочій документації довжини прямих ділянок трубопроводу до та після звужуючого пристрою;
- встановлення фланців повинне виконуватися так, щоб площини фланців були між собою паралельні та перпендикулярні осі трубопроводів. Відстань між площинами фланців повинна бути рівною будівельній довжині звужуючого пристрою з урахуванням місця для прокладок з обох сторін;
- трубопровід перед звужуючим пристроєм повинен бути очищений від бруду, слідів зварювання та внутрішніх виступів, що змінюють форму потоку; на внутрішній поверхні ділянки трубопроводу довжиною, рівній двом зовнішнім діаметрам його, перед та за звужуючим пристроєм не повинно бути ніяких виступів, а також помітних неозброєним оком нерівностей;
- повинна бути забезпечена співвісність трубопроводу та звужуючого пристрою, а також перпендикулярність торця звужуючого пристрою осі трубопроводу;
- напрям стрілки, вказаної на звужуючому пристрої, повинен співпадати з напрямом потоку речовини, яка заповнює трубопровід; гострий бік діафрагми, заокруглена частина сопла або труби Вентурі повинні бути напрямлені проти потоку вимірювального середовища;
- ущільнювальні прокладки не повинні виступати всередину технологічних трубопроводів.

Закладні конструкції для монтажу відбірних пристроїв тиску та відбору від звужуючих пристроїв на горизонтальних і похилих трубопроводах повинні розташовуватись так:

- на газо- і повітропроводах - зверху;
- на трубопроводах рідини і пари - збоку.

Вимірювачі витрати (лічильники, ротаметри і т.п.), вмонтовувані в технологічні трубопроводи, необхідно монтувати із виконанням наступних основних вимог:

- встановлення лічильників виконується після завершення монтажу та ретельної очистки трубопроводу; випробування трубопроводу та лічильника виконується одночасно;
- швидкісні лічильники повинні бути встановлені на прямих ділянках трубопроводів в місцях, вказаних в проекті;
- площини фланців повинні бути між собою паралельні та перпендикулярні осі трубопроводу.

Технологічні трубопроводи в місцях встановлення ротаметрів, об'ємних та швидкісних лічильників повинні мати обвідні лінії з відповідною запірною арматурою.

Якщо розмір лічильника менше діаметра трубопроводу, встановлення лічильника повинне виконуватися між двома конусними перехідними патрубками. При цьому запірна арматура має бути встановлена на основному трубопроводі до та після патрубків. Застосування перехідних фланців забороняється.

Поплавки рівнемірів всіх типів повинні встановлюватися так, щоб переміщення поплавка та тросу чи тяги виконувалося без затирань. Хід поплавка має бути рівним або трішки більше максимального вимірювання рівня.

Встановлення регуляторів температури і тиску прямої дії на технологічних трубопроводах повинне виконуватися таким чином, щоб напрям стрілок на їх корпусах відповідало напрямку руху вимірювального середовища.

Довжина прямих ділянок трубопроводу до та після регулюючих клапанів повинна відповідати вказаній в проекті.

При невідповідності умовного проходу регулюючого клапана діаметру трубопроводу встановлення клапана повинне виконуватися за допомогою конусних перехідних патрубків. Застосування перехідних фланців забороняється.

Всі ПЗА, які встановлюються чи вмонтовуються в технологічні апарати і трубопроводи - регулятори прямої дії, звужуючі пристрої, регулюючі клапани, лічильники і т.п. - потрібно встановлювати після очистки та промивки апаратів і трубопроводів до їхнього гідравлічного випробовування на міцність, а на кисне проводах - після знежирювання.

Для роботи на кожному механізмі або апараті допускається лише робітник навчений і проінструктований по догляду за ним, із знанням техніки безпеки по експлуатації.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Основною причиною виникнення надзвичайної ситуації в даному випадку є пожежа. Модернізація лінії проводиться з урахуванням вимог щодо пожежної безпеки. Найперше, визначаємо категорію пожежної небезпеки цеху сухої або знежиреної сироватки. Даний цех відноситься до класу вибухота пожежонебезпечних приміщень. Основним вибухонебезпечним об'єктом є сушка.

