

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 Сап'ян Максим Ігорович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-20ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу сушіння бурякового жому на цукрових заводах

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірвальних систем
(повна назва)

Бублік А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр**

студенту Сап'ян М.І. академічної групи 151-20ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу сушіння бурякового жому на цукрових заводах затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с від 08.05.2023 р.

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.	01.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	10.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	15.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	25.05.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	31.05.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

ас. Карпенко О.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

01.05.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2023

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Сап'ян М.І.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 101 стор., 59 рис., 21 табл., 1 дод.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO, яка використовується на модернізованому Радехівському цукровому заводі (Львівська обл., с. Павлів).

Об'єкт дослідження - сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO продуктивністю сушеного жому до 25,0 т/год.

Предмет дослідження – модель сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO.

Мета роботи - розробка моделі об'єкта керування для регульованої вологості сухого бурякового жому в залежності від тиску пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена 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.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO.

В розділі охорона праці розглянуті питання охорона праці при роботі в лабораторії та техніка безпеки при роботі на комп'ютерах.

БУРЯКОВИЙ ЖОМ, ВИТРАТИ ПАРИ, ВОЛОГІСТЬ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ДАТЧИК, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДНИЦЬКА СИСТЕМА, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Технологія переробки бурякового жому	11
1.2.1 Барабанна сушарка	11
1.2.2 Парова сушарка	14
1.2.3 Порівняльний аналіз технологій	19
1.2.4 Сушіння жому паром - найкраща альтернатива біогазу	20
1.3 Об'єкт керування	21
1.3.1 Загальні відомості	21
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	22
1.3.3 Структура об'єкту керування	24
1.4 Формулювання задачі дослідження	25
1.5 Висновки за розділом	26
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	28
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	28
2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	29
2.2.1 Вибір датчиків	30
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	36
2.2.3 Вибір пристроїв керування	39
2.2.4 Вибір джерел живлення	47
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	48
2.4 Розробка схеми електричної принципової	50
2.5 Висновки за розділом	52
3 Визначення моделі об'єкта керування	53
3.1 Загальні відомості	53
3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	54
3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування	56

	5
3.4 Виконання експерименту	57
3.5 Обробка результатів експерименту	61
3.5.1 Підготовка даних	61
3.5.2 Структурна ідентифікація	62
3.5.3 Параметрична ідентифікація	66
3.5.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	69
3.5.5 Перевірка моделі на адекватність	71
3.6 Розробка схеми моделі засувки	72
3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування	73
3.8 Висновки за розділом	74
4 Економічна частина	76
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	76
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	77
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	78
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	78
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	80
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	81
4.4.1 Амортизація основних фондів	82
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	82
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	83
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	83
4.4.5 Витрати на електроенергію	84
4.4.6 Інші витрати	84
4.5 Висновки за розділом	85
5 Охорона праці	86
5.1 Охорона праці при роботі в лабораторії	86
5.1.1 Загальні вимоги при роботі в лабораторії	86
5.1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	87
5.1.3 Вимоги безпеки під час роботи	87
5.1.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	89

	6
5.1.5 Вимоги безпеки після закінчення роботи	90
5.2 Техніка безпеки при роботі на комп'ютерах	90
5.2.1 Загальні вимоги безпеки при роботі з комп'ютером та іншою оргтехнікою	90
5.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи з оргтехнікою	92
5.2.3 Вимоги безпеки під час роботи оргтехнікою	92
5.2.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи з оргтехнікою	94
5.2.5 Вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях при роботі оргтехнікою	94
5.3 Висновки за розділом	95
Висновки	96
Перелік посилань	99
Додаток А	102
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	103
Відгук	105
Рецензія	107

ВСТУП

Цукрова промисловість України – є однією з найпотужніших і найприбуткових галузей держави. Цукровий буряк є основною сировинною для виготовлення цукру-піску на вітчизняних цукрових заводів, тому конкурентоспроможність та ефективність виробництва і переробки цукрових буряків в Україні є одним з найбільш важливих елементів для підтримки та збереження всього аграрного сектора.

Україна належить до традиційно цукрових держав світу, що зумовлюється досить сприятливими ґрунтово-кліматичними та економічними умовами для розвитку буряківництва, виробництва цукру та утилізації великої кількості відходів виробництва.

Буряковий жом це побічний продукт бурякоцукрового виробництва. Враховуючі значні сучасні обсяги з переробки цукрових буряків і того, що продуктивність жому з буряка становить 80...83% за вагою переробленої сировини, то переробка, зберігання і використання бурякового жому є серйозною проблемою. Особливий вплив на вирішення цієї проблеми має відсутність економічних умов в у регіонах для сучасного господарювання для вирішення насущних проблем з вирощування цукрових буряків, побудови сучасних цукрових заводів з їх переробки. В даний час з бурякового жому можна виділити наступні основні напрямки використання: біогаз, комбікорми, пектиновий концентрат, пектиновий клей, клітковина, паливо для цукрового заводу ТЕЦ.

Одним з найважливіших і традиційних засобів використання свіжого бурякового жому це кормова основа у тваринництві. М'якоть бурякового жому містить багато целюлози, речовин з пектинові, залишків цукру, азотистих речовин, інших компонентів багатих вітамінами та мікроелементами. В якості корму для крупної рогатої худоби та птахоферм буряковий жом використовується у свіжому вигляді або у консервованому вигляді. У свіжому вигляді бажано його застосування на відгодівельних ділянках, розташованих впритул до цукрових

заводів, або на спеціалізованих крупних відгодівельних фермах для великої рогатої худоби, розташованих безпосередньо біля саме цих цукрових заводів.

У 70-х роках минулого століття, які були відносно сприятливими для сільського господарства України, де значна частка бурякового жому, яка складала до 40 % всього виробленого на цукрових заводах бурякового жому згодувалось у свіжому вигляді. В даний час обсяги його вживання в свіжому вигляді значно скоротилися. Поперши за все це викликано дуже різким, а далі і постійним повільним скороченням поголів'я великої рогатої худоби (до 2,5 разів), а також значним зростанням витрат на транспортування жому. Оскільки в даний час висушується невелика частина (близько 9 %) всього бурякового обсягу жому, значна її кількість, що становить більше половини відправляється на зберігання для целюлози. При цьому тривале зберігання бурякового жому призводить до втрати значної кількості поживних речовин, значно погіршує екологічну обстановку на території самого цукрового заводу. За експорт невикористаної целюлози і викид її в навколишнє середовище цукровим заводам доводиться платити дуже великі штрафи.

Міністерство природних ресурсів та екології наразі розробляє нові стандарти з охорони навколишнього середовища зі значним підвищенням штрафних санкцій за викиди відходів виробництва понад допустимі квоти. Тому проблема тривалого зберігання або утилізації бурякового жому є дуже важливою і актуальною. Одним з основних рішень цієї проблеми є сушка бурякового жому. Сушені гранули бурякового жому використовуються для харчового раціону дійних корів: як компонент кормових сумішей або для безпосереднього годування на молочних фермах. Враховуючі світове зростання цін на зернові культури, важливість використання бурякового жому в годівлі худоби і птиці буде продовжувати зростати і надалі [1].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальні відомості

У європейських країнах гранульований буряковий жом займає 20...30 % в щоденному раціоні у тваринництві. Буряковий жом можна з успіхом використовувати для отримання малометаксильованого пектину, який в свою чергу є дуже цінним природним біокоректором і желеобразующим харчовим інгредієнтом. У країнах ЄС виробляють не тільки сухий пектин, а й такі продукти, як пектиновий екстракт і концентрат, пектиновмісний порошок і пасту, медичний пектин. Пектини мають безліч корисних властивостей: вони тривало нормалізують рівень холестерину в крові, значно підвищують опірність організму людини до алергії, допомагають слизовій оболонці дихальних шляхів і травного тракту відновитися після значних подразнень, пошкоджень або запальних процесів, позитивно впливають на внутрішньоклітинне дихання тканин і загальний обмін речовин.



Рисунок 1.1 – Буряковий жом

Продукти, збагачені низько-метаксильованим пектином з жому цукрових буряків, мають значні оздоровчі, захисні та лікувальні властивості, а також підвищеною властивістю зв'язувати і виводити з організму важкі метали, радіонукліди та інші дуже токсичні для людини речовини. Наразі знайдені нові технології для поліпшення якості виробництва пектину і харчових продуктів, пропонуючи можливість його розвитку на будь-якому цукровому заводі, а також в

інших компаніях харчової промисловості: молочних продуктах, вині, консервах і навіть в домашніх умовах. Існує розроблена оригінальна технологія виробництва пектинового концентрату з сухого і свіжого бурякового жому, що дозволяє підвищити ступінь імпортозаміщення пектину на внутрішньому ринку. Буряковий жом є перспективною сировиною для виробництва низькоетерифікованого пектину, тобто пектину зі ступенем етерифікації менше 50 %. Такий пектин широко використовується в медицині, фармакології, кондитерській промисловості.

Низькоетерифікований пектин з бурякового жому має низьку згущувальну здатність, але за рахунок застосування сучасних спеціальних технологічних прийомів, зокрема, амідкування, що дозволяє значно підвищити здатність до згущення бурякового пектину, завдяки чому сфера його застосування значно розширюється. Так, амідований харчовий пектин в кондитерській промисловості пропонує найнижчий показник і температуру гелеутворення, а також значну еластичну структуру виробів з високов'язкою складовою. Їх можна використовувати в якості стабілізуючих і загущуючих домішок при виробництві йогурту і сметани, термостійкого варення для випічки з тиксотропними властивостями і широким вмістом сухих речовин. Джеми з цим видом пектину дуже стійкі до механічних впливів, наприклад насосів і екструзії. Одним з найбільш перспективних і затребуваних застосувань для бурякового жому є виробництво харчових волокон, які представляють собою залишки з рослинних клітин, які здатні гарно протистояти гідролізу травними ферментами людини. Фізіологічна добова норма для організму дорослої людини в клітковині становить 25...38 г.

Пектиновий клей теж виготовляється з бурякового жому - спосіб отримання клею заснований на перетворенні в розчин пектинових речовин, нерозчинних в холодній воді, що містяться в м'якоті. Продуктивність виходу клею становить 2,5...3 % від вагової свіжої м'якоті. Буряковий жом (свіжий і сушений) представляє значний потенціал для виробництва енергії. Його можна використовувати в якості сировини для біогазових установок.

Крім основної переваги - виробництво біогазу, цукрові заводи пропонують пропозиції з поліпшення екологічної обстановки навколо самого цукрового заводу,

так як дають можливість скоротити санітарну зону навколо цього підприємства з 500 до 150 м. Використання бурякового жому в якості пальної сировини для біогазових установок дає гарну можливість виробляти 60...70 м³ газу з 1 т сировини. Біогаз – це газ, що основному складається з 50...70 % метану (CH₄) і 50...30 % вуглекислого газу (CO₂) і близький за своїми властивостями до природного газу. Використання біогазу в якості палива для теплоелектрогенераторів призводить до виробництва 2 кВт-год. електроенергії та 2 кВт-год. теплової енергії з 1 м³ біогазу. Якщо використовувати додаткову систему очищення в біогазовій установці, то можна отримати повний аналог природного газу (90 % метану і 10 % вуглекислого газу), який в свою чергу можна використовувати для заправки автомобілів. Зброджена маса бурякового жому після біогазової установки відразу може бути використана як добриво.

Ферментована маса складається з готових до використання екологічно чистих рідких і твердих біодобрив, вільних від нітритів, насіння бур'янів, патогенної мікрофлори і специфічних запахів. При використанні таких збалансованих органічних добрив врожайність збільшується в середньому на 30...50 %. Таким чином, біогазова установка дозволяє виробляти добрива найвищої якості, ефективність яких вище, ніж у мінералів, а вартість практично дорівнює нулю. Тому можливості з використання, переробки та утилізації бурякового жому дуже різноманітні, і у всіх цих областях на виробництві існують перевірені детальні технологічні схеми. При таких умовах буряковий жом стає не тільки побічним продуктом, але дуже цінним продуктом бурякоцукрового виробництва, комплексне використання якого дозволяє значно підвищити ефективність цукрової промисловості [1].

1.2 Технологія переробки бурякового жому

1.2.1 Барабанна сушарка

Буряковий жом відноситься до капілярно-пористих колоїдних тіл, в яких вода хімічно, фізико-хімічно і механічно пов'язана з матеріалом. Ступінь вологості жому характеризується:

- вологістю (1 кг води на 1 кг сухих речовин - СР);
- вологість (%) щодо загальної маси жому;
- вологість (%) - щодо маси сухої речовини жому.

Буряковий жом, завантажений з дифузійного апарату, містить 6,8 % СР, або 12 % СР на 1 кг СР жому. Велика частина води видаляється механічним шляхом під час пресування. Так, жом з вмістом СР 16 % містить 5,25 кг води на 1 кг СР, а при вмісті СР 20 % - це вже 4 кг води на 1 кг СР, тобто на пресах видаляється 60...70% води з жому. Сушка жому проводиться до вмісту 88...90 % СР. При введенні сушці з вмістом СР = 16 % для отримання 1 кг висушеного жому необхідно випарувати близько 4,5 кг води, а із вмістом СР = 20 % – 3,4 кг води.

Для збереження поживних властивостей висушеного жому і для його тривалого зберігання не потрібно повністю видаляти воду, пов'язану з адсорбцією, так як при зберіганні вологи з навколишнього середовища вона обов'язково потрапить у жом. І чим більше енергія зв'язку вологи з матеріалом (адсорбційна волога має високу енергію зв'язування), тим швидше буде процес перезмочування. Тому буряковий жом не має сенсу сушити при вологості менше 12 %.

Як правило, сушка жому на цукрових заводах України відбувається в барабанних сушарках Ø 3...4,5 м які використовують димові гази, як правило, сировиною для спалювання є природний газ. Для спалювання палива вентилятором до пристрою горіння подається повітря. У сучасних пристроях згорання використовуються два вентилятора, один з яких надає повітря безпосередньо для спалювання палива, а другий - для доведення (охолодження) димових газів до необхідної температури (800...900 °С), при якому вони подаються в сушильний барабан. Від пристрою горіння димові гази при температурі 130...140 °С, проходячи через сушильний барабан і виділяючи тепло для випаровування вологи з жому, через димосос вводяться в циклон, де очищаються від дрібних частинок жому (пилу) і викидаються в атмосферу. Пил з циклону направляється на конвеєр для висушеного жому.

Схема цеху жомосушування залежить від умов заводу і встановленого в ньому обладнання. Не на всіх заводах є преси для передпресування жому.

Висушений жом може бути відправлений в брикетне відділення пневматичною конвеєрною системою безпосередньо з шнекового конвеєра, а потім бути зваженим в брикетне відділення. Залежно від розташування обладнання для висушеного жому можуть встановлюватися два шнекових транспортера, один з яких використовується для транспортування жомового пилу.

Основним технологічним обладнанням, яке використовується для сушіння жому є жомопреси і сушильні барабани. Біля дифузійних агрегатів встановлюють жомопреси, велика частина вологи з жому там видаляється спеціальним пресом. В даний час цукрові заводи використовують преси для попереднього і глибокого (кінцевого) пресування. Ефективність процесу сушіння жому залежить в основному від ступеню пресування (вилучення вологи з жому). Про це свідчать дані табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Розрахункові значення витрат природного газу для отримання 1 т висушеного жому

Вміст СР в жомі, %	Кількість води, яка випаровується для отримання 1 т сушеного жому, т	Витрати природного газу при сушці в барабанній сушарці, м ³
Сирий, СР=7%	11,6	1160
Віджатий, СР=12 %	6,3	630
Віджатий, СР=16 %	4,5	450
Віджатий, СР=20 %	3,4	340
Віджатий, СР=24 %	2,7	270
Віджатий, СР=28 %	2,1	210

Для попереднього віджиму надлишкової вологи з бурякового жому на даний момент часу широко використовуються похилі шнекові преси з двостороннім видаленням жомопресової води типу ПСЖН-68, продуктивністю 1 200 т / добу зі ступенем віджиму до 12...14 %, вагою якого складає 1,6 т, а потужність електроприводу - 40 кВт. Для пресування жому з вмістом сухих речовин від 16 до 26 % використовуються вертикальні і горизонтальні шнекові преси різної конструкції. Продуктивність цих видів жомопресів становить 300 т/добу [2].

1.2.2 Парова сушарка

Перегріта парова сушка була розроблена компанією DDS (Данія) в середині 80-х років. Розробка спрямована була на зниження значних витрат палива на виробництво сушеного бурякового жому. Велика частина тепловтрат через висихання відбувається за рахунок топкових газів. При сушінні перегрітою парою під тиском 3...4 бар (абсолютний тиск) з сушарки видаляється насичений цим тиском пар, який може бути використаний для обігріву першого корпусу випаровуючої сахарної установки. Завдяки комплексному використанню тепла в технологічних процесах сушіння жому, а потім і при виробництві цукру-піску з сахарного буряка, вдається виключити значні тепловтрати за допомогою відпрацьованого сушильного агента. Суть ідеї полягала в наступному: якщо буряковий жом сушити в закритій ємності, куди одночасно подається необхідне тепло, то можна буде видалити вологу з жому у вигляді пари з тиском близько 3,5 бар, який потім використовується для виробництва цукру (рис. 1.2).

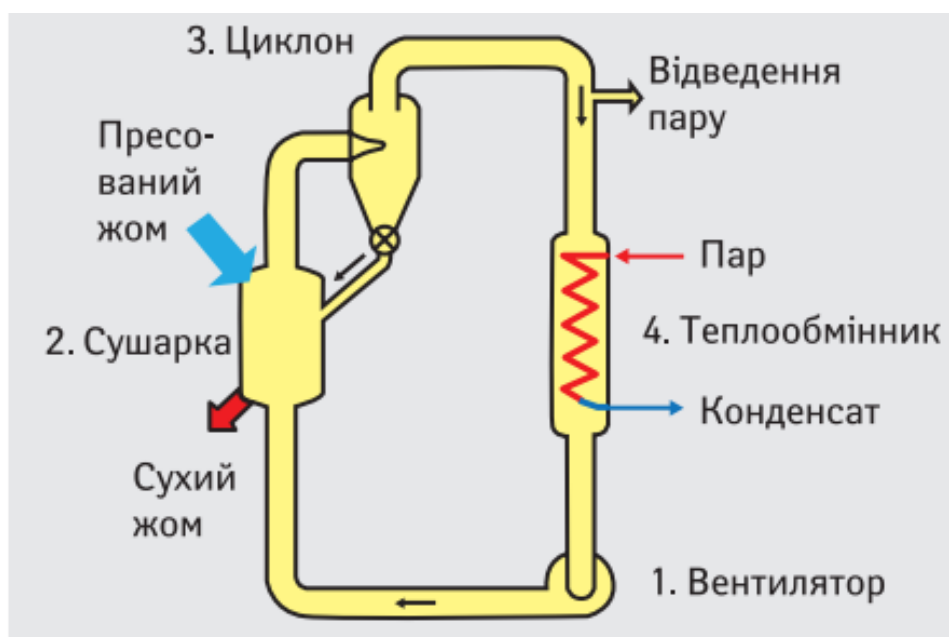


Рисунок 1.2 – Схема сушіння жому на пару у закритій посудині

Енергія, отримана в парі жому, використовується на станції випаровування для виробництва цукру (рис. 1.3). Таким чином, при відновленні використаної енергії виходить і відсутні додаткові викиди в атмосферу.

Після проходження пресу з глибокого віджиму пресований жом подається в парову жомосушарку через поворотний завантажувальний клапан і шнек завантаження в посудину під тиском. Єдиним рухомим елементом в паровій

сушарці жому є основний вентилятор 1. Завдяки цьому вентилятору перегріта пара циркулює через теплообмінник 4 і через дно, яке має спеціальну перфорацію, потрапляє до циркулюючого псевдорозрідженого кільцевого шару.

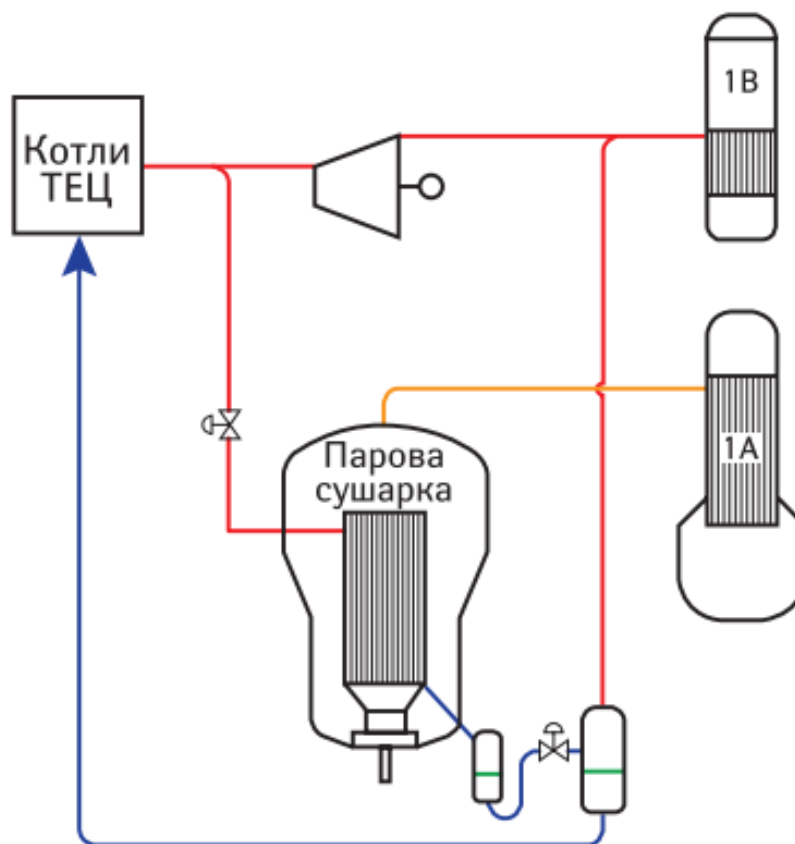


Рисунок 1.3 – Інтеграція парової сушарки в існуючий технологічний процес цукрового заводу

У псевдорозрідженому шарі жом знаходиться в циркулюючому «рідкому» стані. Спеціальні направляючі жолоби переміщують жом через киплячий шар, поки він не потрапить на розвантажувальний шнековий транспортер і не залишить жомосушарку у вигляді сухого сипучого жому через поворотний розвантажувальний клапан. Більш легкі частинки піднімаються між секційними пластинами і далі через зниження швидкості перегрітої пари в конусоподібній частині посудини високого тиску частинки потрапляють на похилі вперед пластини і ковзають вперед в посудину, що працює під тиском.

Таким чином, легкі частинки просуваються в жомосушарку і відводяться поворотним розвантажувальним клапаном.

Циркулююча пара проходить через верхню циліндричну частину в основному циклоні 3, де дрібнодисперсний пил відділяється від пари. Коли пара надходить через основний циклон, дрібнодисперсний пил переміщається в бічний циклон і спускається в розвантажувальний черв'ячний транспортер. Звідти пил виходить з посудини під тиском з висушеним буряковим жомом.

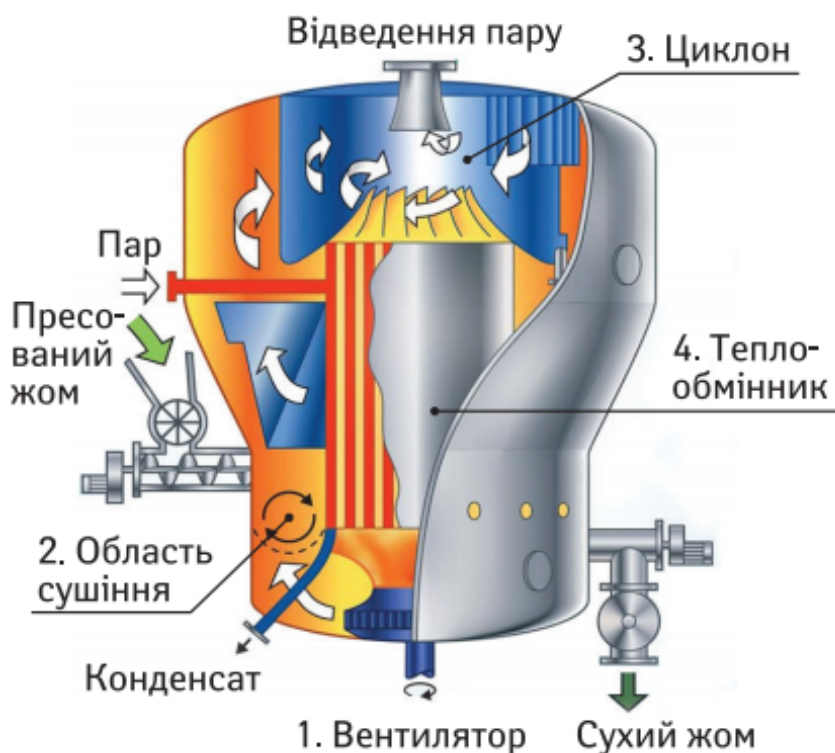


Рисунок 1.4 – Конструкція парової сушарки

В основному циклоні безпилловий пар ділиться на дві частини. Перша частина повертається, щоб підтримувати в дії парову сушарку для контакту з теплообмінником 4, де вона знову нагрівається паром високого тиску, частина якої виводиться через вхідне з'єднання, що спускається в труби теплообмінника 4. Пара конденсується в теплообміннику і виходить з парової сушарки через штуцер зливу конденсату. Друга частина (надлишкова) отриманого пара з парової жомосушки виходить з ємності через випарне паровідвідне з'єднання і використовується в якості пари для першого ступеня випарної установки.

Продуктивність парової сушарки для жому залежить від ступеню тиску пари, що подається в сушарку. При подачі пари під більш значним тиском досягається більш висока температура циркулюючої пари, завдяки чому і зростає

продуктивність парової сушарки в цілому, з певним діапазоном для різних розмірів самої сушарки (рис. 1.5).

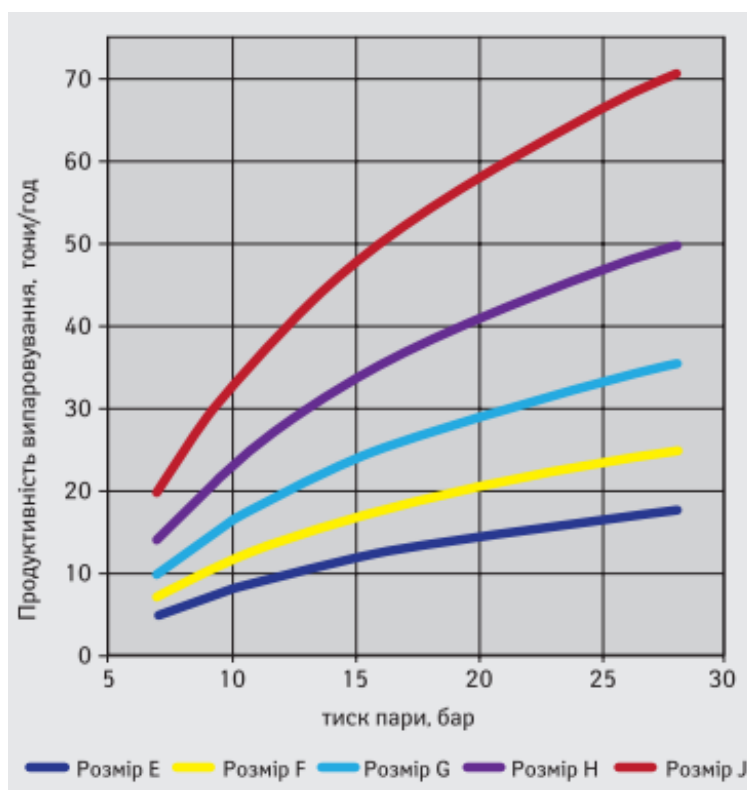


Рисунок 1.5 – Продуктивність випаровування в залежності від тиску

У звичайній барабанній сушарці енергія, що подається на процес сушіння, безповоротно втрачається. На рис. 1.6 наводиться порівняльний аналіз енергоспоживання барабана і парової сушарки.

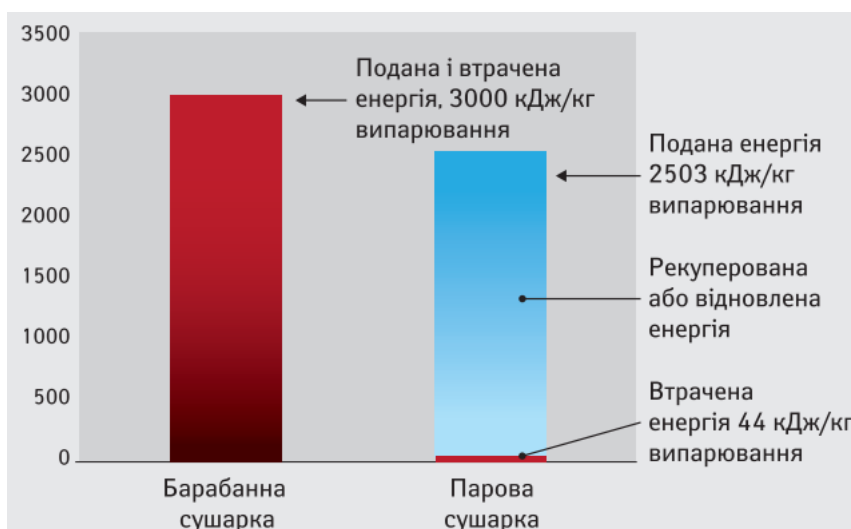


Рисунок 1.6 – Порівняльний енергетичний аналіз барабанної і парової сушарки

Червона колонка відображає енергію, витрачену на барабанну сушарку. Права колонка показує енергію, витрачену на парову сушарку. Синій стовпчик трохи менше червоного, але головне, що майже вся енергія використовується знову. Невелике червоне поле праворуч показує втрати енергії на паровій сушарці. В основному вони відбуваються через тепловтрати через зовнішні стіни парової сушарки.

На рис. 1.7 показано баланс енергії і маси, з якого видно, що на установку подається 66,7 т пари на годину з тиском 28 бар і з установки виходить 50,4 і 12,9 (разом 63,3 т) пара з тиском 3,7 бар, який використовується для випаровування. Після конденсації гострого пара в паровій сушарці конденсат повертається в парогенератор.

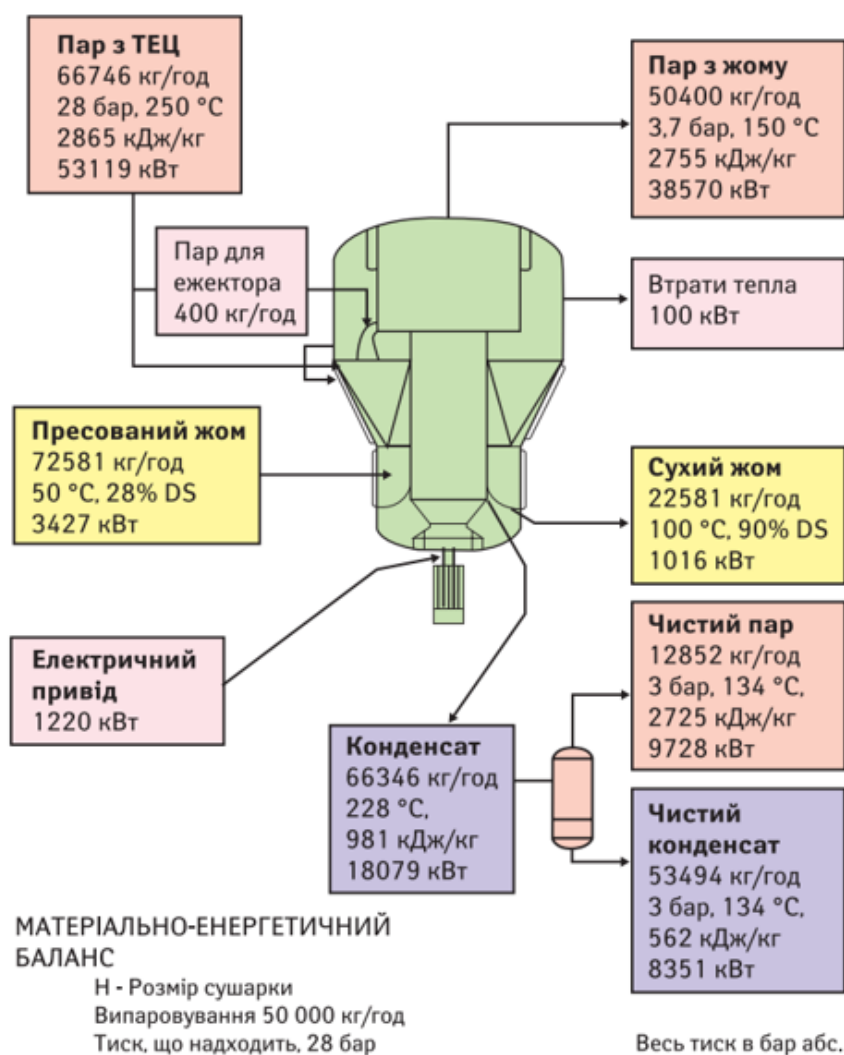


Рисунок 1.7 – Баланс енергії і мас парової сушарки цукрового жому

Таким чином, кількість енергії, що подається в установку, дорівнює енергії, що виділяється установкою. Іншими словами, парова сушарка не є споживачем енергії, а лише запозичує енергію для процесу і повертає її в перетвореному вигляді зі зниженими параметрами тиску пари [3].

1.2.3 Порівняльний аналіз технологій

При сушінні жому в барабанних сушарках можливі втрати сухої речовини (рис. 1.8). На графіку показано збір даних барабанної сушарки СР – функція температури газів, що надходять у барабанну сушарку. Всі дані є точками, які представлені всередині червоного поля. Таким чином, при 900 °С втрати в барабанній сушарці становлять від 6 до 12 % СР.

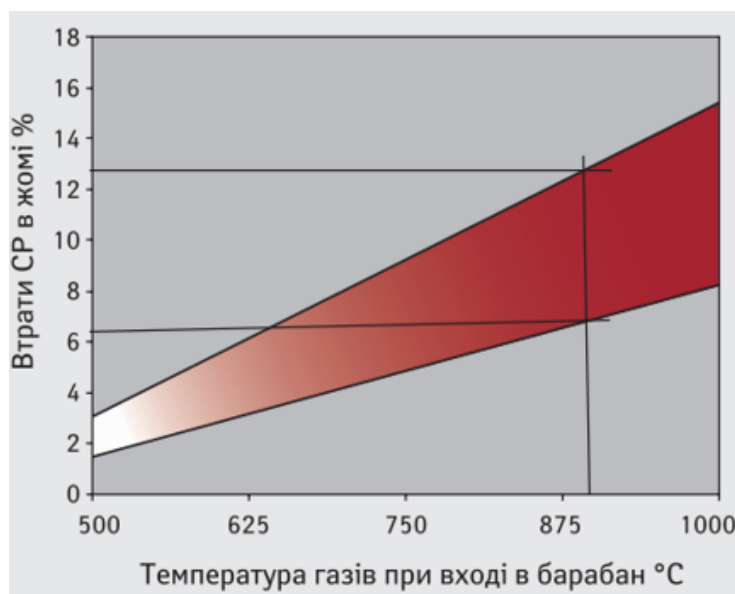


Рисунок 1.8 – Втрата СР в барабанній сушарці

Використовуючи парову сушарку для жому, не відбувається втрат сухої речовини. Крім того, з жомом відбуваються зміни процесу парового дренажу під тиском в безкисневому середовищі. Дослідження показують, що при використанні «парового» жому в якості корму для молочних порід корів, то він засвоюється на 60 % краще в перші години, що говорить про більш високі кормових властивостях «парового» жому.

1.2.4 Сушіння жому паром - найкраща альтернатива біогазу

В одній тонні буряка міститься близько 150 кг цукру, який можна отримати у вигляді цукру і патоки. Жом в буряках становить близько 5,5 % або 55 кг, що еквівалентно 250 кВт*год енергії на тонну буряка. Якщо в якості палива для котлів використовується висушений на паровій сушарці жом, то можна повністю покрити енергетичні потреби цукрового заводу, в тому числі і паровій сушарці. Сучасний цукровий завод споживає в середньому 170 кВт*год енергії на тонну переробленого буряка. Це означає, що при однакових вартісних параметрах парова сушарка може повністю забезпечити свій цукровий завод енергією і ще залишиться жомом для продажу (рис. 1.9).

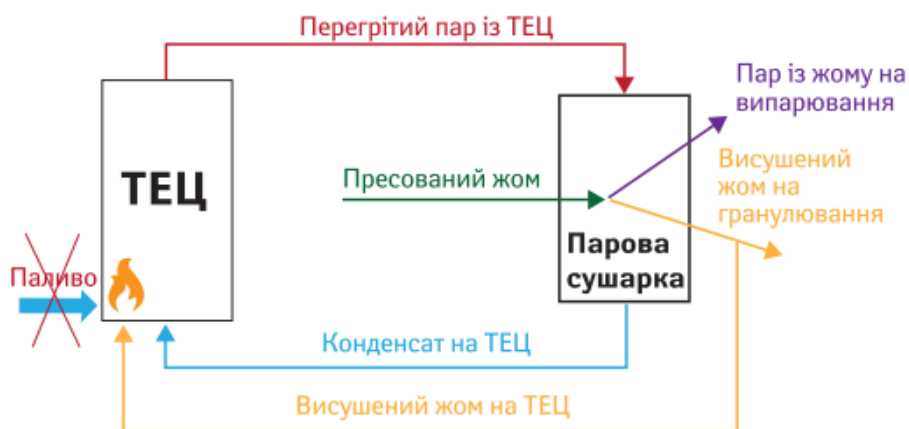


Рисунок 1.9 – Схема використання жому в якості палива для цукрового заводу з джерелом теплової енергії на твердопаливному котлу

У випадку з біогазом жом навряд чи може покрити половину енергетичних потреб цукрового заводу і це економічно недоцільно.

Коли вже отримано сухий жом, вигідніше продавати його як продукти харчування і купувати традиційне паливо у вигляді газу або вугілля для покриття енергетичних потреб.

Приготування «парового» жому в закритій посудині під тиском має безліч енергетичних, екологічних і економічних переваг, в порівнянні з відомими способами використання бурякового жому. Сучасні цукрові заводи важко уявити без подібних об'єктів, якщо компанія зацікавлена в конкурентній перевазі.

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування було обрано один з енергоємних пристроїв технологічної ланки виробництва бурякового цукру на виробництві у м. Радехів (Львівська обл., с. Павлів) – парову сушарку типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому. Завод модернізує технологічну ланку з виробництва цукру. Одним з моментів модернізації є заміна барабанної сушарки на парову сушарку (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Парова сушарка типу DDS NIRO для бурякового жому

Спочатку для порівняння, розглянемо енергетичний баланс при використанні барабанної сушарки (рис. 1.11). Споживання енергії склало 47,6 МВт, що при загальній потужності станції 167,5 МВт було еквівалентно 28,4 % загальної потужності заводу.

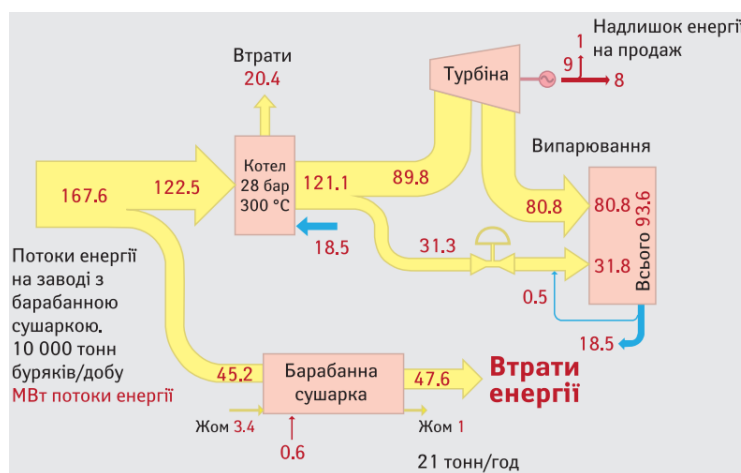


Рисунок 1.11 – Потік енергії з барабанною сушаркою

Після заміни барабанної сушарки на сушарку парою (рис. 1.12), енергія, що містилася в парі, подається в тій же кількості, що і раніше.

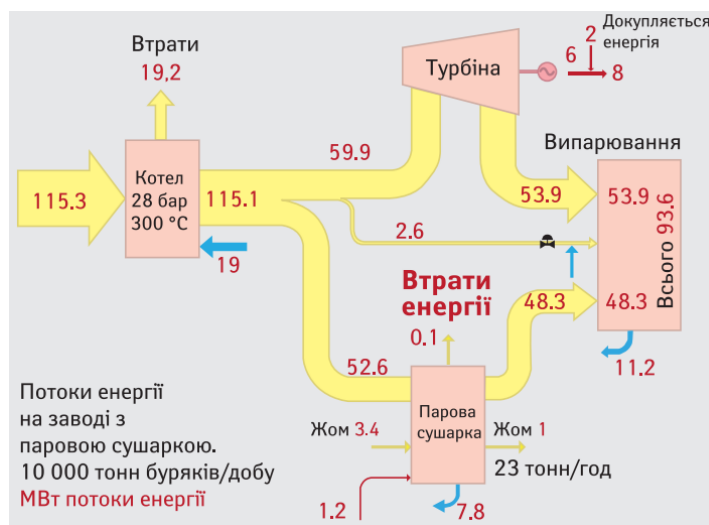


Рисунок 1.12 – Потік енергії з паровою сушаркою

Зберігається вся енергія, яка раніше витрачалася на барабанну сушарку. Крім того, споживання енергії на котлах також знижено зі 122 до 115 МВт. Це може здатися дуже дивним, але цьому є пояснення: електрична енергія приводу вентилятора парової сушарки перетворюється в теплову енергію, знижується вироблення електроенергії, теплова енергія в жомі з температурою 50 °С з підвищеним потенціалом пішла в пар [3].

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана парова сушарка DDS NIRO. Сушильний апарат з перегрітою парою являє собою герметичний корпус (рис. 1.13), в якому пресований жом висушується в киплячому шарі. Для перегріву пари служить вбудований теплообмінник, що нагрівається парою до тиску 16...28 бар (температура насичення 200...235 °С), а пар перегрівається до температури 170...230 °С, а вбудований вентилятор закачує жом в сушильну частину. У сушильній частині пресованої жом висушується перегрітою парою в киплячому шарі. В цьому випадку пар зволожується і його кількість збільшується на кількість випаровування вологи. Зайвий пар видаляється з сушарки в котельну установку, а пар що залишився знову проходить через теплообмінник, перегрівається і вноситься в зону сушіння.

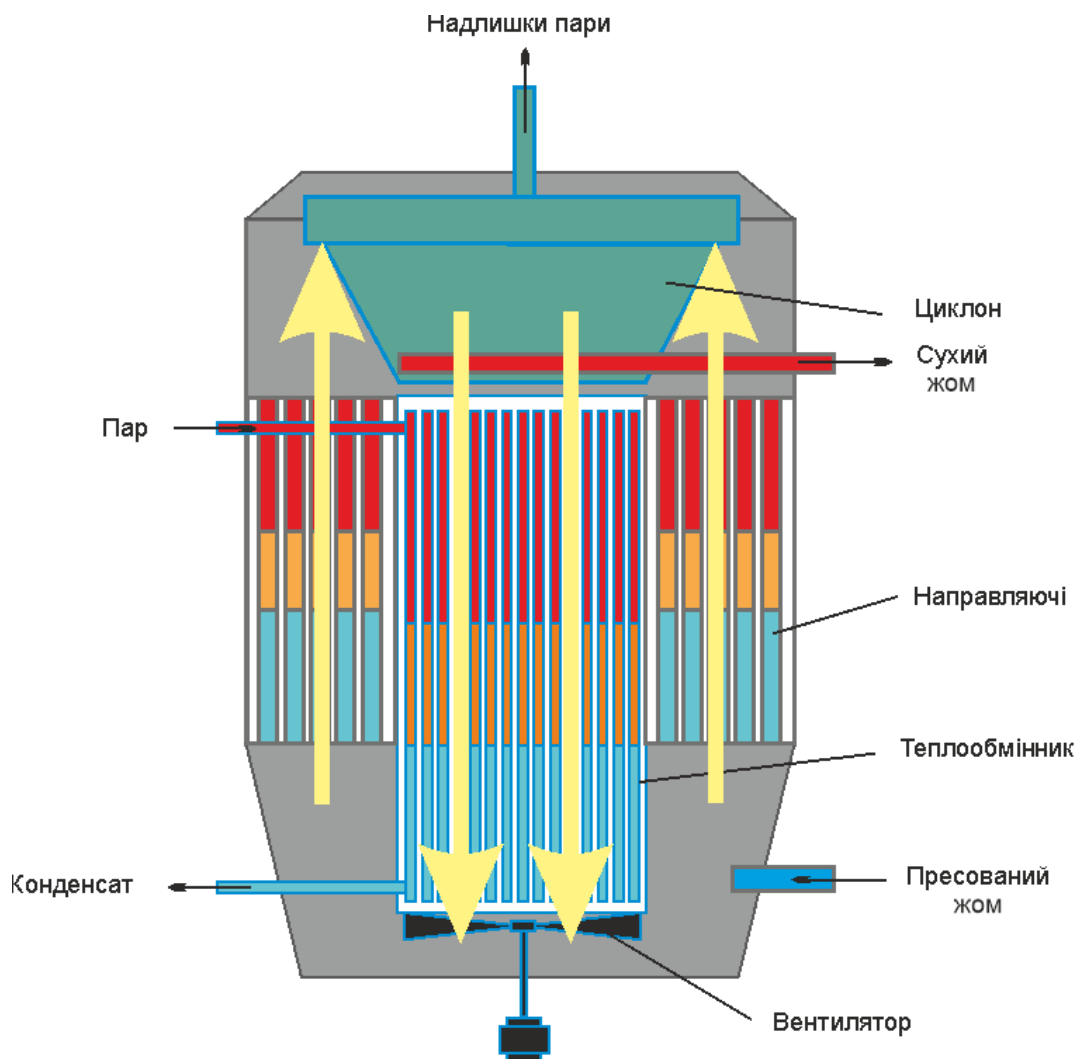


Рисунок 1.13 - Сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO

Пресований вологий жом вводиться в пристрій за допомогою спеціального герметичного живильника. Висушений жом також видаляється з сушарки за допомогою герметичного живильника.