Приміщення та споруди поділяються на категорії (А, Б, В, Г, Д) залежно від розміщених технологічних виробництв і властивостей речовин і матеріалів, які там застосовуються або утворюються. Цех сухої і знежиреної сироватки належить до категорії В - пожежонебезпечна. Це приміщення в якому обертаються горючі та важко-горючі рідини та матеріали, в тому числі пил та волокна, речовини та матеріали здатні горіти тільки при взаємодії з киснем повітря.

Причинами загоряння на виробництві можуть бути:

- куріння, залишені без нагляду нагрівальні прилади;
- перевищення допустимої температури сушки;
- несвоєчасна чищення внутрішніх частин сушки, яке приводить до само-загоряння і навіть до вибуху в середині башти розчинюючої сушки;
- несвоєчасне очищення будівельних конструкцій приміщень від пилу сухої сироватки.

Велике значення для обмеження поширення вогню і забезпечення безпеки людей та їх евакуації з приміщення має план споруд і передбачення евакуаційних шляхів, які дозволяють людям при пожежі швидко покинути приміщення.

На даному виробництві кожне технологічне відділення відокремлене від сусіднього протипожежними перегородками, які виконані з негорючих матеріалів. Протипожежні стіни опираються на фундамент. При пожежі вони забезпечують захист напротязі 2,5 годин. Протипожежні стіни зводяться на всю висоту приміщення, розділюють перекриття і попереджують поширення пожежі по зовнішніх стінах. Кожне приміщення, кожна технологічна площадка мають не менше як по два виходи, вони обладнані сходами з перилами.

На території підприємства встановлені пожежні щити. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на них, включають ящик з піском, покривало з керамічного теплоізоляційного матеріалу 2 лопи, 2 сокири. Для швидкого і точного оповіщення про пожежу і місце її виникнення призначена пожежна сигналізація. В цеху сухої або знежиреної сироватки знаходиться щит пожежної сигналізації, який зв'язаний з логометром і системою управління. Якщо стрілка логометра пересікає граничне значення температури в башті 210 °С, вмикається світлова і звукова сигналізація, відключається напруга на щиті управління сушкою. Тоді відкривається клапан, і вода через насос подається в форсунки і гасить полум'я.

Черговий персонал повинен щоденно візуально контролювати цілісність труб, що захищають електропроводки пожежної сигналізації, у

місцях перехрещення із силовими електромережами, а також у місцях прокладання крізь стіни, перегородки, тощо.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний знати:

- улаштування та принцип дії автоматичної пожежної сигналізації (АПС), що обслуговується;
 - проектну та технічну документацію на АПС, що обслуговується;
- Обслуговуючий персонал зобов'язаний:
- утримувати установки пожежної автоматики в працездатному стані;
 - якісно здійснювати регламентні роботи з технічного обслуговування, ремонту та ведення експлуатаційної документації на установки;
 - виконувати правила охорони праці.

Черговий персонал повинен знати:

- назву та місцезнаходження приміщень, що захищаються;
- порядок виклику пожежної охорони в разі отримання сигналу про пожежу та взаємодії з пожежними підрозділами під час ліквідації пожежі та її наслідків;
- інструкції з експлуатації установок та з охорони праці;
- техніко-технічну характеристику установок і принцип їх дії;
- порядок ведення експлуатаційної документації;
- порядок взаємодії з іншими спеціальними службами (медичною допомогою, місцевими службами енергонагляду та газового господарства тощо).

Протягом виконання робіт з технічного обслуговування або ремонту, проведення яких пов'язано з вимиканням АПС, адміністрація зобов'язана вжити необхідних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки приміщень та технологічного устаткування, що захищаються, повідомивши про це пожежну охорону.

Кожного дня перед початком роботи черговий персонал повинен контролювати положення вимикачів, перемикачів, тумблерів, а також справність

світлових індикаторів, наявність пломб на пристрої приймально-контрольному пожежному (далі - ППКП).