Одним з переваг перегрітої парової сушки під тиском, крім можливості економії палива, є отримання якісного висушеного жому. Отриманий висушений жом не забруднюється продуктами згоряння, як у випадку з сушінням в звичайній барабанній сушарці. Крім того, в процесі сушіння жом не контактує з киснем, тому відсутні окислювальні процеси. При сушінні в герметичному пристрої і подальшій конденсації випаровуваної води в нагрівальній камері випарника виключається забруднення навколишнього середовища. Конденсат, що утворюється з пари, після охолодження може використовуватися для подачі до дифузійної установки.

В середньому витрата нагрітої пари становить 65 т/год, випарувана вода - 56 т/год, отриманий висушений жом - 18 т/год, а загальна витрата пари на заводі становить 50 т/год.

Сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO має наступні основні показники:

– тиск пари:	16...28 бар (200...235 °С);
– температура перегрітої пари:	170...230 °С;
– витрати пари:	до 68,0 т/год;
– продуктивність сушеного жому:	до 18,0 т/год;
– температура сушеного жому:	до 105,0 °С;
– вологість пресованого жому:	72..88 %;
– вологість сушеного жому:	до 12 %;
– потужність вентилятора :	1,2 МВт.

1.3.3 Структура об'єкту керування

На рис. 1.12 Представлена структурна схема сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO для бурякового жому з розташуванням датчиків і виконавчих пристроїв.

На об'єкті розташовані наступні датчики:

- тиск пари;
- витрати пари;
- температура перегрітої пари;
- продуктивність сушеного жому;
- температура сушеного жому;
- вологість сушеного жому.

На об'єкті розташовані наступні виконавчі пристрої:

- регулятор продуктивності подачі пари;
- регулятор продуктивності вентилятору.

Датчики збирають інформацію про технологічний процес сушіння бурякового жому в сушарці DDS NIRO.



Рисунок 1.14 – Структура об'єкту керування

В залежності від показників датчиків в апарату для сушки перегрітою парою в сушильній частині відбувається сушка віджатого жому за заданими технологічними показниками.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Система керування сушаркою перегрітою парою типу DDS NIRO має підтримувати технологічні параметри з сушки бурякового жому. Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі пари – вологість сухого жому»;
- «продуктивність вентилятора – вологість сухого жому»;
- «тиск пари – вологість сухого жому»;
- «продуктивність подачі пари – продуктивність сухого жому»;
- «продуктивність вентилятора – продуктивність сухого жому».
- «тиск пари – продуктивність сухого жому»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання тиску пари;
- початкова вологість пресованого жому;
- початкова температура пресованого жому.

Маємо наступні основні показники:

- витрати пари: 36...65 т/год;
- продуктивність сушеного жому: 12...18 т/год;
- потужність вентилятора : 1,2 МВт;

- вологість сушеного жому: 12..16 %;
- тиск пари: 16...28 бар;
- вологість пресованого жому: 72...88 %.

За рекомендацією керівника кваліфікаційної роботи обрано варіант розробки система керування сушаркою перегрітою парою типу DDS NIRO за каналом «продуктивність подачі пари – вологість сухого жому» як більш впливового на якість роботи сушарки DDS NIRO.

Система керування сушаркою DDS NIRO має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його огляді і обов'язково бути виконана за допомогою стандартних компонентів, які мають відповідні сертифікати відповідності.

1.5 Висновки за розділом

Об'єктом керування виступає сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO, яка використовується при модернізації на Радехівському цукровому заводі (Львівська обл., с. Павлів).

Автоматизація сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація сушарки DDS NIRO повинна забезпечувати надійний і ефективний процес сушки бурякового жому для заданих технологічних параметрів, а також і безпечні умови праці для персоналу. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Автоматизація роботи сушарки DDS NIRO повинна здійснюватися за такими основними параметрами:

- підтримка заданої вологості сушеного жому;
- підтримка заданою продуктивності сушеного жому.

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання треба модернізувати систему керування. Таким чином є гостра потреба у математичних моделях об'єктів технологічного обладнання, працюючого у допустимих

технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування технологічним обладнанням.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO для регульованої вологості сухого жому, в залежності від продуктивності подачі пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва і отримати кінцевий продукт з заданими характеристиками.

Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи всього технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній бакалаврській роботі в якості об'єкту керування було обрано один з енергоємних пристроїв технологічної ланки виробництва бурякового цукру на промисловому виробництві у м. Радехів (Львівська обл., с. Павлів) – парову сушарку типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому.

Система керування має наступні вхідні сигнали:

- тиск пари: аналоговий, 36 бар;
- витрати пари: аналоговий, 80 т/год;
- температура перегрітої пари: аналоговий, 250 °С;
- продуктивність сушеного жому: аналоговий, 20 т/год;
- температура сушеного жому: аналоговий, 120 °С;
- вологість сушеного жому: аналоговий, 12..16 %;

Система керування має наступні вихідні сигнали:

- продуктивності подачі пари: пропорційний, 80 т/год;
- продуктивності вентилятору: пропорційний, 1,2 МВт, ~660 В.

Сушильний апарат являє собою герметичний корпус, в якому пресований жом, попередньо віджатий від вологи, висушується в киплячому шарі. Для перегріву пари служить вбудований теплообмінник, що нагрівається паром під тиском, через який вбудованим вентилятором закачується нагріте повітря сушильну частину апарату. У сушильної частини пресований жом перегрітою паром висушується в киплячому шарі. В цьому випадку пар значно зволожується і його кількість збільшується на кількість випаровування вологи. Зайвий пар видаляється з сушарки в котельну установку, а пар що залишився знову проходить через теплообмінник, перегрівається і вноситься в зону сушіння.

Пресований вологий жом вводиться в пристрій за допомогою спеціального автономного герметичного живильника. Висушений жом також видаляється з сушарки за допомогою автономного герметичного живильника.

Призначення відповідних датчиків и виконавчих пристроїв описано у попередньому розділі.

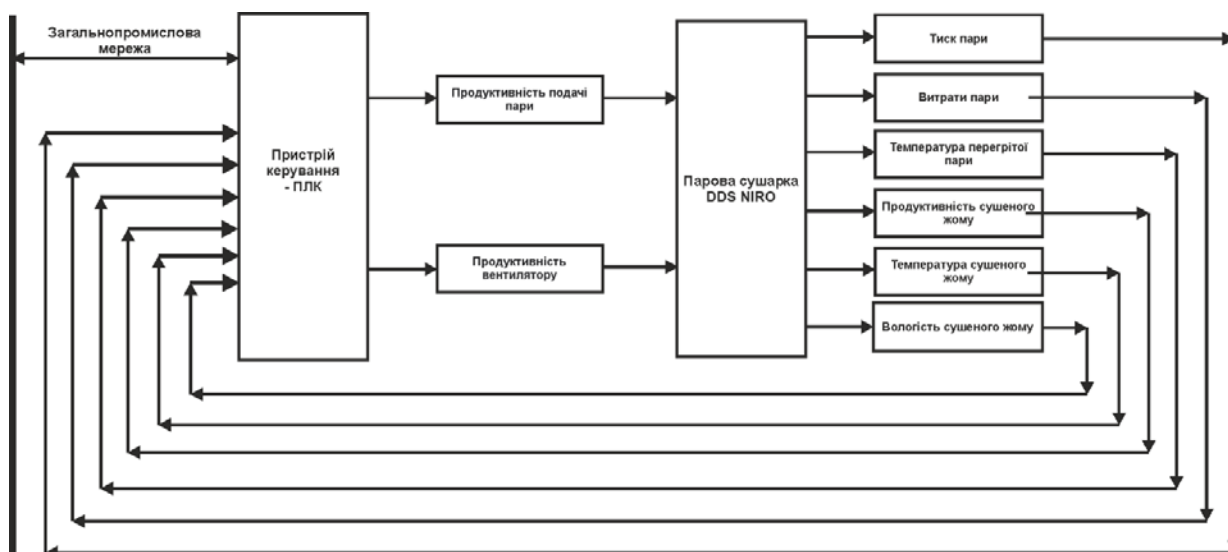


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі пари – вологість сухого жому»;
- «продуктивність вентилятору – вологість сухого жому»;
- «продуктивність подачі пари – продуктивність сухого жому»;
- «продуктивність вентилятору – продуктивність сухого жому».

Основними збурючими факторами є:

- коливання тиску пари;
- початкова вологість пресованого жому;
- початкова температура пресованого жому.

Вибір пристроїв автоматизації для побудови системи керування необхідно робити на основі серійних засобів автоматизації. Якщо є можливість, то необхідно вибирати з пристроїв, вироблених в Україні, або які вже поставляються в Україну.

Вибір приладів буде проводитися відповідно до необхідного діапазону показників сигналів та умов експлуатації.

2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

Датчики слід обирати відповідно до переліку вхідних сигналів, параметри яких треба вимірювати, враховуючи можливий діапазон їх змін.

2.2.1 Вибір датчиків

Для контролю робочого тиску пари з діапазоном 0...36 бар використаємо вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P Compact сконструйований відповідно до особливих вимог харчової, фармацевтичної та біотехнічної промисловості. Використання високоякісних матеріалів забезпечує виконання гігієнічних вимог. Вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P Compact може замовлятися у багатьох варіантах. Завдяки цьому можливе точне узгодження вимірювального перетворювача тиску з умовами у місці використання [4].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчику тиску Siemens SITRANS P Compact

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS P Compact
2	Номинальний діапазон вимірювання, бар	0...36
3	Принцип вимірювання	Тонко-плівковий техно-датчик
4	Точність, %	0,2
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...30
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °С	-25...+200
9	Матеріал корпусу	нерж. сталь с класом захисту IP65
10	Різьба	G3/4В внутрішня



Рисунок 2.2 – Датчик тиску Siemens SITRANS P Compact

Для вимірювання тиску пари у 30 бар треба датчик тиску захистити термобар'єрним подовжувачем, так як температура пари сягає 230 °С (рис. 2.3 [5]), а допустима температура для датчика 200 °С.

°С	р в ат	°С	р в ат	°С	р в ат
100	1,0000	140	3,567	270	54,291
101	1,0362	150	4,698	280	63,295
102	1,0735	160	6,100	290	73,42
103	1,1120	170	7,817	300	84,78
104	1,1514	180	9,895	310	97,40
105	1,1922	190	12,386	320	111,43
106	1,2341	200	15,341	330	126,99
107	1,2771	210	18,823	340	144,20
108	1,3216	220	22,889	350	163,16
109	1,3670	230	27,603	360	184,07
110	1,4139	240	33,027	370	207,49
120	1,9594	250	39,234	374	217,72
130	2,6660	260	46,300		(критичний тиск)

Рисунок 2.3 - Тиск пари при температурах вищих температури кипіння води

Для вимірювання витрати пари до 80 т/год (22 кг/с) розглянемо сімейство витратомірів Siemens SITRANS F X, призначений для вимірювання об'ємної і масової витрати пари, газу, струмопровідних і непровідних рідин за допомогою єдиного приладу з можливістю компенсації температури і тиску. Основні переваги: 2-х провідна схема підключення; вимірювання як об'ємних, так і масових витрат пари, газу і струмопровідних і непровідних рідин навіть при коливаннях температури і тиску; вбудований датчик температури; вбудований датчик тиску (опція); можливість виконання пристрою двома перетворювачами [6].

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики вихрового витратоміра Siemens SITRANS FX300

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS FX300
2	Номінальний діапазон вимірювання, кг/с	Пара 0...30
3	Принцип вимірювання	Вихровий витратомір
4	Точність, %	0,05
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	14...36
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °С	-25...+85
9	Температура вихрового потоку, °С	-25...+240
10	Номінальний тиск, бар	1...100
11	Матеріал корпусу	Сталь 1.4404/316L
12	З'єднання	Фланець DN 150



Рисунок 2.4 – Вихровий витратомір Siemens SITRANS FX300

Для вимірювання температура перегрітої пари у діапазоні до 250 °С та температури сушеного жому у діапазоні до 120 °С. розглянемо сімейство вимірювальних перетворювачів температури фірми Siemens, яке представлено перетворювачами Siemens SITRANS T, термоперетворювачами опору і термопарами для якісного вимірювання температури в будь-яких, навіть самих екстремальних, умовах. Датчики застосовуються в хімічній, фармацевтичній, харчовій, енергетичній та інших галузях промисловості. Існують варіанти термометрів з цифровою індикацією показань. Також доступні вибухозахищене виконання датчиків. Використаємо перетворювач Siemens SITRANS T серії: TW – універсальний перетворювач з виходом 4...20 мА + HART, з можливістю перепрограмування за допомогою персонального комп'ютеру [7].

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики датчику температури Siemens SITRANS T TW

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS T TW
2	Номінальний діапазон вимірювання, °С	0...+300
3	Принцип вимірювання	Cu25 ... Cu1000
4	Точність, °С	0,1
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...30
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °С	-25...+85
9	Матеріал корпусу	сталь 1.4571/316Ti
10	Різьба	G1/2В зовнішня і G1/8В внутрішня



Рисунок 2.5 – Датчик температури Siemens SITRANS T TW

Для вимірювання продуктивності сушеного жому до 20 т/год використовуємо ENVEA SolidFlow 2.0 - датчик, спеціально розроблений для вимірювання витрати твердих тіл, що передаються в металевих каналах. Він успішно пройшов перевірку для онлайн-вимірювання: всіх видів пилю, порошку та гранулятів зернистості розміром від 1 нм до 1 см пневматично транспортованих матеріалів або у вільному падінні після механічних транспортних систем SolidFlow є зносостійким, а введення в експлуатацію дуже легким [8].

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики вихровий витратоміра ENVEA SolidFlow 2.0

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	ENVEA SolidFlow 2.0
2	Номінальний діапазон вимірювання, т/г	20
3	Принцип вимірювання	Мікрохвильовий
4	Точність, %	0,05
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	14...36
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °С	-25...+85
9	Температура потоку, °С	-25...+900
10	Номінальний тиск, бар	1...10
11	Матеріал корпусу	Сталь 1.4404/316L



Рисунок 2.6 – Мікрохвильовий витратомір ENVEA SolidFlow 2.0

Для вимірювання вологості сушеного жому у діапазоні 12..16 % використаємо промисловий стаціонарний вологомір PCE Instruments PCE-MWM 240, який призначений для вимірювання вологості сипучих матеріалів у місці їх зберігання, ємностях, цистернах, силосах, продуктопроводах та ін. Вологомір може працювати з усіма типами сипучих матеріалів без обмежень, робочий діапазон 0...100 % вологості, робоча температура -20...+145 °С.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики вологомір PCE Instruments PCE-MWM 240

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Вологомір
2	Діапазон вимірювання вологості, %	0...100
3	Принцип вимірювання	УВЧ випромінювання
4	Точність, %	0,02
5	Інерційність, с	30
6	Час розігріву, хв	10
7	Вихідний сигнал, мА	4...20
8	Напруга живлення, В	18...36
9	Потужність споживання, Вт	4
10	Температура експлуатації, °С	-20...+145
11	Максимальний тиск, бар	16
12	Матеріал корпусу	Сталь нержавіюча

Прилад має стаціонарне виконання та дозволяє проводити тривалі безперервні вимірювання у потоці.

Принцип виміру ґрунтується на зміні характеристики УВЧ випромінювання при проходженні через матеріал. Вимірювач вологості є занурюваним датчиком і електронним блоком управління. Сенсори поставляються у двох варіантах виконання. Обидва виготовлені з нержавіючої сталі AISI321, але мають конструктивні відмінності.

Варіант 1 (PCE Instruments PCE-MWM 240-A): гнучкий сенсор довжиною 200 мм, який розрахований на роботу під сильним механічним впливом робочого середовища, гнучка (пружна) конструкція амортизує удари по корпусу. Для встановлення сенсора на стінці трубопроводу передбачені спеціальні кріплення.

Варіант 2 (PCE Instruments PCE-MWM 240-B): жорсткий сенсор довжина 500...1500 мм, цей варіант датчика жорстко встановлюється в розпір трубопроводі або лотку від однієї стінки до іншої.

Обидва сенсори працюють тільки за умови повного занурення в матеріал (не менше ніж на 100 мм) для досягнення заявленого рівня точності [9].



Рисунок 2.7 – Стационарний вологомір PCE Instruments PCE-MWM 240

Ступінь відкриття регулюючої засувки для подачі пару будемо контролювати за допомогою енкодера E40H 012 2000 2 N 24 з 2 000 імпульсами на обороті і напругою живлення 24 В який буде змонтований на вісі електроприводу приводу засуви [10].

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики енкодера Autonics E40H-012-2000-2-N-24

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип з'єднання	Прохідний отвір
2	Діаметр отвору, мм	12
3	Чутливість, імп. / об	2 000
4	вихідні фази	A, B
5	Тип виходу	NPN
6	Напруга живлення, В	12...24
7	Потужність, Вт	1



Рисунок 2.8 – Енкодер Autonics E40H-012-2000-2-N-24

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання, Вт
1	Тиск пари	Тонко-плівковий	Аналоговий	0...36°бар	0,2 %	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
2	Продуктивність подачі пари	Вихровий витратомір	Аналоговий	0...25 кг/с	±0,05 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
3	Температура перегрітої пари	Cu25 ... Cu1000	Аналоговий	0...300 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
4	Температура сушеного жому	Cu25 ... Cu1000	Аналоговий	0...300 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
5	Продуктивність сухого жому	Мікрохвильовий витратомір	Аналоговий	0...20 т/г	±0,05 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
6	Вологомір сухого жому	УВЧ витратомір	Аналоговий	0...100 %	±0,02 %	4...20 мА	0,1 с	18...36 В	4
7	Положення засувки подачі пари	Електромагнітний	Імпульсний	2 000 імпл./об.	-	вихідні фази А, В	-	12...24	1

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для керування продуктивністю подачі пари (0...30 кг/с) будемо використовувати засувку коркову 2с-Э-1 Ду150 Ру100 з електроприводом [11].

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики засувки коркової 2с-Э-1 Ду150 Ру100

Найменування параметра	Значення
Призначення	парова
Тип	коркова
Робочий тиск, бар	100
Напруга живлення, В	~220 В
Потужність, кВт	0,5 кВт
Час відкриття закриття, с	45
Діаметр, Ду	150
З'єднання	цангове

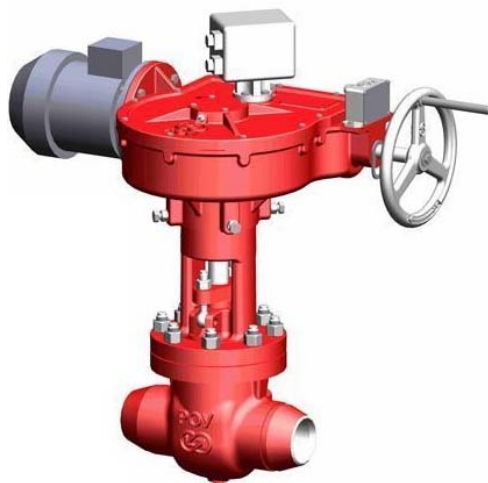


Рисунок 2.9 – Засувка коркова 2с-Э-1 Ду150 Ру100

Керування електродвигуном засувки коркової 2с-Э-1 Ду150 Ру100 (~220 В/ 0,5 кВт) для здійснення регулювання продуктивністю подачі пари, будемо здійснювати за допомогою однофазного твердотільного реле змінного струму TE-Connectivity SSR 10DA, 220 В, з керуванням по пропорційному ланцюгу 0...24 В постійної напруги, але яке будемо використовувати у дискретному режимі керування за часом подачі керуючого сигналу на відкриття або закриття засувки [12].

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики твердотільне TE-Connectivity SSR-240A10

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~280 В
Струм навантаження, А	0...10
Напруга керування, В	0...24
Струм керування, мА	0...20



Рисунок 2.10 – Твердотільне реле TE-Connectivity SSR-240A10 (1x~220 В, 10 А, 0...24 В)

Для вентилятора парової сушарки використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 120 МВт з напругою живлення ~660 В. Згідно з завданням система керування повинна реалізувати регулювання продуктивності роботи вентилятора. Тобто керування електроприводом повинно бути пропорційним. Виходячи з цих вимог для керування електроприводом вентилятора обрано трьох фазний частотний перетворювач VLT AQUA Drive FC202 потужністю 1,4 МВт на напругу ~660 В, 50 Гц [13].

Даний спеціалізований привод використовується у сфері водопостачання та водовідведення. Також застосовується в аераційних повітродувках, насосах із змінним та постійним моментом.

Таблиця 2.10 – Основні технічні характеристики частотного перетворювача VLT AQUA Drive FC202 потужністю 1,4 МВт

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~660
Потужність, кВт	1 400
Діапазон частот, Гц	0...1000
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20



Рисунок 2.11 – Частотний перетворювач VLT AQUA Drive FC202 потужністю 1,4 МВт

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Продуктивність пари (відкриття)	Час відкриття 45 с	Дискретний	0...100 %	Пропорційна за часом	24 В	0,1 с	24 В	1 Вт
2	Продуктивність пари (закриття)	Час відкриття 45 с	Дискретний	0...100 %	Пропорційна за часом	24 В	0,1 с	24 В	1 Вт
3	Продуктивність вентилятора	Система регулювання	Аналоговий	0...100 %	Лінійний	4...20 мА	0,1 с	-	1 Вт

2.2.3 Вибір пристроїв керування

В якості пристрою керування, обрано програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера 100 мс, контролер має 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування. Контролер має модульну структуру, яка забезпечує підключення обраного обладнання і має легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені шість аналогових датчиків з типом вихідного сигналу 4...20 мА:

- тиск пари;
- витрати пари;
- температура перегрітої пари;
- продуктивність сушеного жому;
- температура сушеного жому;
- вологість сушеного жому.

До контролеру має бути підключений енкодер з типом вихідного сигналу NPN:

- контроль ступеню відкриття засувка подачі пари, фазо-імпульсний.

До контролеру мають бути підключені два дискретних виконавчих пристрої з типом входу керування 0; 24 В (1 Вт):

– засувка подачі пари, відкрити: дискретний, пропорційний за часом;

– засувка подачі води, закрити: дискретний, пропорційний за часом.

До контролеру мають бути підключено один аналоговий виконавчий пристрій з типом входу керування 4...20 мА:

– продуктивність вентилятору.

Так як система керування паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП) з виготовлення цукру, то у контролера має бути послідовний цифровий інтерфейс RS-485.

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.

Таблиця 2.12 – 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



Рисунок 2.12 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Для підключення усіх шести аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких має по чотири аналогових входів.

Таблиця 2.13 – 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



Рисунок 2.13 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведено на рис. 2.14.

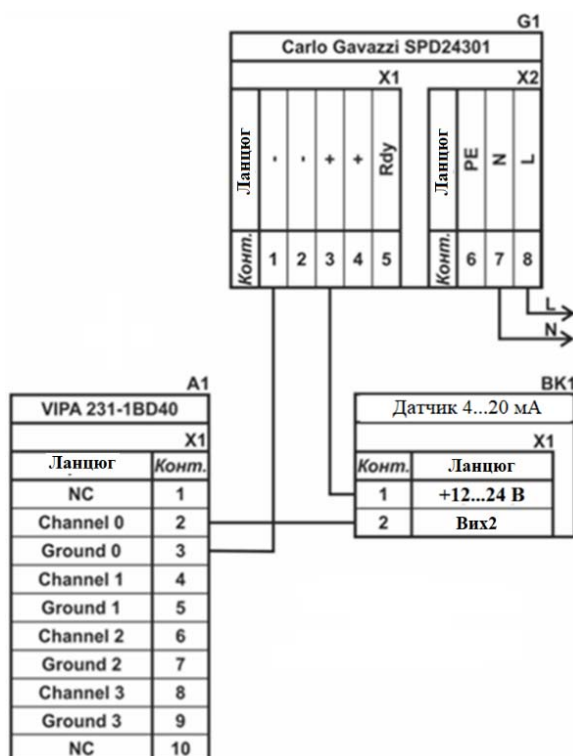


Рисунок 2.14 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру повинні бути підключені два дискретних канали керування (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00, який має вісім незалежних каналів керування

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0...24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2



Рисунок 2.15 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.16.

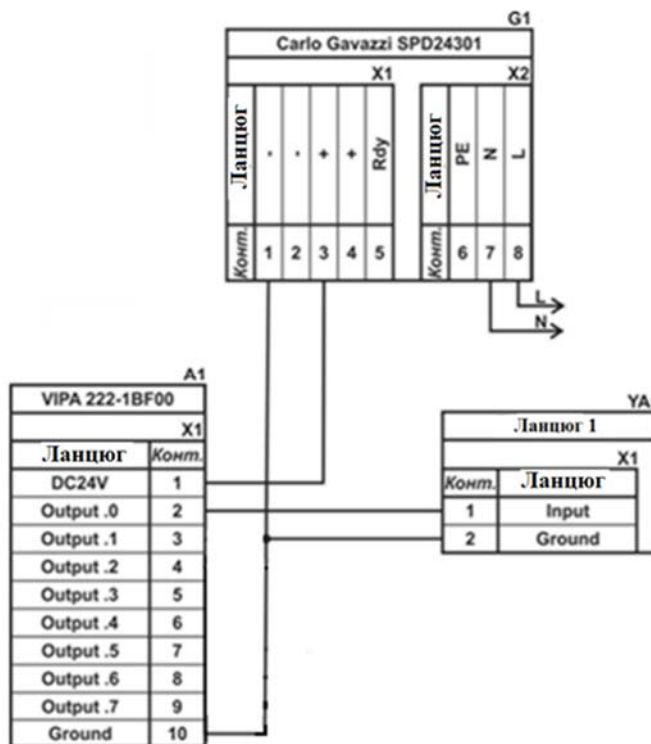


Рисунок 2.16 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Для прикладу показана схема підключення умовного ланцюга 1 (одного з двох). Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено інші ланцюги пристроїв узгодження навантаження, але до відповідних до виходів цього модуля.

Для контролю положення засувки за допомогою енкодера Autonics E40H-012-2000-2-N-24 обрано функціональний модуль лічильника VIPA 250-1BA00.

Таблиця 2.15 – Технічні характеристики функціонального модуля 250-1BS00

Найменування параметра	Значення
Тип	FM 250S
Кількість каналів	2/4
Розрядність лічильника, біт	32/16
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2.5



Рисунок 2.17 – Функціональний модуль 250-1BS00

Згідно з технічною документацією модуль має два або чотири лічильні канали. В якості лічильників будуть використовуватися 32 бітні регістри тому у цьому режимі він має два канали. До входів модуля підключені виходи енкодера A, B та Z, що забезпечує отримання програмованим логічним контролером від лічильника кількості імпульсів енкодера, при цьому лічильник автоматично визначає напрям обертання енкодера.

Схема підключення датчика до функціонального модуля VIPA 250-1BS00 наведена на рис. 2.18.

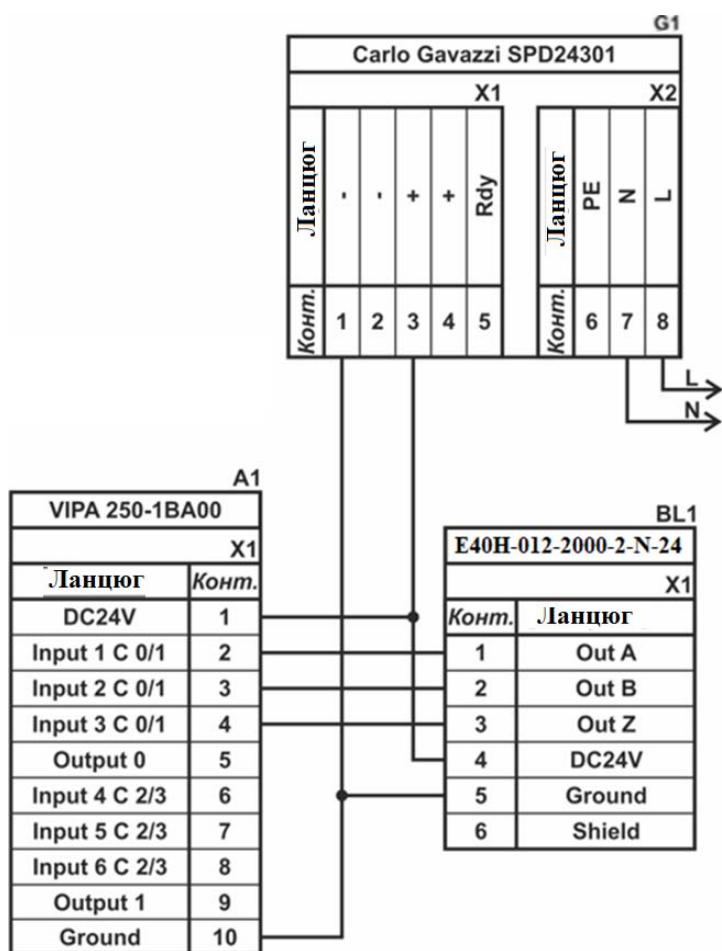


Рисунок 2.18 – Схема підключення датчика положення засувки

До контролеру є бути підключено один аналоговий виконавчий пристрій з типом входу керування 4...20 мА для керування продуктивністю пару.

Таким чином потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового сигналу 4...20 мА. Даним вимогам відповідає модуль VIPA 232-1BD40 який має чотири аналогових виходи 4...20 мА.

Таблиця 2.16 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу 232-1BD40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 232, ECO
Кількість каналів	4
Тип каналу	аналоговий
Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20, -20...+20
Довжина екранованого провідника, м	200
Споживана потужність, Вт	1,5



Рисунок 2.19 – Модуль аналогового виводу 232-1BD40

Схема підключення частотного перетворювача, для здійснення пропорційного керування двигуном вентилятора, до модуля аналогового виводу наведена на рис. 2.20.

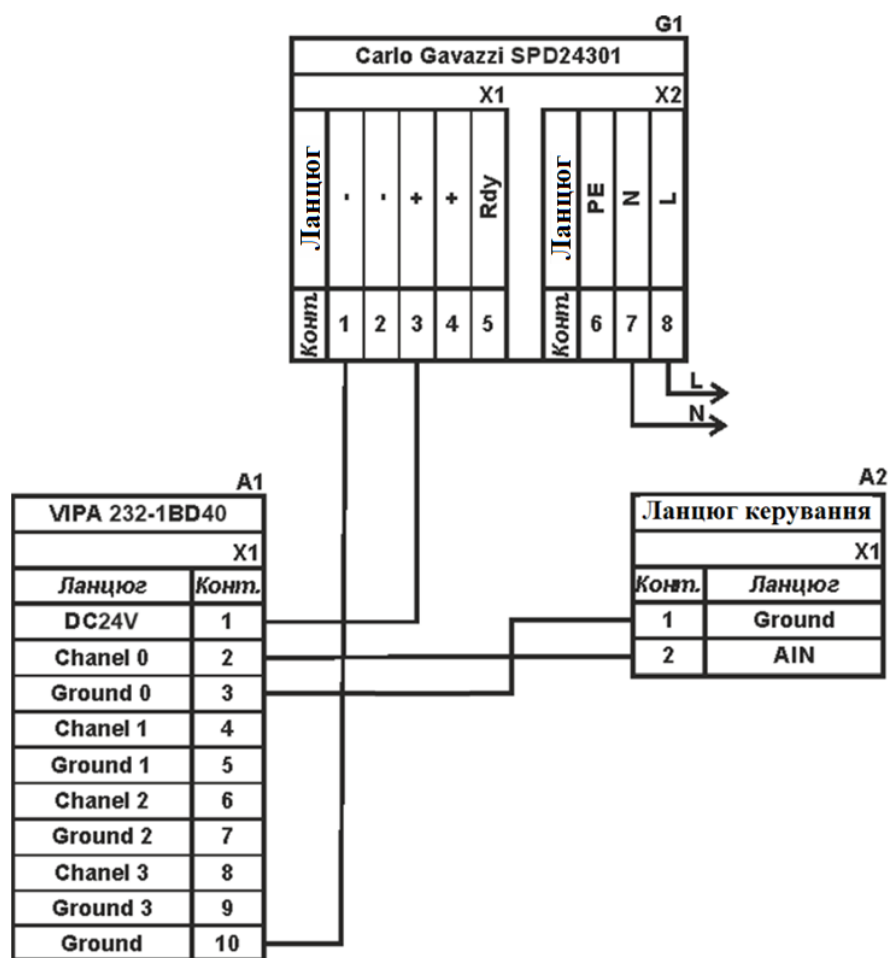


Рисунок 2.20 – Схема підключення частотного перетворювача

Згідно з вимогами до системи керування, в якості котрої виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, повинна бути організована мережа за допомогою

інтерфейсу RS-485, тому і був обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33, який має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рис. 2.21.

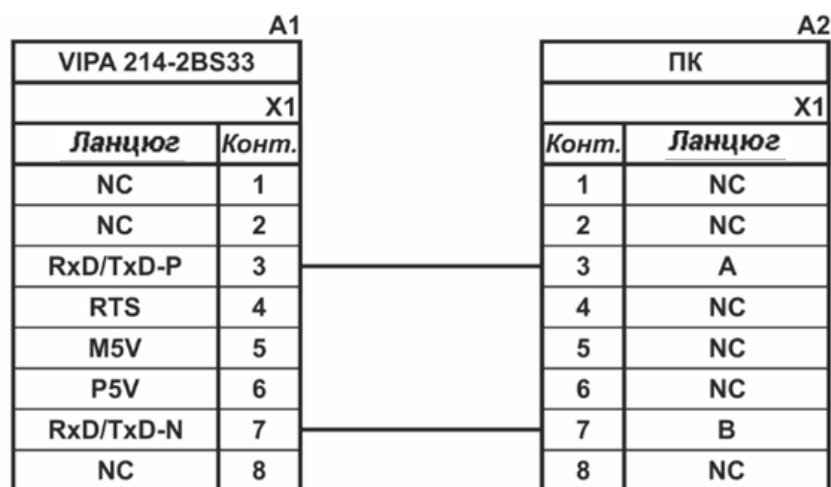


Рисунок 2.21 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – 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 з АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу 1	24 В	0,6 Вт
		Тиск пари	24 В	2,0 Вт
		Витрати пари	24 В	2,0 Вт
		Температура перегрітої пари	24 В	2,0 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу 2	24 В	0,6 Вт
		Продуктивність сушеного жому	24 В	2,0 Вт
		Температура сушеного жому	24 В	2,0 Вт
		Вологість сушеного жому	24 В	4,0 Вт
4	VIPA 250-1BS00	Функціональний модуль 1	24 В	2,5 Вт
		Енкодер засувки подачі пари	24 В	2,0 Вт
5	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу 1	24 В	1,5 Вт
		Керування засувкою подачі пари	24 В	1,0 Вт
6	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу 1	24 В	2,0 Вт
		Засувка продуктивності пари (відкриття)	24 В	1,0 Вт
		Засувка продуктивності пари (закриття)	24 В	1,0 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5,0 + 2 * 0,6 + 1 * 2,5 + 1 * 1,5 + 1 * 2,0 = 12,2 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

Таблиця 2.16 – 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



Рисунок 2.22 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.23.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для дев'яти аналогових датчиків, одного енкодера, одного аналогового ланцюга керування та одного однофазного твердотільного реле, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 5 * 2,0 + 1 * 4,0 + 1 * 2,0 + 3 * 1,0 = 19,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

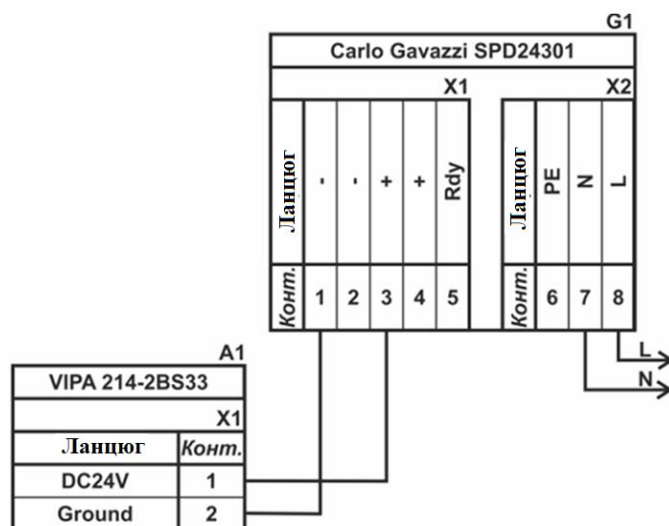


Рисунок 2.23 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

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.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.24.

У якості пристрою керування технологічним процесом використовується програмований логічний контролер (UY 10) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер в складі підсистеми керування підключено до АСУ ТП, за що відповідає контролер більш високого рівня (UY 11), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Тиск пари вимірюється за допомогою датчика тиску, встановленого на паропроводі (PE 1-1 – Siemens SITRANS P Compact), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (PT 1-2 – Siemens SITRANS P Compact) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати пари вимірюється за допомогою вихрового витратоміру, встановленого на паропроводі (FE 2-1 – Siemens SITRANS FX300), виміряне

значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 2-2 – Siemens SITRANS FX300) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

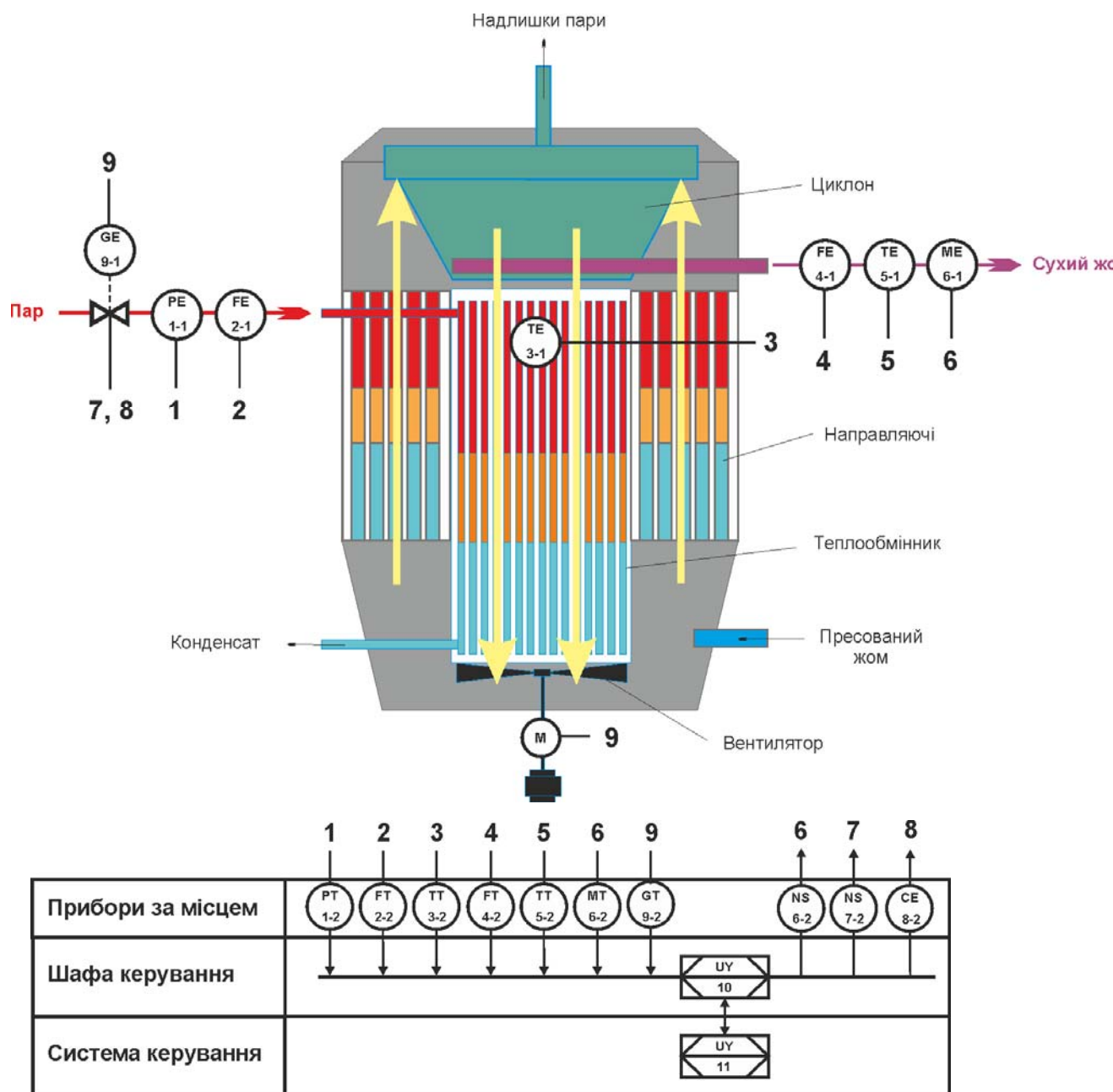


Рисунок 2.24 – Функціональна схема автоматизації системи керування паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому

Температура перегрітої пари вимірюється у верхній частині теплообміннику за допомогою датчика температури (TE 3-1 – Siemens SITRANS T TW), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (TT 2-2 - Siemens SITRANS T TW) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Продуктивність сухого жому вимірюється за допомогою мікрохвильовому витратоміру, встановленого в жомопроводі (FE 4-1 – ENVEA SolidFlow 2.0),

вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 4-2 – ENVEA SolidFlow 2.0) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура сухого жому вимірюється за допомогою датчику температури, встановленого на жомопроводі (TE 5-1 – SITRANS T TW), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (TT 5-2 – SITRANS T TW) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Вологість сухого жому вимірюється за допомогою УВЧ вологоміру, встановленого в жомопровід (TE 6-1 – PCE Instruments PCE-MWM 240), а вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (TT 6-2 – PCE Instruments PCE-MWM 240) трансформується в аналоговий стандартний сигнал 4...20 мА.

Ступінь відкриття / закриття засувки подачі води контролюється енкодером (GE9-1 E40H 012 2000 2 N 24) спеціалізованим перетворювачем (GT9-2 E40H 012 2000 2 N 24).

Регулювання продуктивності вентилятора здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (CE 8-2 – VLT AQUA Drive FC202).

Регулювання продуктивності подачі пару здійснюються засувкою корковою з реверсивним керуванням за допомогою дискретних модулів твердотільних реле (NS 7-2 - SSR-240A10) та (NS 8-2 - SSR-240A10).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 10 – VIPA 214-2BS33) за допомогою виконавчих пристроїв формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому (рис. 2.25).