Щомісячно обслуговуючий персонал повинен перевіряти:

- справність плавких запобіжників;
- номінальні значення напруги в електричних мережах основного і резервного джерел живлення, а також у шлейфах сигналізації;
- автоматичне вмикання резервного живлення ППКП у разі зникнення основного;
- працездатність ППКП у режимах “Пожежа” та “Несправність” шляхом імітації спрацювання сповіщувачів та порушень шлейфів сигналізації.

Щорічно обслуговуючий персонал повинен перевіряти:

- надійність з'єднання всіх доступних випадковому доторканню металевих неструмопровідних частин ППКП з його «заземленням», а також вимірювати значення опору між вказаними частинами та «заземленням» на відповідність вимогам технічних умов на даний прилад;
- один раз на 3 роки обслуговуючий персонал повинен вимірювати значення електричного опору ізоляції між електрично не з'єднаними струмопровідними частинами ППКП, а також між ними і його корпусом на відповідність вимогам технічних умов на цей прилад.

Забороняється:

- використання трубопроводів установок пожежегасіння для підвішування та/або закріплення будь-якого обладнання;
- підключення виробничого обладнання і санітарних пристроїв до живлячих трубопроводів;
- встановлення запірної арматури і фланцевих з'єднань на живлячих і розподільчих трубопроводах;
- використання внутрішніх пожежних кранів, які встановлені в спринклерній мережі, для іншої мети, крім гасіння пожеж.

На кожному вузлу керування повинна бути табличка з вказанням найменувань захищуваних приміщень, типу і кількості зрошувачів в секції установки пожежогасіння та її функціональна схема.

Ширина проходів до вузлів керування повинна бути не менше 0,8 м. Кожного дня оперативний (черговий) персонал зобов'язаний проводити:

- зовнішній огляд вузлів керування для перевірки на відсутність бруду, пилу, фарби, механічних пошкоджень;
- контроль тиску по манометрах;
- контроль наявності пломб на пристроях та обладнанні;
- контроль доступу до вузлів керування.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації виникне небезпека забруднення навколишнього середовища. У цілому проблема охорони навколишнього середовища в даний час стала однією з найголовніших. Комплексний характер цієї проблеми визначається складністю системи, що включає природу, суспільство і виробництво. Сушка сироватки супроводжується викидами дрібнодисперсного пилу в навколишнє середовище. Для боротьби з цими шкідливими явищами на підприємстві використовується система фільтрів, які затримують шкідливі викиди в атмосферу і сприяють її оздоровленню.

У великій кількості стічні води впливають на флору і фауну водойм. Для миття обладнання на підприємстві використовуються різні розчини, які добавляються у гарячу воду. Виливання забрудненої води після одноразового використання без попередньої очистки в наземні природні водосховища призводить до великої втрати води і до забруднення природних джерел. Тому цю воду застосовуються неодноразово, вона забруднюється і стає непридатною для подальшого використання.

Для того щоб не виливати в каналізацію забруднену воду її нейтралізують. Для нейтралізації лужних і кислотних розчинів використовують станцію нейтралізації. Це ємність 7-8 м³, де проводять нейтралізацію розчинів РН7. Для цього їх міряють спеціальним приладом, який

називається РН-метр. Він показує який розчин - лужний чи кислотний. Якщо розчин більш лужний тоді додають кислоту, щоб вона нейтралізувала даний луг. І тільки після цього нейтралізовану суміш спускають в каналізацію. Далі вона потрапляє в міську каналізацію, де ця суміш очищається ще міським колектором.

Для того щоб нагріти воду на підприємстві використовується природний газ. Для оптимального згорання природного газу в топці, тобто щоб він грів труби, використовують режимну карту, яка складалась на основі газоаналізатора.

Розроблені заходи захисту знижують виробничий травматизм, попереджають виникнення надзвичайних, критичних та аварійних ситуацій. Заходи по пожежній безпеці дозволяють вчасно виявляти осередки загоряння та швидко їх локалізувати, що зменшує затрати, пов'язані з даним шкідливим явищем.

Таким чином, проведені заходи по охороні праці на даному виробництві забезпечують нормальні умови праці персоналу, попереджають виникнення небезпечних ситуацій для здоров'я обслуговуючого персоналу, захищають персонал і обладнання від можливих аварійних ситуацій, задовольняють вимогам відповідних нормативних документів.