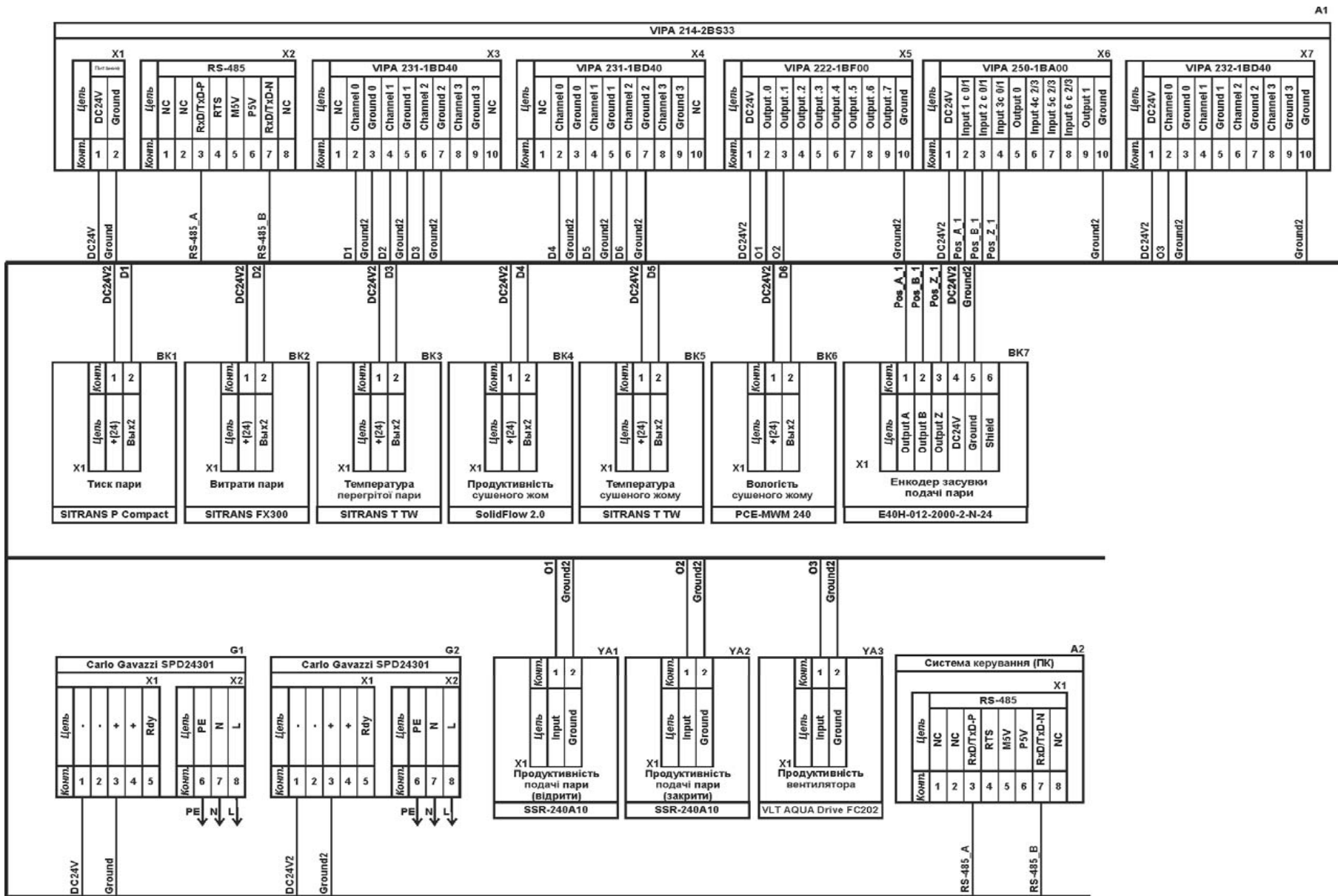


Рисунок 2.25 – Схема електрична принципова системи керування паровою сушаркою типу DDS NIRO

У системі керування 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 дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к усім шести аналоговим датчикам (BK1...BK), енкодеру (BK1) та твердотільним реле (YA1, YA2).

Усі шість аналогових датчиків мають уніфікований сигнал 4...20 мА, таким чином ці датчики підключені до модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0, 1, 3 та VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналів 0, 1, 3.

Керування засувкою подачі пари здійснюється за принципом дискретного реверсивного керуванням за часом подачі керуючого сигналу, які подаються за допомогою твердотільних реле (YA1, YA2) типу TE-Connectivity SSR-240A10 які підключені до дискретного модуля VIPA 231-1BF40 (A1 – X5) до каналів 0, 1. Ступінь відкриття / закриття засувки контролюється енкодером BK7 за допомогою спеціалізованого модуля A1 – X6 типу VIPA 250-1BA00.

Керування продуктивністю вентилятора здійснюється по каналу керування 4...20 мА який підключено до підключені до модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X7) до каналу 0.

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

2.5 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому.

Для синтезу системи керування паровою сушаркою типу DDS NIRO обрані необхідні апаратні засоби, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній бакалаврській роботі об'єктом керування було обрано один з енергоємних пристроїв з технологічної ланки виробництва бурякового цукру на заводі у м. Радехів (Львівська обл.) – парову сушарку типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому.

Сушильний апарат являє собою герметичний корпус, в якому пресований жом, попередньо віджатий від вологи, висушується в киплячому гріючому шарі сушарки. Для перегріву пари служить теплообмінник, який нагрівається паром під тиском, через який вбудованим вентилятором прокачується гріюче повітря в сушильну частину апарату. У сушильній частині апарату пресований жом висушується в киплячому шарі. В цьому випадку перегрітий пар значно зволожується і його кількість збільшується на кількість випаровування вологи. Зайвий пар видаляється з сушарки в котельну установку, а пар що залишився знову проходить через теплообмінник, перегрівається і вноситься в зону сушіння.

Пресований вологий жом вводиться в пристрій за допомогою спеціального автономного герметичного живильника. Висушений жом також видаляється з сушарки за допомогою автономного герметичного живильника.

Система керування сушаркою DDS NIRO має підтримувати завдагі технологічні параметри сушки бурякового жому.

У кваліфікаційні роботі обрано канал керування: «витрати пари – вологість сухого жому». Збурюючим фактором є коливання тиску пари внаслідок розбору його різноманітними технологічними апаратами заводу. Статичний зсув дійсного значення визначається початковою вологістю віджатого жому.

Для парової сушарки DDS NIRO маємо наступні основні технічні показники:

- витрати пари: 10...18 кг/с;
- вологість сушеного жому: 12..16 %;
- вологість пресованого жому: 72...88 %.

Таким чином для синтезу системи керування, моделювання її роботи з метою перевірки її працездатності перш за все треба мати модель самого об'єкту керування - сушарки DDS NIRO, яка є регульованою за вологістю висушеного жому, в залежності від витрати гріючої пари. При цьому всі інші вхідні і вихідні параметри об'єкта керування мають бути фіксованими і знаходитись у номінальному стані.

Витрати перегрітої пари контролюються аналоговим датчиком - вихровим витратоміром Siemens SITRANS FX300, який призначений для вимірювання масової витрати пари у діапазоні 0...30 кг/с.

Регулювання продуктивності подачі пари здійснюються високотемпературною корковою засувкою 2с-Э-1 Ду150 Ру100 з реверсивним електричним приводом змінного струму, керування яким здійснюється за допомогою двох дискретних модулів твердотільного реле SSR-240A10. Час повного відкриття / закриття засувки становить 45 с.

Ступінь відкриття / закриття засувки для подачі пари контролюється енкодером E40H 012 2000 2 N 24.

Вологість сухого жому вимірюється за допомогою УВЧ вологоміру PCE Instruments PCE-MWM 240, встановленого у вихідному жомопроводі. Вимірне значення за допомогою вбудованого перетворювача трансформується в стандартний аналоговий сигнал 4...20 мА.

3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню системи керування сушаркою типу DDS NIRO для одного з каналів керування «витрати пари – вологість сухого жому».

Для отримання математичної моделі об'єкту керування треба провести комплексні заходи по дослідженню поведінки об'єкту керування під впливом ряду стандартних вхідних впливів. Візуалізація процесу керування у дослідницькій системі відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така система дозволяє, крім функцій керування, виконувати також функції дослідження об'єкту керування, для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього і розроблена структурна схема системи керування, яка наведена на рис. 3.1.

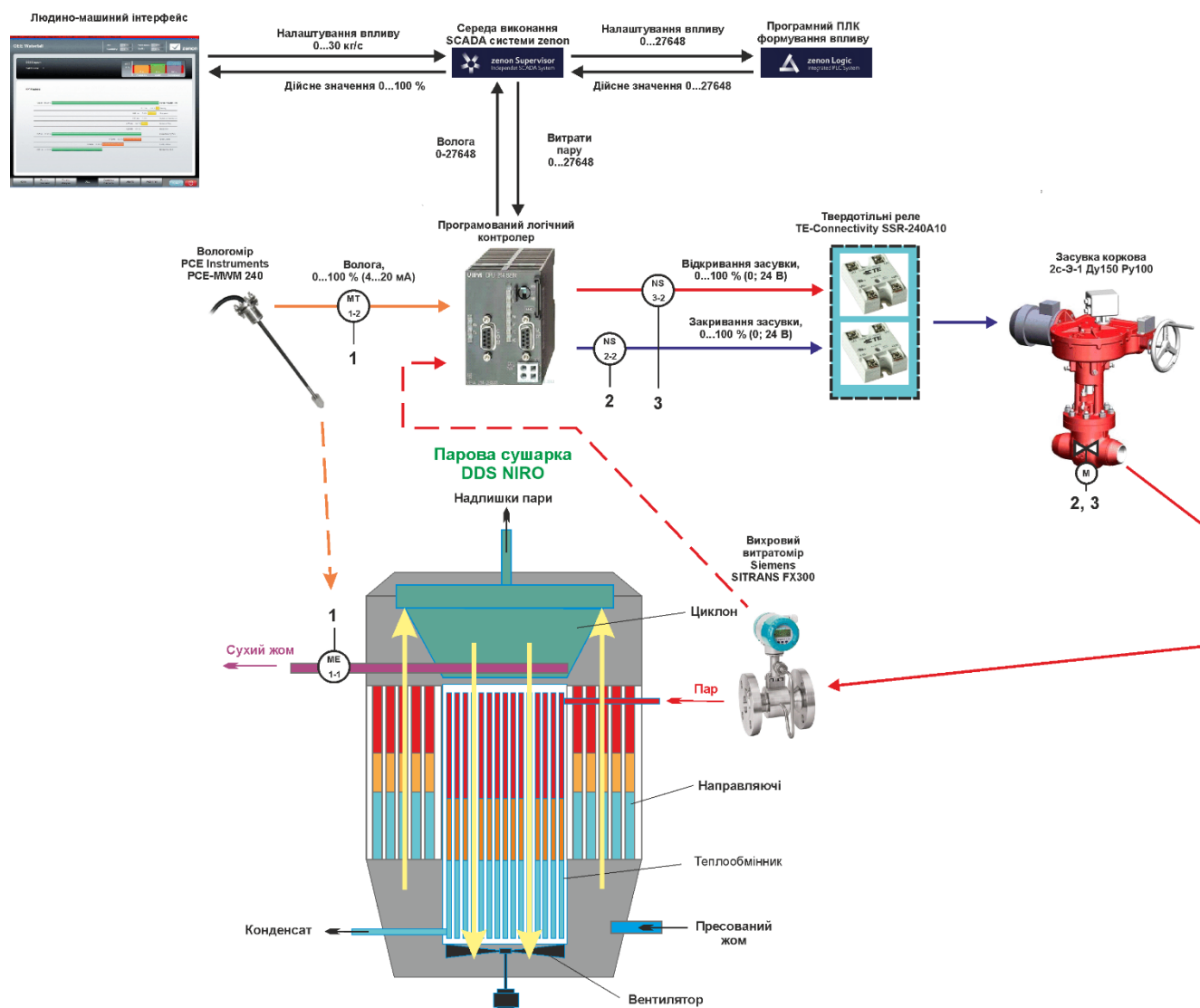


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження має формувати керуючий вплив, в якості якого виступає витрата пари, яка номінально змінюється у діапазоні 10...18 кг/с за рахунок чого через певний час і виконуються зміна дійсного значення - вологості висушеного жому. Номінальні значення для висушеного жому становлять 12..16 % вологості.

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

3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів для поданнях їх через систему керування на об'єкт керування. 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, при якому необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, та перевірочні данні. Виходячи з цього і складено наступний план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати максимальну амплітуду керуючого впливу (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
 - 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. Розбити весь діапазон керуючого впливу на 5...10 рівних частин. Далі запустити процес реєстрування та поетапно подавати ці значення керуючого впливу на об'єкт керування, поетапно дочекавшись усталеного режиму дійсного значення фіксувати його.

3.3. 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 вплив на рівні 100 %, обов'язково дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення, зафіксувати його.

4.4. Задати керуючий вплив на рівні 0 %, обов'язково дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення, зафіксувати його.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевіірочних даних.

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

5.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу був бажано у 5...10 разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда керуючого впливу змінювалася дискретно (бажано випадково) в діапазоні 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 5...10 інтервалів часу перехідного процесу плюс час затримки.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.4 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив – витрати пари будуть змінюватися дискретно з мінімального можливого значення до максимального, а відповідне дійсне значення – вологість висушеного жому, під впливом керуючого

значення з часом буде теж змінюватися дискретно з максимального значення до мінімального значення.

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

Витрати пари, за технічними параметрами для сушарки DDS NIRO, лінійна регулюється у межах розширеного діапазону керуючого впливу зі значеннями витрати 8...20 кг/с, що становить відповідно повний діапазон регулювання.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму – вологість висушеного жому 18,3 %, керуючий сигнал було встановлено на рівні 12 кг/с (100 %), а після досягнення усталеного режиму – вологість висушеного жому 10,5 % експеримент було закінчено.

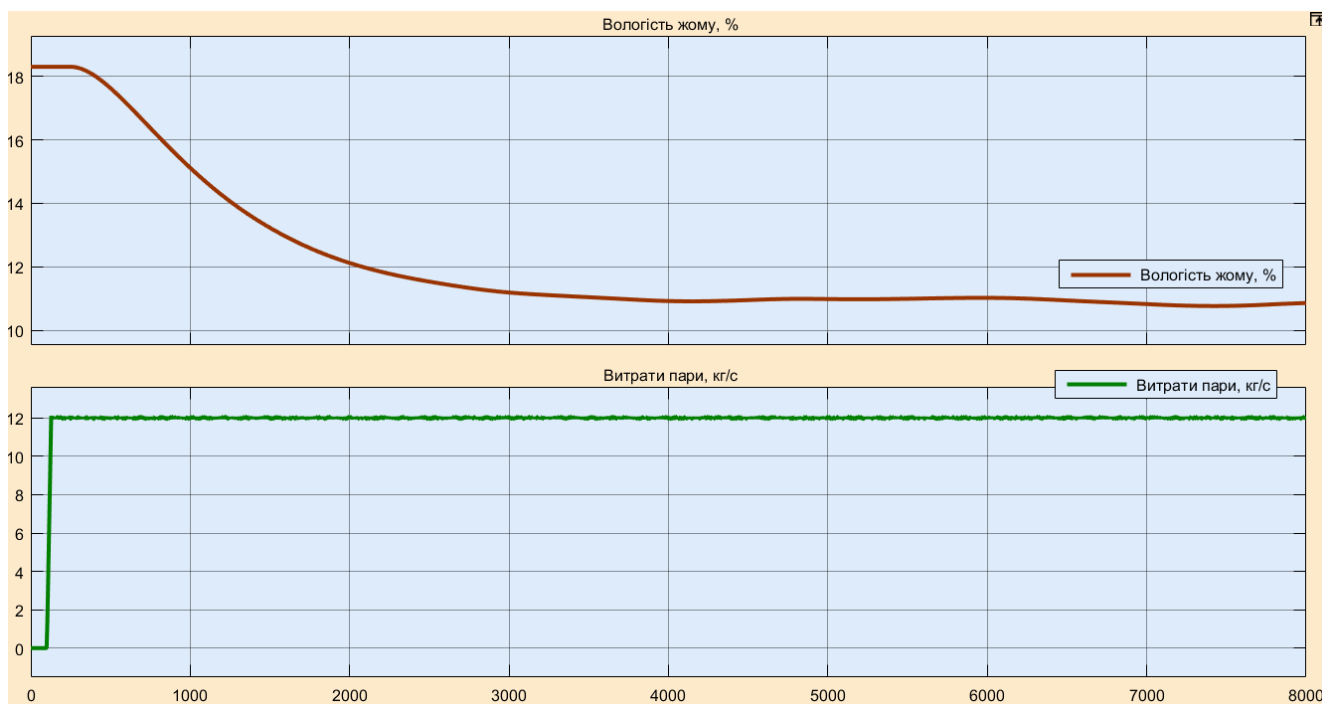


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

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

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 2,4 кг/с (20 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

встановлено керуючий вплив на рівні на рівні 12,0 кг/с (100 %), після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на рівні 0 кг/с (0 %), після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

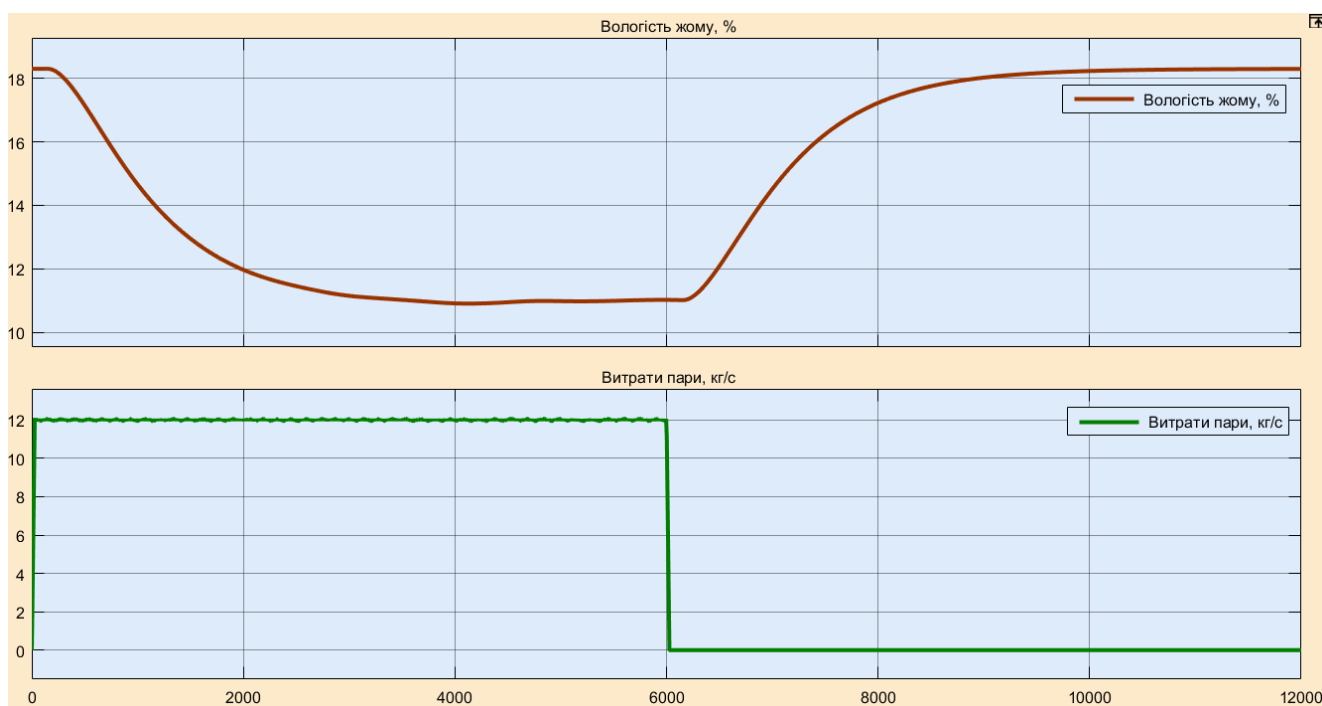


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

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

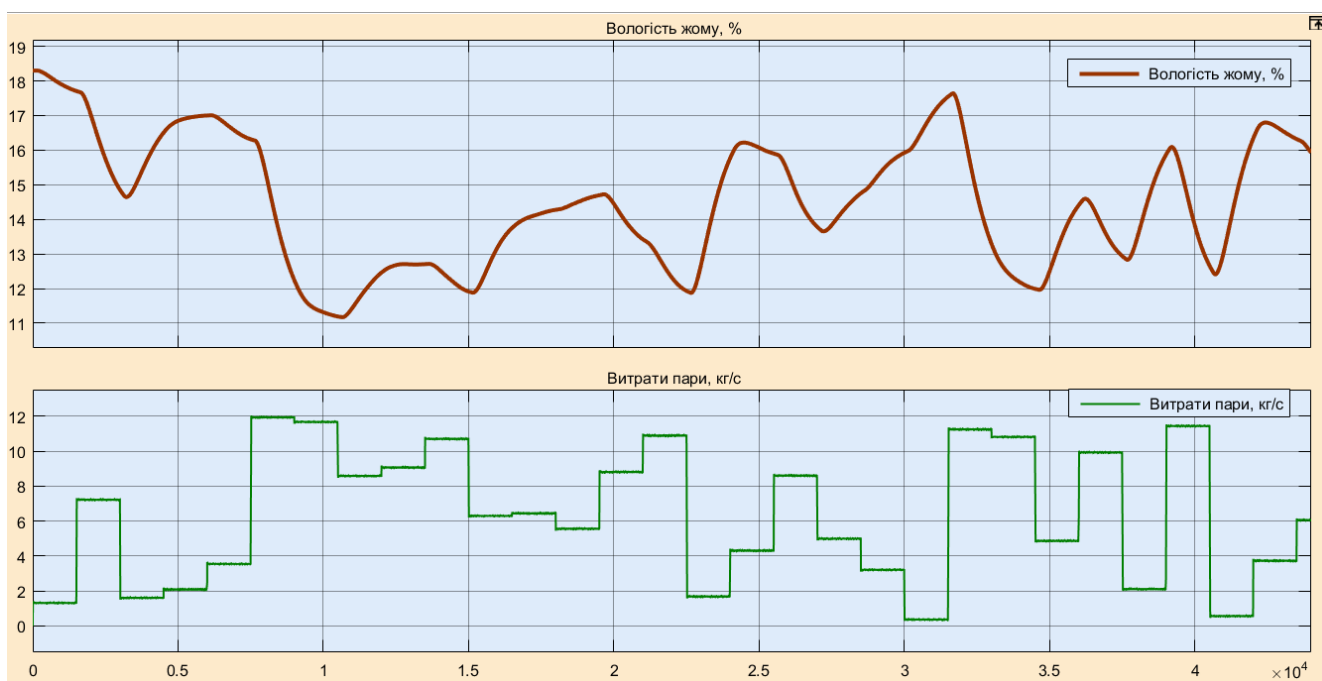


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

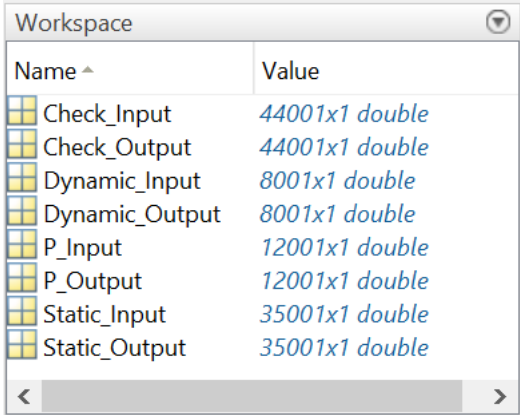
Для цього керуючий вплив було налаштовано на випадкову послідовність в діапазоні 0...12,0 кг/с (0...100 %), з інтервалом зміни 1 500 с (з попереднього аналізу рис. 3.4 маємо - перехідний процес близько 8 000 с, затримка ≈ 154 с, а сама реєстрація відбувалася на протязі 44 000 с.

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

3.5 Обробка результатів експерименту

3.5.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6).



Name ^	Value
Check_Input	44001x1 double
Check_Output	44001x1 double
Dynamic_Input	8001x1 double
Dynamic_Output	8001x1 double
P_Input	12001x1 double
P_Output	12001x1 double
Static_Input	35001x1 double
Static_Output	35001x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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.

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об'єктів типу “iddata”. Та з отриманих даних була видалена статична складова.

На рис. 3.7 та рис. 3.8 показані результати моделювання з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірочної характеристик.

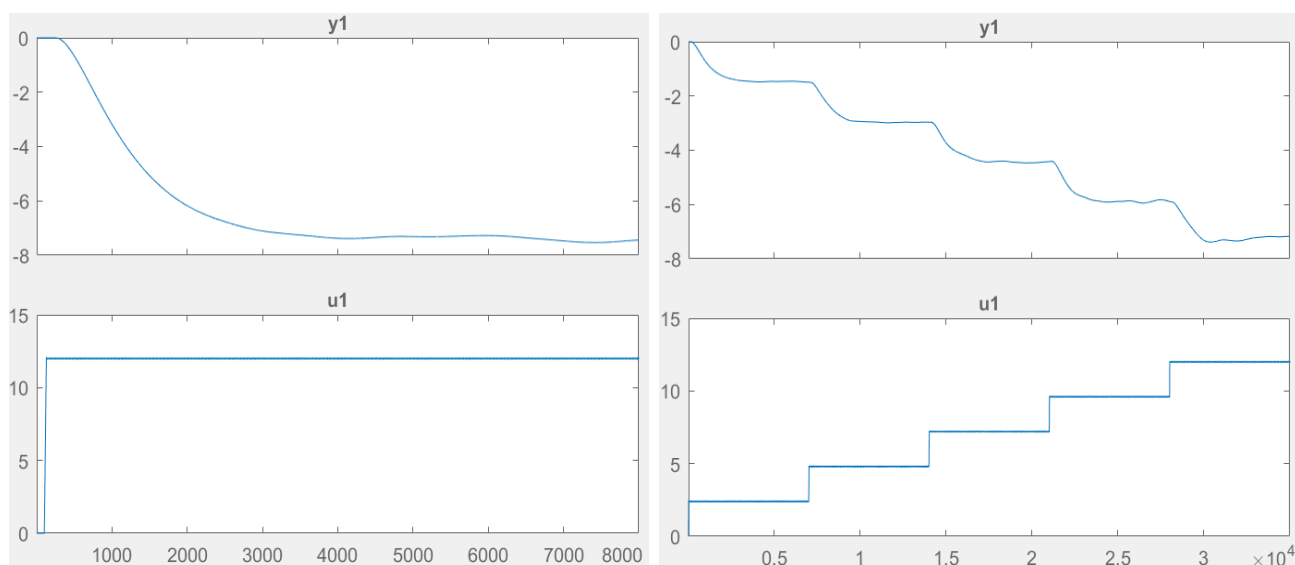


Рисунок 3.7 – Динамічна і статична характеристики з видаленими статичними складовими

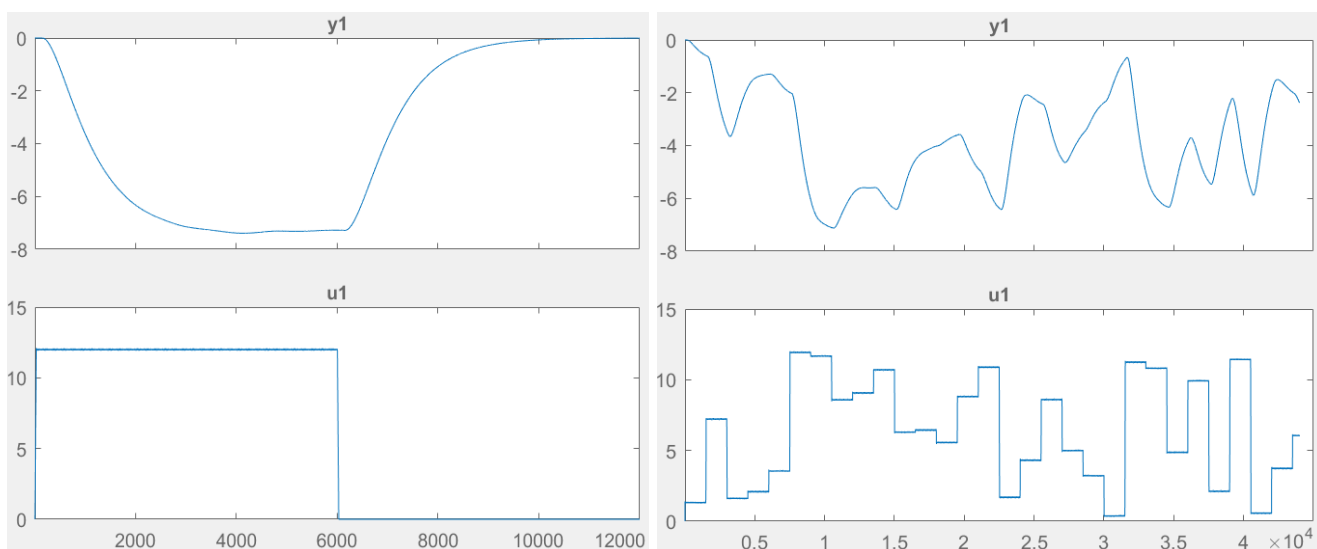


Рисунок 3.8 – П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.5.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.9).

Після подачі керуючого впливу дійсно значне змінюється з значним запізненням, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням - приблизно десь $247 - 102 \approx 145$ с. Це може бути пов'язано з часом розповсюдження гріючої пари від засувки по вдовж паропроводу до теплообмінника, далі проходу зони сушіння до циклону, часу осадження сухого жому у циклоні, часу проходження у жомопроводі до датчику вологості та інерційності самого датчика.

На динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

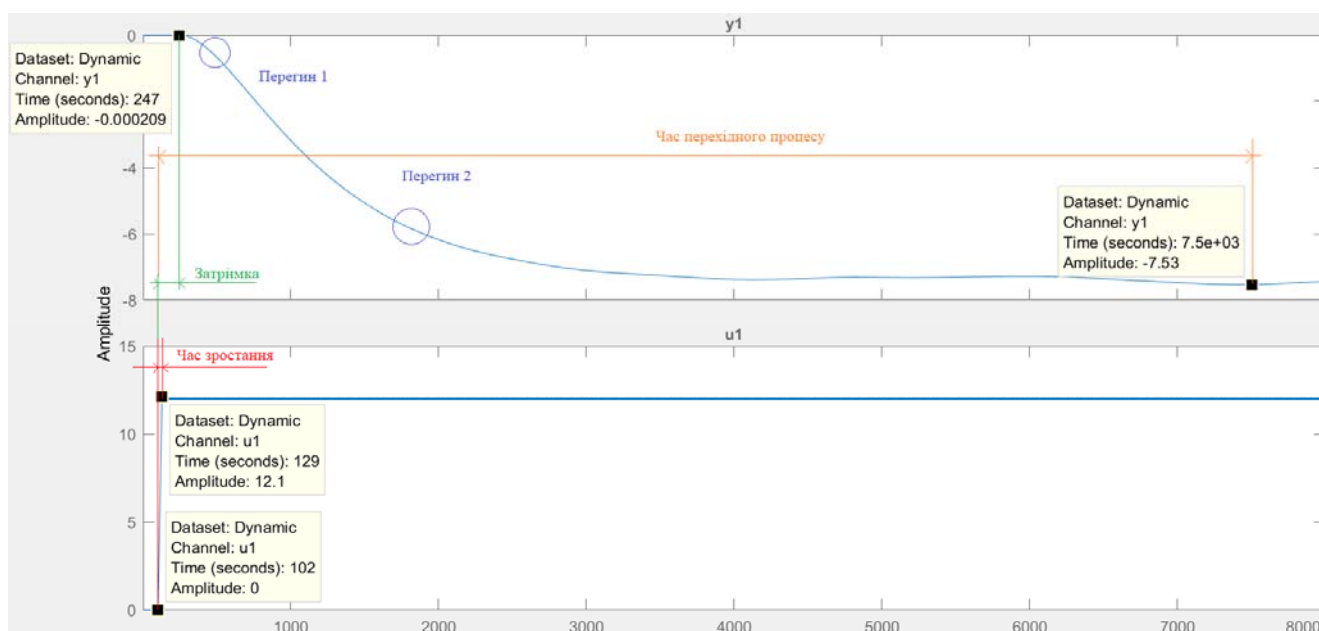


Рисунок 3.9 – Аналіз динамічної характеристики

Коефіцієнт посилення $K \approx -7,53 / 12,1 = -0,622$.

Час перехідного процесу $7\,500 - 145 = 7\,355$ с, а постійна часу $(7\,355) / 5 \approx 1\,470$ с.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.10).

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх точок крім нульових:

Static_Gain =

-0.6398 -0.6247 -0.6160 -0.6105 -0.5975
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 7.08

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 %.

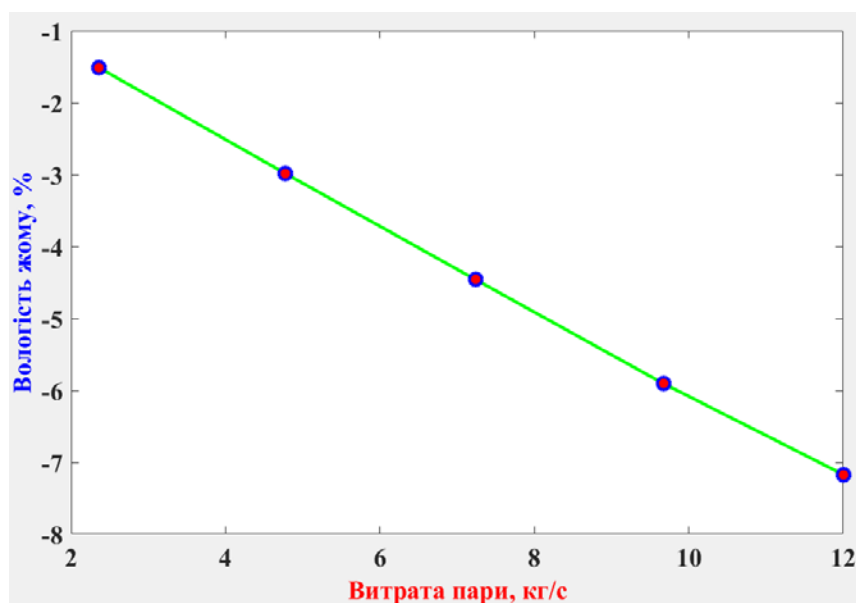
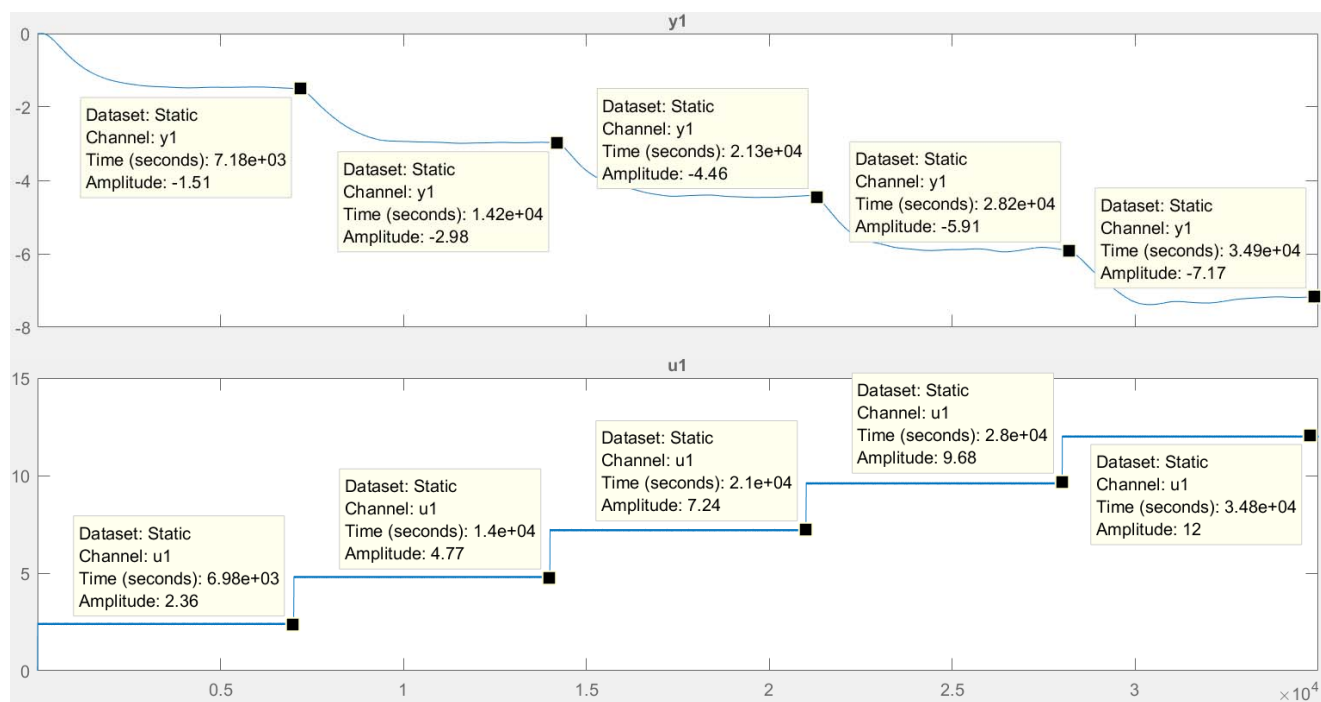


Рисунок 3.10 – Статична характеристика

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.11).

Збільшення керуючого впливу з 0 кг/с (0 %) до 12,0 кг/с (100 %) приводить до відповідного зменшення дійсного значення, а зменшення керуючого впливу з 12,0 кг/с (100 %) до 0 кг/с (0 %) приводить до відповідного збільшення дійсного значення. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

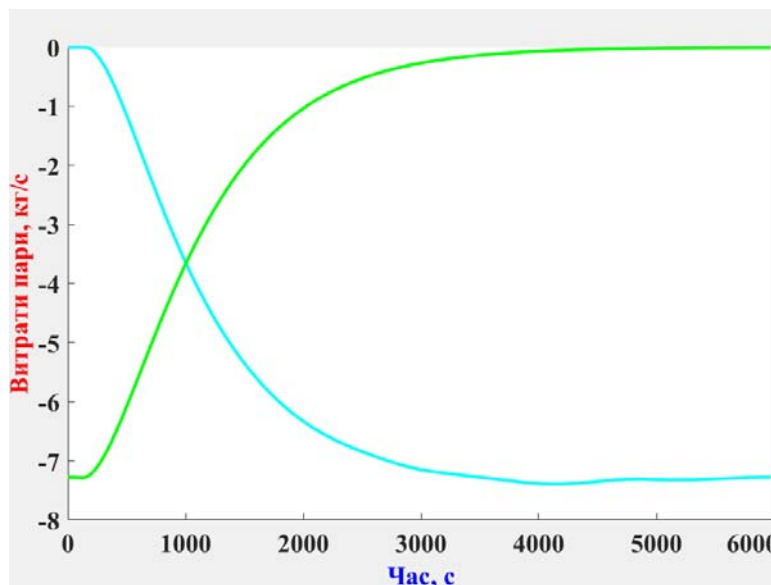


Рисунок 3.11 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика, яка отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду з метою порівняння ділянок підйому та спаду, яке виконувалося через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.92 %

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне 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.

3.5.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.12) 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.

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок першого, другого та третього порядку з запізненням.

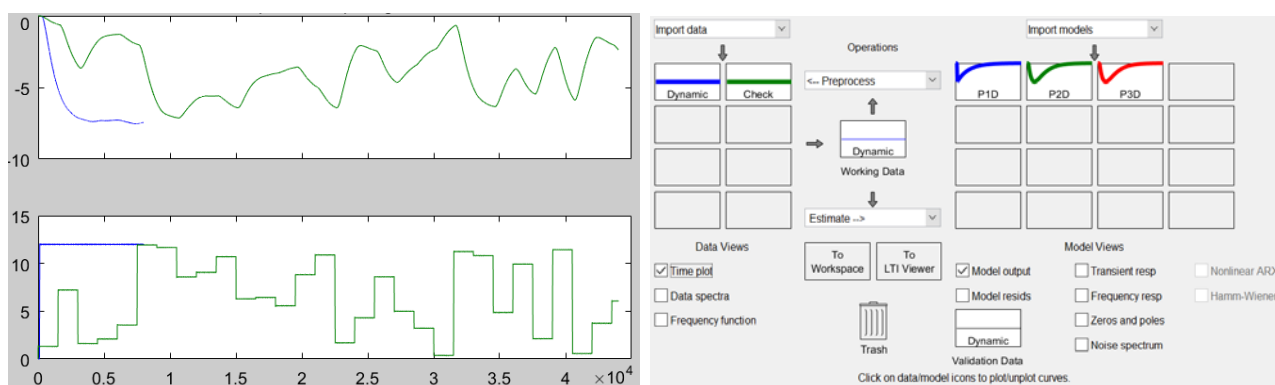


Рисунок 3.12 – Налаштування System Identification Toolbox

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.13 та в табл. 3.1.

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

$$G(s) = \frac{K_p}{1 + T_{p1} s} * \exp(-T_d s)$$

$$\begin{aligned} K_p &= -0.62445 \pm 0.00027525 \\ T_{p1} &= 1034.9 \pm 2.5287 \\ T_d &= 135 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 89.59%
FPE: 0.05052, MSE: 0.05048

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$\begin{aligned} K_p &= -0.61651 \pm 8.1063e-05 \\ T_{p1} &= 733.57 \pm 1.9504 \\ T_{p2} &= 332.35 \pm 1.6004 \\ T_d &= 135 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 97.27%
FPE: 0.003482, MSE: 0.003479

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$\begin{aligned} K_p &= -0.61637 \pm 8.4383e-05 \\ T_{p1} &= 719.89 \pm 3.1423 \\ T_{p2} &= 354.56 \pm 4.0375 \\ T_{p3} &= 0.49392 \pm 4.9415 \\ T_d &= 135 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 97.25%
FPE: 0.003527, MSE: 0.003521

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P1D, P2D та P3D до перевірочних даних Check, отриманих на об'єкті керування, наведена на рис. 3.13 та представлена у табл. 3.1.

Аналіз відмінностей між оцінками отриманих моделей по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P2D (97,27 %) та P3D (97,25 %), а помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D і P3 майже однакова (0,003527 / 0,003482 \approx 1).

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними. Найкращий показник має модель P2D з показником НСКП відповідності за перевірочними даними у 96,35 %.

Виходячи з усього, що наведено вище можна стверджувати, що обрана модель P2D має достатню відповідність до перевірочних даних, яка значно більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

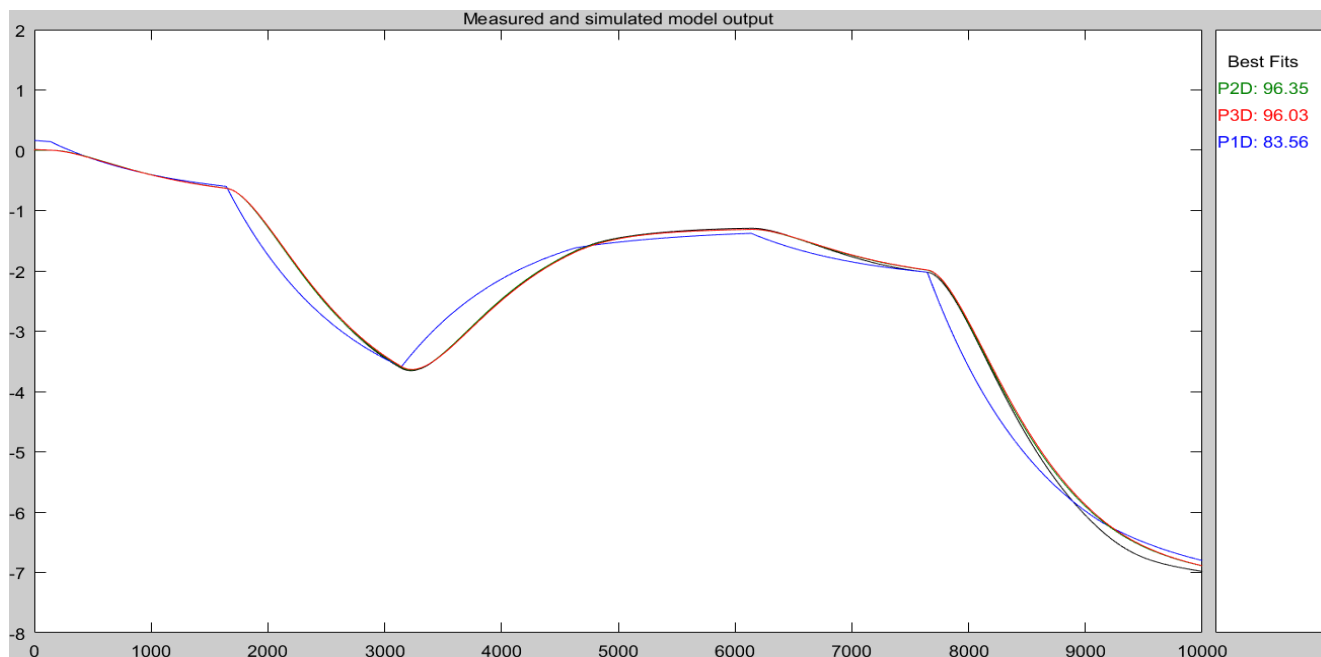


Рисунок 3.13 – Перевірка результатів розрахунків

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

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
k	-0,62445	-0,61651	-0,61637
T_1, c	1034,9	733,57	719,89
T_2, c	-	332,35	354,56
T_3, c	-	-	0,49392
τ	135	135	135
НСКП, %	89,59	97,27	97,25
ПОП	0,05052	0,003482	0,003527
СКП	0,05048	0,003479	0,003521
НСКП, %	83,56	96,35	96,03

Для параметричної перевірки обраної моделі можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою (рис. 3.9) коефіцієнт посилення - 0,622, час перехідного процесу складає близько біля ~ 7355 с, постійна часу

1 470 с, затримка близько 145 с. Для отриманої моделі другого порядку коефіцієнт посилення дорівнює 0,61651, постійна часу становить $733,57 + 332,35 = 1\,065,92$ с, а затримка 135 с, що додатково підтверджує, що об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 96,3 %:

$$W(s) = \frac{-0,616 \cdot e^{-135s}}{(734s + 1) \cdot (332s + 1)} \quad (3.2)$$

3.5.4 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. 3.14).