5.4 Висновки по розділу

У цьому розділі були розглянуті питання, пов'язані з безпекою праці обслуговуючого персоналу, розташуванню приладів автоматизації і безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах виготовлення напоїв, так як періодично модернізується технологія виготовлення продукції.

Сучасна система керування дозволить оперативна контролювати значну кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання з виготовлення яблучного соку - пастеризатор TG-УНТ, для створення системи керування якого були вибрані апаратно-програмні засоби. Розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням. За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 25,288 і постійні часу 4,1289 с та 1,6255 с, а запізнення становить 30,8 с. Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 91,85 %, сильний кореляційний зв'язок 0,997 та статичний критерій Фішера 394 340 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням

коефіцієнта кореляції. Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – пастеризатору TG-УНТ.

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 165,2 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,51 млн. грн.

У цьому розділі були розглянуті питання, пов'язані з безпекою праці обслуговуючого персоналу, розташуванню приладів автоматизації і безпека в надзвичайних ситуаціях.

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			<u>Документація</u>			
2						
3	A4	KIBС.KBP.151.18.06.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			<u>Графічна частина</u>			
6						
7	A2	KIBС.KBP.151.18.06.E2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	E2	
9						
10	A2	KIBС.KBP.151.18.06.E3	Схема електрична			
11			принципова	1	E3	
12						
13	A4	KIBС.KBP.151.18.06.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	KIBС.KBP.151.18.06.Д	Презентація		Д	
16						
17		KIBС.KBP.151.18.06.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.18.06.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Дмухівський		06.05.22	Літ.	Аркуш
П. конс.		Ткачов				1
Н. контр.						1
					Автоматизація процесу керування. Відомість проекту	

Відгуки консультантів по розділах і підрозділах кваліфікаційної роботи**ВІДГУК**

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація процесу керування виробництвом яблучного соку»,
студент гр. 151-18-1 Дмухівський Мирослав Ігорович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування процесом виробництвом яблучного соку. Об'єкт дослідження – пастеризатор яблучного соку типу TG-УНТ. Предмет дослідження – здійснити структурну і параметричну ідентифікацію та визначити математичну модель об'єкта.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру пастеризованого яблучного соку в межах діапазону температур 90...110 °С завдяки регулюючим можливостям витратам перегрітої пари. Тиск перегрітої пари може змінюватись в межах 1,45...4,7 кг/см² а витрати перегрітої пари можуть змінюватись в межах 0,9...1,7 кг/с. Тиск соку на виході з пастеризатора 5,5...6,5 кг/см². Номінальні значення параметрів пастеризації яблучного соку залежить від поточних технологічних параметрів розливу яблучного соку. Джерелом перегрітої пари є парогенератор, який входить до складу базового технологічного обладнання. Парогенератор має автоматичну підсистему керування.

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, було проведено активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – пастеризатору за каналом керування - «витрати перегрітої пари → температура пастеризованого соку».

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки 90 балів при відповідному захисті, а здобувач Дмухівський М.І. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ проф. Ткачов В.В.

___.06.2022

Рецензія

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація процесу керування виробництвом яблучного соку»,

студент гр. 151-18-1 Дмухівський Мирослав Ігорович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової підсистеми керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Дмухівський Мирослав Ігорович заслуговує присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

___.06.2022

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011493884

Дата перевірки:
07.06.2022 18:08:30 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.06.2022 18:10:12 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151-18-1_Дмухівський_М_І_-ПЗС

Кількість сторінок: 96 Кількість слів: 15629 Кількість символів: 119193 Розмір файлу: 3.16 MB ID файлу: 1011370026

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

21% Схожість

Найбільша схожість: 12% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158781/%D0%9A%D0%>)

21% Джерела з Інтернету

208

Сторінка 98

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

29.9% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

29.9% Вилученого тексту з Бібліотеки

46

Сторінка 98

Модифікації

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

Замінені символи

126

Підозріле форматування

18
сторінок