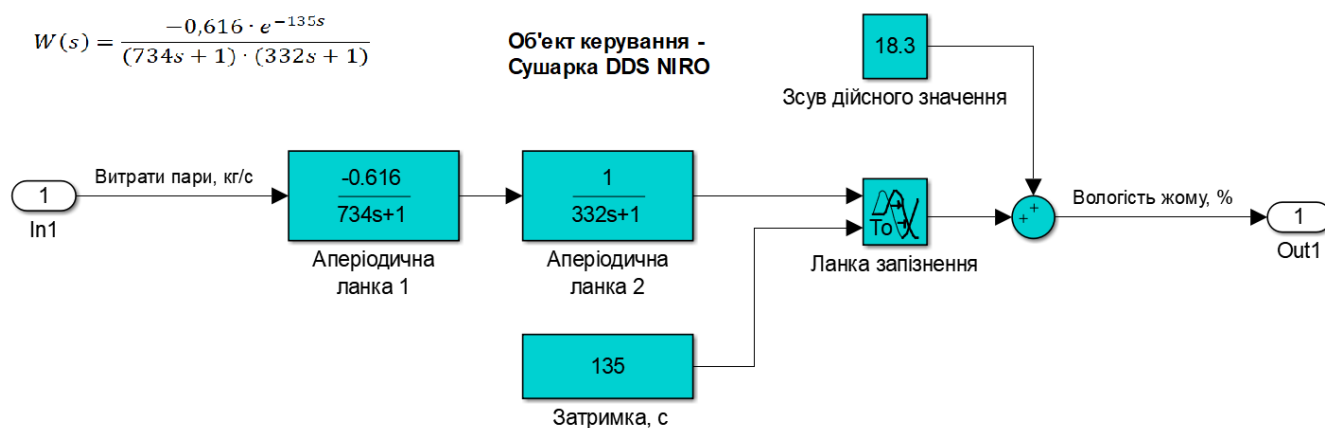


Рисунок 3.14 – Модель об'єкта керування (сушарка DDS NIRO)

При налаштуванні час моделювання задано 44 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На виході додано статичний зсув характеристики дійсного значення, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування: для мінімально-можливої витрати пари вході моделі об'єкту

керування 8 кг/с (керуючий вплив 0 %), вологість жому максимальна і становить 18,3 % (дійсне значення).

На рис. 3.15 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність. На вихід моделі P2D доданий статичний зсув дійсного значення, який відповідає за початкове значення дійсного значення – вологість жому 18,3 % при початковому вхідному сигналі 8 кг/с (фактичне значення 0 % – мінімально можлива витрата пари).

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

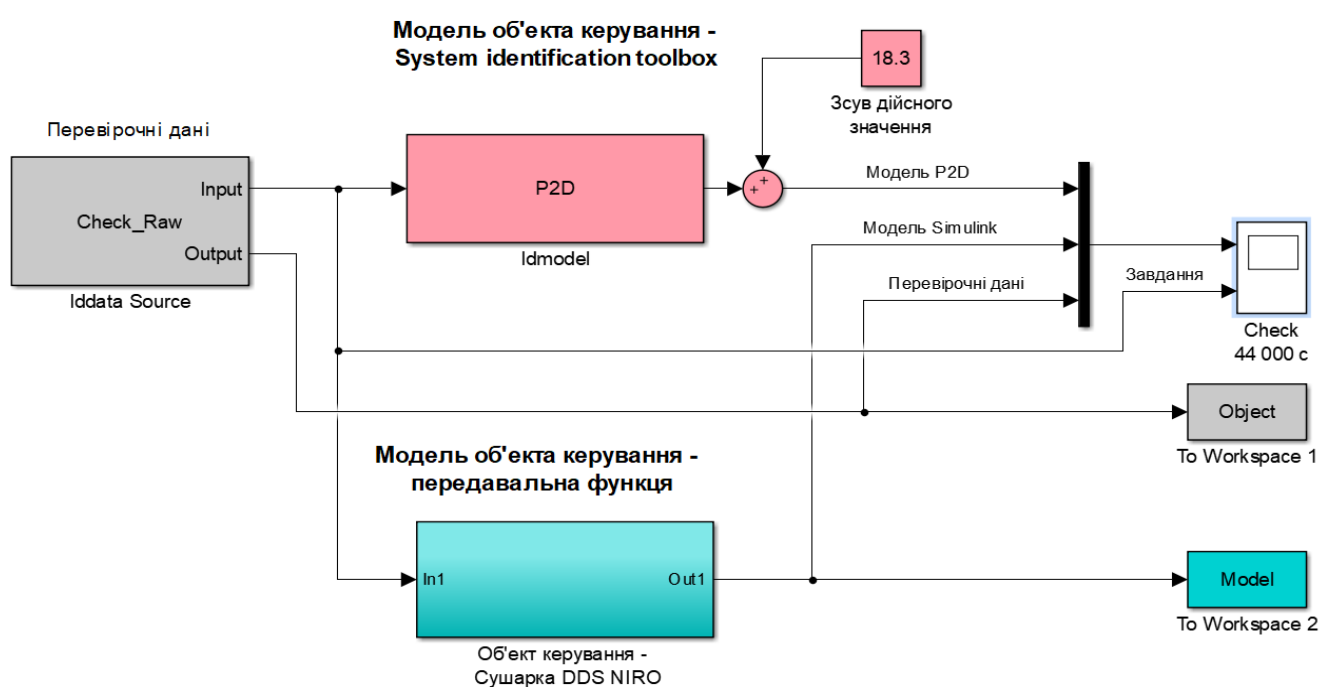


Рисунок 3.15 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

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).

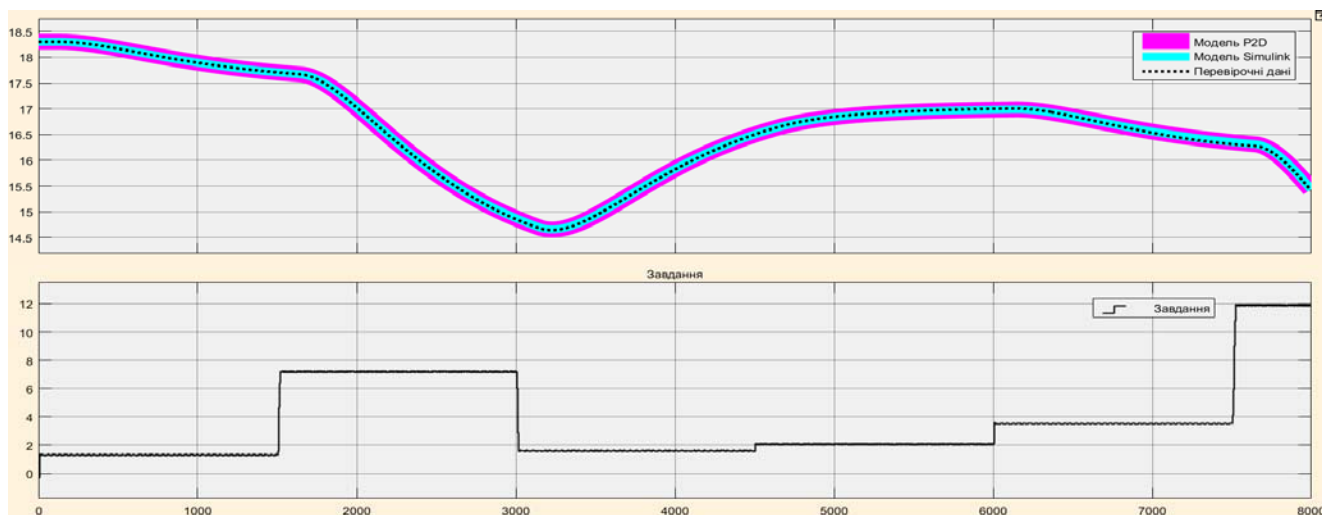


Рисунок 3.16 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.5.5 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.

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.998

Статистичний критерій Фішера: 43714797.005

Критичне значення статистики Фішера: 2.706

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 близький до 1,0. Статистичний критерій Фішера 43714797 більший критичного значення 2,706, тобто 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.

3.6 Розробка схеми моделі засувки

Для регулювання витрат пари використовуються засувка. За технічними характеристиками засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 з електроприводом (~220 В/ 0,5 кВт) час повного відкриття / закриття засувки складає 45 с.

Комутація напрямку обертів електричного приводу засувки здійснюється за допомогою дискретних модулів твердотільних реле SSR-240A10.

Вимірювання витрати пари здійснюється за допомогою вихрового витратоміра Siemens SITRANS FX300.

Відповідно з цією інформацією складена схема засувки, яка представлена блоком інтегрування та аперіодичною ланкою першого порядку (рис. 3.17).

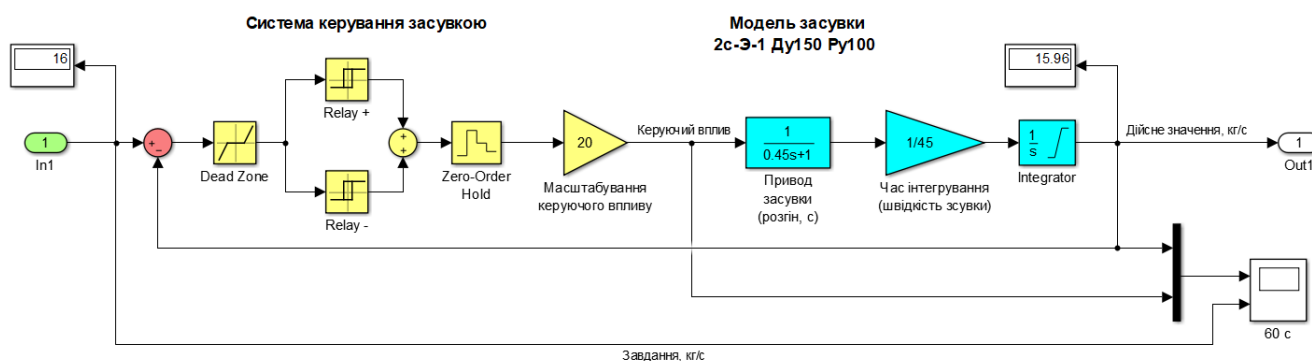


Рисунок 3.17 – Схема моделі засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100

Система керування засувкою представлена блоком з зоною нечутливості та двома релейними блоками - реверсивними дискретними сигналами, відповідно на відкриття та закриття засувки. Графік роботи моделі засувки показано на рис. 3.18.

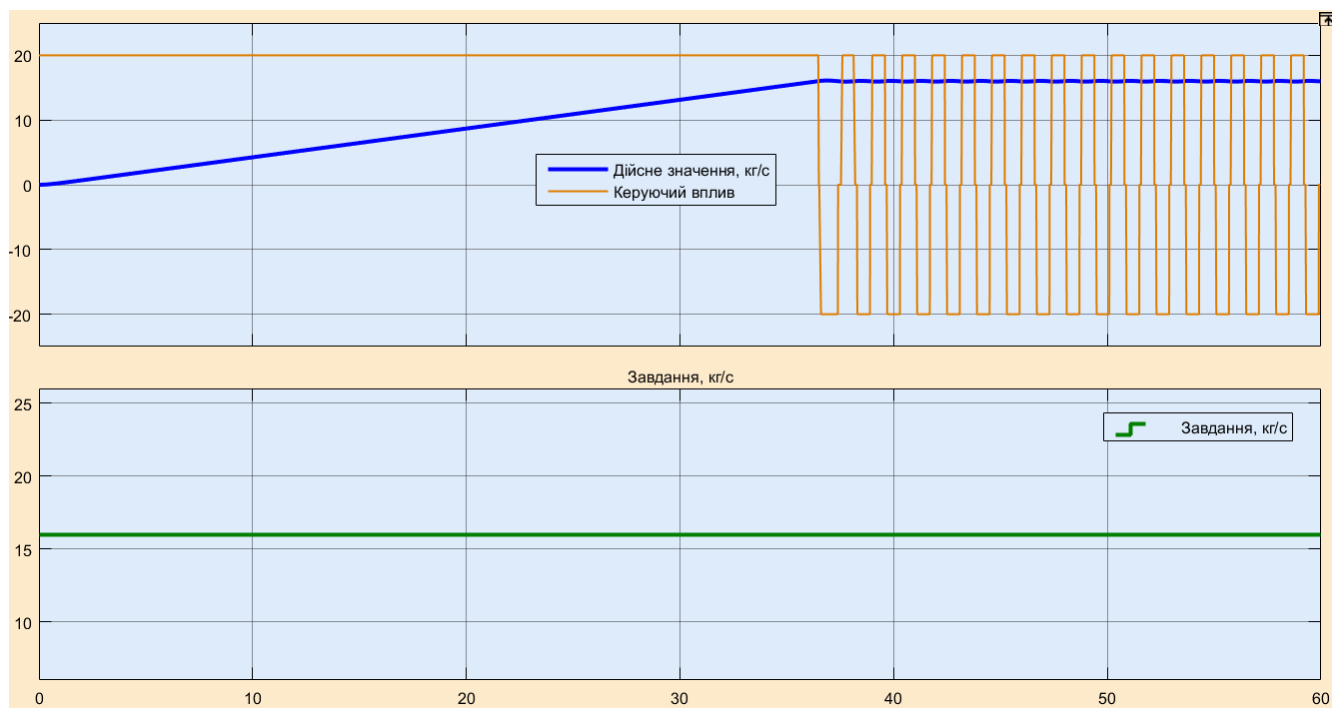


Рисунок 3.18 – Результат моделювання засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100

3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рис. 3.19, яка складається з моделі засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 (рис. 3.17) та моделі сушарки DDS NIRO (рис. 3.14).

Результат моделювання динамічної характеристики для остаточної комплексної моделі об'єкта керування наведено на рис. 3.20.

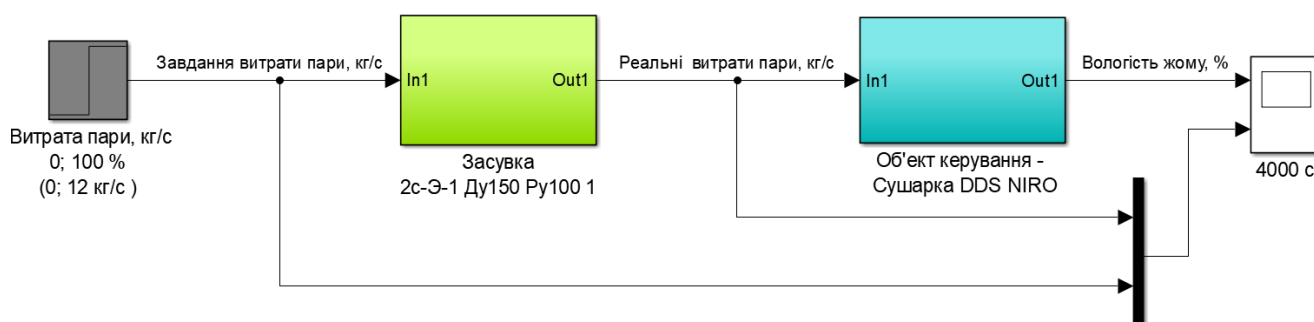


Рисунок 3.19 - Остаточна комплексна модель об'єкта керування



Рисунок 3.20 - Динамічна характеристика остаточної комплексної моделі об'єкта керування

3.8 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 з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування - сушарки DDS NIRO відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення $-0,616$, постійні часу 734 с та 332 с, а запізнення становить 135 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у $96,3$ %, сильний кореляційний зв'язок $1,0$ та статистичний критерій Фішера 43714797 значно більшу критичного значення $2,706$. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

В системі керування враховані технічні параметри з швидкодії засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 і розроблена відповідна модель.

Таким чином остаточною моделлю об'єкта керування складається з моделі засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 та моделі сушарки DDS NIRO .

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена 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.

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 - сушарки DDS NIRO, яка використовується для сушки бурякового жому на цукровому заводі у м. Радехів (Львівська обл.).

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування обрано один з енергоємних пристроїв технологічної ланки з виробництва бурякового цукру на заводі у м. Радеків (Львівська обл.) – парову сушарку бурякового жому DDS NIRO.

Буряковий жом з 80...85 % вологою направляється в прес для зневоднення, де його вологість буде знижена до 60...65 %, потім він подається в сушарку спеціальним герметичним шнековим транспортером.

Герметична парова сушарка зроблена таким чином, що дрібні частинки, які дуже швидко висихають, мають коротший час перебування, ніж більші частинки. Оскільки під час сушіння немає кисню, маємо кормовий продукт легкого засвоєння у організмі тварин з приємним виглядом. Сушіння жому здійснюється приблизно до 88...92 % складу сухої речовини. Досягнута якість продукції краща, ніж у традиційної барабанної сушильної установки з топковими газами, тому що на висушеному матеріалі не осідають частинки сажі або важкі метали. Завдяки відпрацюванню заводу не відбуватиметься скидання частинок пилу в атмосферу. Пил, що утворюється при сушінні, змішується частково з продуктом і частково з конденсатом і далі цей пил буде знов введено знов у процес.

Бажана економія енергоресурсів забезпечується тим, що киплячий шар замінює роторну барабанну сушарку, і вихідна рідина при більш високій температурі і тиску та теплотворній здатності може бути використана повторно. Тобто перегріта пара, вироблена шляхом проходження через теплообмінник, забезпечена парою високого тиску, що протікає через киплячий шар, і парою низького тиску, що виходить з сушарки, яка і може бути повторно використана в якості теплоносія на заводі, замість палива. Крім енергозберігаючого методу застосування сушарки знизить вплив на навколишнє середовище.

В порівнянні з іншими традиційними способами сушіння, якість висушеного жому буде значно поліпшена.

Сучасна система керування наступні переваги:

- підвищення якості керування технологічними параметрами;
- підвищення інформативності керування;
- підвищення надійності роботи обладнання;
- підвищення безпеки праці;
- обмін інформацією з іншими системами керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування

Розрахуємо капітальні витрати:

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

де $K_{ПКВ}$ – проектні капітальні витрати, грн.; $C_{ОБ}$ – вартість основного та допоміжного обладнання, грн.; $D_{ТР}$ – транспортно-заготівельні витрати, грн.; $M_{МН}$ – витрати на монтаж і налагодження системи, грн.; $K_{ПЗ}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат $C_{ОБ}$ [4...13]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Модуль ПЛК VIPA 214-2BS33	од.	1	32 774,40	32 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	24 149,30	48 298,60
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	16 740,30	16 740,30
4	Модуль функціональний 250-1BS00	од.	1	23 710,50	23 710,50
5	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	28 045,50	28 045,50
6	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	42 335,80	42 335,80
7	Датчик тиску SITRANS P Compact	од.	1	16 321,45	16 321,45
8	Датчики витрат вихровий Siemens SITRANS FX300	од.	1	47 570,00	47 570,00
9	Датчик витрат мікрохвильовий ENVEA SolidFlow 2.0	од.	1	48 570,00	48 570,00
10	Датчик температури SITRANS T TW	од.	2	42 298,76	84 597,52
11	Датчик вологи UBX PCE Instruments PCE-MWM 240	од.	1	44 133,76	44 133,76
12	Енкодер E40H 012 2000 2 N 24	од.	1	23 871,00	23 871,00
13	Реле твердотільне SSR-240A10	од.	2	1 276,00	2 552,00
14	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	2 200,00	4 400,00
15	Шафа монтажна	од.	1	14 000,00	14 000,00
16	Монтажні дроти	м	60	8,50	510,00
17	Мережний кабель	м	220	22,00	4 840,00
18	Програмне забезпечення	разом	1	80 000,00	80 000,00
	Разом				563 270,83

Вартість основного та допоміжного обладнання складає
 $C_{\text{ОБ}} = 563\,270,83$ грн.

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

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 563\,270,83 \cdot 0,08 = 45\,061,67 \text{ (грн.)}$$

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

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 563\,270,83 \cdot 0,07 = 39\,428,96 \text{ (грн.)}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) розраховується як:

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

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.); $t_{\text{Н}}$ – 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 (виходячи з програмного забезпечення розробленого на мові Structured Text типове значення має діапазон

300... 600, приймаємо $q = 450$); c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,5$); p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 450 * 1,5 * (1 + 0,35) \approx 912$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 52$ (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 $B = 1,6$); k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 912 * 1,6 / (80 * 1,3) \approx 15 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 912 / (20 * 1,35) \approx 34 \text{ (люд. – год.)}.$$

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:

$$t_n = 912 / (20 * 1,35) \approx 34 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 912 / (4 * 1,35) \approx 169 \text{ (люд. –год.)}.$$

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:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 912 / (15 * 1,35) \approx 46 \text{ (люд. –год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (4.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 46 = 35 \text{ (люд. –год.)}.$$

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

$$t_g = 46 + 35 = 81 \text{ (люд. –год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 52 + 15 + 34 + 34 + 169 + 81 = 385 \text{ (люд. –год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

$$K_{пз} = Z_{зп} + Z_{мі}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $Z_{зп}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ, грн.; $Z_{мі}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ, грн.

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{пр}, \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{пр} = 157,00$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{зп} = 385 * 157,00 = 60\,445,00 \text{ грн.},$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{мі} = t_n \cdot C_{мч}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{мч}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{мч} = 18,5$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{мі} = 34 * 18,5 = 629,00 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$К_{пз} = 60\,445,00 + 629,00 = 61\,074,00 \text{ грн.}$$

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.)).

$$T = 385 / (1 * 176) = 2,2 \approx 2,5 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$\begin{aligned} K_{пкв} &= 563\,270,83 + 45\,061,67 + 39\,428,96 + 61\,074,00 \approx \\ &\approx 708\,835,46 \text{ грн.} \end{aligned}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_з + C_c + C_{ро} + C_{еe} + C_{інш}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; $C_з$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соціальні заходи, грн.; $C_{ро}$ – 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 проектової системи керування складає:

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

Сума амортизації для проектової і базової системи становить:

$$C_a = 708\,835,46 \cdot 40 / 100 = 283\,534,19 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_3, \quad (4.20)$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника, год.; T_K – календарний фонд робочого часу, днів ($T_K = 365$); $T_{ВС}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{ВС} = 114$); T_B – відпустка, днів ($T_B = 21$); T_3 – тривалість зміни, год ($T_3 = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

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

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну, 1 інженер-технолог та 1 наладчик електроустаткування на добу. Процес безперервний – 3 зміни на добу.

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	125,05	1 840	690 276,00	55 222,08	48 319,32	793 817,40
2	Інженер-технолог	1	145,50	1 840	267 720,00	21 417,60	18 740,40	307 878,00
3	Наладчик	1	115,40	1 840	212 336,00	16 986,88	14 863,52	244 186,40
Разом								1 345 881,80

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,345\,881,80 \text{ грн.}$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,345\,881,80 = 296\,094,00 \text{ грн.}$$

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:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot 708\,835,46 = 35\,441,78 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

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

де K_e – кількість електроенергії, спожите 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 2,86 грн. · кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,86 \cdot 1,2 = 3,432$ (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,75 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3,432 = 22\,548,24 \text{ грн.}$$

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:

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{ІНШ} = 0,04 \cdot 1\,345\,881,80 = 53\,835,28 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 283\,534,19 + 1\,345\,881,80 + 296\,094,00 + 35\,441,78 + 22\,548,24 \\ + 53\,835,28 = 2\,037\,335,29 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	283 534,19
2	Фонд заробітної плати	1 345 881,80
3	Відрахування на соціальні виплати	296 094,00
4	Ремонт та технічне обслуговування	35 441,78
5	Електроенергія	22 548,24
6	Інше	53 835,28
7	Загалом	2 037 335,29

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 710 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці при роботі в лабораторії

Лабораторні дослідження проводяться з малими кількостями речовин, що знижує небезпеку роботи та ймовірність нещасних випадків, але не виключає їх повністю. Кожний працюючий в лабораторії повинен чітко вивчити інструкції з техніки безпеки, розроблені на основі загальних «правил з техніки безпеки і суспільної санітарії при роботі в хімічних лабораторіях закладів вищої освіти». Крім того, необхідно засвоїти правила пожежної безпеки та заходи надання першої допомоги при нещасних випадках. Варто ознайомитися з наявними в лабораторії засобами пожежогасіння та знати їх місце знаходження. Перед початком роботи в хімічній лабораторії проводиться інструктаж з техніки безпеки, після чого робиться запис у відповідному журналі.

5.1.1 Загальні вимоги при роботі в лабораторії

Загальна організація роботи з охорони праці лабораторії доручається керівника лабораторії. Керівник лабораторії зобов'язаний організувати навчання та проведення інструктажу працівників лабораторії з техніки безпеки.

До роботи в хімічній лабораторії допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичну комісію, навчання та атестовані за правилами техніки безпеки під час роботи з агресивними середовищами.

Лаборанти допускаються до роботи за наявності таких засобів індивідуального захисту:

- халат бавовняний;
- рукавички гумові;
- окуляри захисні.

Приміщення лабораторії має бути обладнане протипожежним інвентарем (пожежний рукав зі стволем, вогнегасники). Відповідальним за протипожежний стан наказом призначається керівник лабораторії.

У приміщенні лабораторії має бути розроблена та затверджена схема евакуації персоналу на випадок пожежі або ін. надзвичайних ситуацій. Двері евакуаційних виходів повинні відчинятися назовні.

Лабораторія повинна бути обладнана припливно-витяжною вентиляцією, мати водопровід, каналізацію, підведення газу та електроенергії, центральне опалення та гаряче водопостачання. Крім загальної вентиляції, приміщення лабораторії має бути обладнане вентиляційними пристроями для відсмоктування повітря з витяжних шаф. Швидкість руху повітря в перерізі відкритих на 0,15...0,3 м ступок шафи повинна бути не менше 0,7 м/с та не менше 1,5 м/с при роботі з особливо шкідливими речовинами.

Кількість реактивів, що легко займаються і горючих рідин у лабораторії не повинна перевищувати добової потреби.

На кожному посудині з хімічною речовиною повинна бути наклеєна етикетка з чітким найменуванням речовини, що міститься в ньому, і зазначенням його концентрації. На судинах з отруйними речовинами, крім того, має бути напис "отрута".

Усі отруйні речовини необхідно зберігати у металевому сейфі.

Отруйні речовини повинні видаватися для роботи з письмового дозволу начальника лабораторії. На витрачену кількість отруйних речовин має складатися акт.

5.1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

До початку роботи перевірити стан робочого місця, інвентарю, і навіть чистоту робочого місця.

Одягнути покладений спецодяг та інші засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Включити припливно-витяжну вентиляцію за 30 хв. до початку роботи.

5.1.3 Вимоги безпеки під час роботи

Виконувати лише ту роботу, яку Вам доручив керівник лабораторії.

При виконанні робіт з підвищеною небезпекою, при роботі в нічний та вечірній час у лабораторії має бути не менше 2-х осіб, при цьому одна призначається старшою.

При роботі з концентрованими кислотами та лугами без захисних пристроїв (окуляри, рукавички) виконання робіт забороняється. При роботі з димною азотною кислотою з питомою вагою 1,15...1,52, а також з олеумом, крім окулярів та гумових рукавичок слід одягати гумовий фартух.

При перемішуванні концентрованих розчинів їдких лугів необхідно надягати захисні окуляри, а при великих кількостях розчинів - також гумові рукавички та прогумований фартух.

При розколюванні великих шматків їдких лугів необхідно обгорнути шматки тканиною або папером, надіти захисні окуляри та на голову пов'язати косинку.

Концентрована азотна, сірчана та соляна кислоти повинні зберігатися в лабораторіях у товстостінному скляному посуді, ємністю не більше 2 літрів, у витяжній шафі, на піддонах. Склянки з димною азотною кислотою слід зберігати у спеціальних ящиках із нержавіючої сталі.

Їдкі рідини слід розливати за допомогою скляних сифонів з грушою або інших будь-яких нагнітальних пристосувань.

Розлив концентрованих азотної, сірчаної та соляної кислот і робота з ними повинна проводитися тільки при включеній тязі у витяжній шафі. При цьому дверцята витяжних шаф повинні бути прикриті.

Робота з перенесення кислот і лугів виконуються особами, спеціально навченими, при цьому вони повинні дотримуватися таких правил:

- перенесення кислот однією людиною дозволяється у відповідній скляній тарі місткістю не більше 5 л у спеціальних кошиках або відрах;
- бутлі ємністю понад 5 л з кислотами та розчинами лугів повинні поміщатися у міцні кошики, причому вільні проміжки заповнюються соломною або стружкою та переносяться двома працівниками.

У місцях зберігання азотної кислоти не можна допускати скупчення пилу, соломи та ін. Займистих речовин.

При розведенні сірчаної кислоти слід повільно приливати у воду. Добавку води до кислоти категорично забороняється. Цю операцію слід проводити у фарфорових склянках, так як вона супроводжується сильним нагріванням.

Застосування як сифон гумових шлангів для переливання концентрованих кислот забороняється.

Категорично забороняється набирати кислоти та луги у піпетки ротом. Для цього слід застосовувати гумову грушу.

Злив відпрацьованої кислоти або лугу у каналізацію допускається лише після попередньої нейтралізації.

У лабораторії має бути аптечка з набором медикаментів для надання долікарської допомоги.

5.1.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Якщо кислота або луг, випадково, буде пролита, її спочатку засипають піском, щоб він їх увібрав. Потім пісок прибирають і місце, де була розлита кислота, луг засипають вапном або содою, а потім замивають водою і витирають насухо.

При хімічному опіку уражене місце відразу ж промити великою кількістю проточної холодної води з-під крана, гумового шлангу або відра протягом 15 - 20 хв. Якщо кислота або луг потрапила на шкіру через одяг, спочатку треба змити її водою з одягу, після чого промити шкіру.

При попаданні на тіло людини сірчаної кислоти у вигляді твердої речовини необхідно видалити її сухою ватою або шматочком тканини, а потім ретельно промити водою. При хімічному опіку повністю змити хімічні речовини не вдається. Тому після промивання уражене місце обробляють розчином питної соди (одна чайна ложка на склянку води).

При попаданні бризок лугу або пари в очі та порожнину рота необхідно промити уражені місця великою кількістю води, а потім розчином борної кислоти (0,5 чайної ложки кислоти на склянку води).

При попаданні кислоти або луку у стравохід терміново викликати лікаря швидкої допомоги. Не можна промивати шлунок водою. Хороший ефект дає прийом внутрішньо молока, яєчного білка, олії, розчиненого крохмалю.

5.1.5 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення робочого дня кожен працівник лабораторії зобов'язаний перевірити та упорядкувати своє робоче місце, прилади та апарати, відключити вентиляцію, перевірити закриття кранів газових пальників, всіх електронагрівальних приладів, закриття водяних кранів, вікон. Перевірити, чи не залишилося неприбраної промасленої ганчірки (ганчірки). Вимкнути освітлення.

5.2 Техніка безпеки при роботі на комп'ютерах

5.2.1 Загальні вимоги безпеки при роботі з комп'ютером та іншою оргтехнікою

До самостійної роботи з комп'ютером, ноутбуком, принтером, ксероксом, сканером, плазмовою панеллю, LCD-дисплеєм та іншою оргтехнікою допускаються особи, які досягли 18 річного віку, пройшли медичний огляд, ознайомлені з інструкцією з охорони праці при роботі з оргтехнікою, не мають протипоказань за станом здоров'я.

Під час роботи на комп'ютері та іншій оргтехніці студент може піддатися впливу наступних небезпечних та шкідливих факторів:

- електрострум і випромінювання;
- перенапруження зору під час роботи з електронними пристроями, монітором, особливо при нераціональному розташуванні екрана по відношенню до очей.

Освітлювальні установки повинні забезпечувати рівномірне освітлення і не повинні утворювати засліплюючих відблисків на клавіатурі, а також на екрані монітора за напрямом очей.

При роботі з комп'ютером, принтером, ксероксом та іншою периферійною технікою не допускається розташування робочого місця в приміщеннях без природного освітлення, без наявності природної або штучної вентиляції.

Робоче місце з комп'ютером та оргтехнікою повинно розміщуватися на відстані не менше 1м від стіни, від стіни з віконними отворами - на відстані не менше 1,5 м.

Кут нахилу екрана монітора або ноутбука по відношенню до вертикалі повинен складати 10...15 °, а відстань до екрана – 500...600 мм.

Кут зору екрана повинен бути прямим і становити 90 °.

Для захисту від прямих сонячних променів повинні передбачатися сонцезахисні пристрої (плівка з металізованим покриттям, регульовані жалюзі з вертикальними панелями та інш.).

Освітлення повинно бути змішаним (природним та штучним).

У приміщенні кабінету і на робочому місці необхідно підтримувати чистоту і порядок, проводити систематичне провітрювання.

Про всі виявлені під час роботи несправності обладнання необхідно доповісти керівнику, у випадку поломки необхідно припинити роботу до усунення аварійних обставин. При виявленні можливої небезпеки, попередити оточуючих та негайно повідомити керівнику; утримувати в чистоті робоче місце, не захащувати його сторонніми предметами.

Про нещасний випадок очевидець, працівник, який його виявив, або сам потерпілий повинні доповісти безпосередньо керівникові установи і вжити заходів з надання медичної допомоги.

Особи, винні в порушенні вимог до даною інструкції з охорони праці при роботі з комп'ютером, принтером, ксероксом та іншою оргтехнікою, притягаються до дисциплінарної відповідальності у відповідності з чинним законодавством.

5.2.2 Вимоги безпеки перед початком роботи з оргтехнікою

Оглянути і переконатися у справності обладнання, електропроводки. У разі виявлення несправностей, до роботи не приступати. Повідомити про це керівника і, тільки після усунення несправностей і його дозволу, приступити до роботи.

Перевірити освітлення робочого місця, за необхідності, вжити заходів до його нормалізації.

Перевірити стан електричного шнура і вилки.

Перевірити справність вимикачів та інших органів управління персональним комп'ютером та оргтехніки.

При виявленні будь-яких несправностей, комп'ютер та оргтехніку не вмикати і негайно повідомити про це завідувача дошкільним навчальним закладом.

Ретельно провітрити приміщення з персональним комп'ютером та оргтехнікою, переконатися, що мікроклімат у приміщенні знаходиться в допустимих межах: температура повітря в холодний період року 22...24°C, в теплий період року 23...25°C, відносна вологість повітря 40...60 %.

Включити монітор і перевірити стабільність і чіткість зображення на екрані, переконатися у відсутності запаху диму від комп'ютера та оргтехніки.

5.2.3 Вимоги безпеки під час роботи оргтехнікою

Вмикайте і вимикайте комп'ютер, ноутбук та іншу оргтехніку тільки вимикачами. Не допускати до комп'ютера та оргтехніки сторонніх осіб, які не беруть участі в роботі.

Забороняється:

- проводити вимкнення витягуванням вилки з розетки;
- знімати захисні пристрої з обладнання і працювати без них;
- переміщати та переносити системний блок, монітор, принтер, будь-яке обладнання, яке знаходиться під напругою;
- під час роботи пити будь-які напої, приймати їжу;
- будь-яке фізичне втручання у пристрій комп'ютера, принтера, сканера, ксерокса під час їх роботи;

- залишати включене обладнання без нагляду;
- класти предмети на комп'ютерне обладнання, монітори, екрани та оргтехніку.

Суворо виконувати загальні вимоги з електробезпеки та пожежної безпеки.

Під час усунення застрягання паперу на ксероксі чи принтері, задля уникнення ураження електрострумом, необхідно відключити обладнання від електромережі. Необхідно також вимикати обладнання від мережі при тривалому простої.

Самостійно розбирати та проводити ремонт електронної та електронно-механічної частини комп'ютера, периферійних пристроїв, оргтехніки категорично забороняється. Ці роботи може виконувати тільки спеціаліст або інженер з технічного обслуговування комп'ютерної техніки.

Сумарний час безпосередньої роботи з персональним комп'ютером та іншою оргтехнікою протягом робочого дня має бути не більше 6 годин, для педагогів — не більше 4 годин у день.

Тривалість безперервної роботи з персональним комп'ютером та іншою оргтехнікою без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2-х годин. Через кожну годину роботи слід робити перерву тривалістю 15 хв.

Під час регламентованих перерв, з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку познотонічного стомлення, слід виконувати комплекси вправ для очей або організовувати фізкультурні паузи.

Комп'ютер, будь-які його периферійні пристрої, оргтехніку необхідно використовувати у суворій відповідності з експлуатаційною документацією до них.

Під час виконання роботи необхідно бути уважним, не звертати уваги на сторонні речі.

Про всі виявлені несправності та збоїв в роботі апаратури необхідно повідомити безпосередньо інженера з обслуговування комп'ютерної техніки або завідувача лабораторії.

5.2.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи з оргтехнікою

Вимкнути комп'ютер, ноутбук, телевізор, плазмову панель, LCD-екран, принтер, ксерокс, сканер, колонки та іншу оргтехніку від електромережі, для чого необхідно вимкнути тумблери, а потім акуратно витягнути штепсельні вилки з розетки.

Протерти зовнішню поверхню комп'ютера чистою вологою тканиною. При цьому не допускайте використання розчинників, одеколону, препаратів в аерозольній упаковці.

Прибрати робоче місце. Скласти диски у відповідне місце зберігання.

Ретельно провітрити приміщення з персональним комп'ютером та іншою оргтехнікою.

5.2.5 Вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях при роботі оргтехнікою

Якщо на металевих частинах обладнання виявлено напругу (відчуття струму), заземлюючий провід обірваний, необхідно вимкнути обладнання, негайно доповісти керівникові про несправності електрообладнання і без його вказівки до роботи не приступати.

При припиненні подавання електроенергії, вимкнути обладнання.

При появі незвичного звуку, запаху паленого, негайно припинити роботу і поставити до відома керівника.

При виникненні пожежі негайно вимкнути обладнання, знеструмити електромережу за винятком освітлювальної мережі, повідомити про пожежу всім працюючим і приступити до гасіння осередку пожежі наявними засобами пожежогасіння.

При нещасному випадку необхідно, насамперед, звільнити потерпілого від травмуючого фактору, звернутися до медпункту, зберегти, по можливості, місце травмування в тому стані, в якому воно було на момент травмування. При звільненні потерпілого від дії електричного струму слідкуйте за тим, щоб самому не опинитися в контакт з струмоведучою частиною та під напругою.

5.3 Висновки за розділом

В розділі охорона праці розглянуті наступні питання:

- Охорона праці при роботі в лабораторії;
- загальні вимоги при роботі в лабораторії;
- вимоги безпеки перед початком роботи;
- вимоги безпеки під час роботи;
- вимоги безпеки в аварійних ситуаціях;
- вимоги безпеки після закінчення роботи.

2 Техніка безпеки при роботі на комп'ютерах:

- загальні вимоги безпеки при роботі з комп'ютером та іншою оргтехнікою;
- вимоги безпеки перед початком роботи з оргтехнікою;
- вимоги безпеки під час роботи оргтехнікою;
- вимоги безпеки після закінчення роботи з оргтехнікою;
- вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях при роботі оргтехнікою.

ВИСНОВКИ

Об'єктом керування виступає сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO, яка використовується при модернізації на Радохівському цукровому заводі (Львівська обл., с. Павлів).

Автоматизація сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація сушарки DDS NIRO повинна забезпечувати надійний і ефективний процес сушки бурякового жому для заданих технологічних параметрів, а також і безпечні умови праці для персоналу. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Автоматизація роботи сушарки DDS NIRO повинна здійснюватися за такими основними параметрами:

- підтримка заданої вологості сушеного жому;
- підтримка заданою продуктивності сушеного жому.

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання треба модернізувати систему керування. Таким чином є гостра потреба у математичних моделях об'єктів технологічного обладнання, працюючого у допустимих технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування технологічним обладнанням.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO для регульованої вологості сухого жому, в залежності від продуктивності подачі пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва і отримати кінцевий продукт з заданими характеристиками.

Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи всього технологічного обладнання.

Для синтезу системи керування паровою сушаркою типу DDS NIRO для сушіння бурякового жому обрані необхідні апаратні засоби, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи 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 з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування - сушарки DDS NIRO відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення $-0,616$, постійні часу 734 с та 332 с, а запізнення становить 135 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у $96,3$ %, сильний кореляційний зв'язок $1,0$ та статистичний критерій Фішера 43714797 значно більшу критичного значення $2,706$. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

В системі керування враховані технічні параметри з швидкодії засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 і розроблена відповідна модель.

Таким чином остаточна модель об'єкта керування складається з моделі засувки 2с-Э-1 Ду150 Ру100 та моделі сушарки DDS NIRO .

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена 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.

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 - сушарки DDS NIRO.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 710 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2 млн. грн.

В розділі охорона праці розглянуті наступні питання:

- Охорона праці при роботі в лабораторії:
- загальні вимоги при роботі в лабораторії;
- вимоги безпеки перед початком роботи;
- вимоги безпеки під час роботи;
- вимоги безпеки в аварійних ситуаціях;
- вимоги безпеки після закінчення роботи.

2 Техніка безпеки при роботі на комп'ютерах:

- загальні вимоги безпеки при роботі з комп'ютером та іншою оргтехнікою;
- вимоги безпеки перед початком роботи з оргтехнікою;
- вимоги безпеки під час роботи оргтехнікою;
- вимоги безпеки після закінчення роботи з оргтехнікою;
- вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях при роботі оргтехнікою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасні напрямки використання та утилізації бурякового жому. <https://m.diamantsugar.com.ua/ua/articles/sychasn-napryamki-vikoristannya-ta-ytilzats-buryakovogo-zhому>
2. УДК 664.123.6.047 Штангеев К.О. СУШКА (Сушка цукру та жому в бурякоцукровій галузі). Київ, © ЮНІДО 2015, с. 44.
3. Сушіння жому на пару під тиском. [Електронний ресурс], Режим доступу: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/section/novini>
4. SITRANS P Z, ZD и P COMPACT, [Електронний ресурс], Режим доступу: http://www.eleten.com.ua/SITRANS_P_Z,_ZD_P_COMPACT.html
5. Заняття по темі «Вологість». [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://naurok.com.ua/uroki-po-temi-vologist-9434.html>
6. ELTA Вихровий витратомір SITRANS FX. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://eltald.com.ua/catalog/siemens-sitrans-fx300>
7. SITRANS TF. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/temperature-measurement/sitrans-tf.html>
8. ENVEA SolidFlow 2.0 – Throughput measuring. Режим доступу: <https://gts-swr.com/solids-flow-meters/solidflow/>
9. PCE Instruments PCE-MWM 240-A вологомір сипучих матеріалів
Режим доступу: https://pragmatic.com.ua/pce_mwm240
10. E40S_E80H_en_EP-KE-09-006. [Електронний ресурс], Режим доступу: https://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.svaltera.ua/upload/manuals/E40S_E80H_en_EP-KE-09-0060M_110526.pdf
11. Засувка 2с-Э-1 Ду150 Ру100. [Електронний ресурс], Режим доступу: https://www.energoarm74.ua/goods/21347734-zadvizhka_2s_e_1_du150_ru100#product-description

12. MOUSER, TE-Connectivity SSR-240A10 [Електронний ресурс], Режим доступу: https://www.mouser.fr/ProductDetail/TE-Connectivity-AMP/SSR-240A50?qs=K9Yj7M8cmB7ISkZYhrRVrg%3D%3D&mgh=1&vip=1&gclid=CjwKCAiAqaWdBhAvEiwAGAQt6Q0KIPeNgwLQRvv72kkfXBvd3ewFaMDdp5DIPLal27g2Q9_X1dbRoCv2YQAvD_BwE

13. Перетворювач частоти VLT AQUA Drive FC202. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://k-r.com.ua/pryvodna-tekhnika/peretvoriuvachi-chastoty/item/12-peretvoriuvach-chastoty-vlt-aqua-drive-fc202>

14. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

15. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

16. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.

17. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.

18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.

19. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

20. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

21.ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

22.ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

23.ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

24.ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги

25.ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

26.Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (затверджено наказом МОЗ України від 27.12.2001р № 528).

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			Документація			
2						
3	A4	КФІВС.КВР.151.20.08.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			Графічна частина			
6						
7	A2	КФІВС.КВР.151.20.08.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	A2	КФІВС.КВР.151.20.08.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	A4	КФІВС.КВР.151.20.08.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	КФІВС.КВР.151.20.08.Д	Презентація		Д	
16						
17		КФІВС.КВР.151.20.08.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.20.08.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Сап'ян		17.05.23	Літ.	Аркуш
П. конс.		Карпенко				1
						1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-20ск-1	
Н. контр.		Славінський			Відомість проекту	

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння бурякового жому на цукрових заводах», студент гр. 151-20ск-1 Сап'ян Максим Ігорович.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO, яка використовується на модернізованому Радеківському цукровому заводі (Львівська обл., с. Павлів).

Об'єкт дослідження сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO продуктивністю сушеного жому до 25,0 т/год.

Предмет дослідження – модель сушарки перегрітою парою типу DDS NIRO.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування для регульованої вологості сухого бурякового жому в залежності від тиску пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена 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.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування сушарка перегрітою парою типу DDS NIRO.

В розділі охорона праці розглянуті питання охорона праці при роботі в лабораторії та техніка безпеки при роботі на комп'ютерах.

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.

Зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - « _____ ».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку « _____ », а студент Сап'ян М.І. привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ас. Карпенко О.В.

____.06.2023

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу сушіння бурякового жому на цукрових заводах», студент гр. 151-20ск-1 Сап'ян

Максим Ігорович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірці знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи 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 Сап'ян М.І. присвоєння їй кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

« _____ » _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу сушіння бурякового жому на цукрових заводах», здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1 Сап'ян Максима Ігоревича.

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

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)