

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 Гринь Олександр Костянтинівич

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)
Бубліков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Гринь О.К. академічної групи 151-18-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 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.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

ст. викл. Козарь М.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Гринь О.К.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням з виробництва мастил на основі мильних загусників.

Об'єкт дослідження – реактор змішування безперервної дії для гомогенних процесів з ізотермічним режимом теплообміну.

Предмет дослідження – розробка моделі хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником, регульованому по каналу «витрати перегрітої пари – температура суміші мастила і присадок».

Температура перегрітої пари, яка подається у теплообмінник хімічного реактора підтримується на рівні 260 °C відповідною підсистемою керування парогенератором, та стабільна у межах ± 10 °C у всьому можливо-необхідному діапазоні паропродуктивності 6,5...11,5 кг/с.

Підсистема керування має підтримувати температура суміші на виході хімічного реактора, яка має бути стабільною, значення якої визначено в залежності від технологічної кари виготовлення мастила.

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

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої підсистеми керування технологічним обладнанням з виготовлення мастил. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників для навколишнього середовища, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті протипожежні заходи.

МАСТИЛО, СУМІЩ, ПЕРЕГРІТА ПАРА, ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Загальні відомості	9
1.1.1 «АЗМОЛ»	9
1.1.2 Оливи нафтового та синтетичного походження	10
1.1.3 Мильні загусники	14
1.2 Технологічний процес	15
1.3 Об'єкт керування	17
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	18
1.3.2 Структура об'єкту керування	19
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	20
1.4 Структура системи керування	22
1.5 Формулювання задачі дослідження	23
1.6 Висновки за розділом	23
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	24
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	24
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	25
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	26
2.3.1 Вибір датчиків	26
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	29
2.3.3 Вибір пристроїв керування	32
2.3.4 Вибір джерел живлення	37
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	39
2.5 Розробка схеми електричної принципової	40
2.6 Висновки за розділом	41

3	Визначення моделі об'єкта керування	42
3.1	Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	42
3.2	Розробка методики дослідження об'єкта керування	44
3.3	Виконання експерименту	46
3.4	Обробка результатів експерименту	50
3.4.1	Підготовка даних	50
3.4.2	Структурна ідентифікація	52
3.4.3	Параметрична ідентифікація	56
3.4.4	Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	60
3.4.5	Перевірка моделі на адекватність	62
3.5	Висновки за розділом	64
4	Економічна частина	66
4.1	Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	66
4.2	Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	66
4.3	Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	68
4.3.1	Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	68
4.3.2	Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	70
4.4	Розрахунок експлуатаційних витрат	71
4.4.1	Амортизація основних фондів	72
4.4.2	Розрахунок фонду заробітної плати	73
4.4.3	Відрахування на соціальні заходи	74
4.4.4	Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	74
4.4.5	Витрати на електроенергію	74
4.4.6	Інші витрати	75
4.5	Висновки за розділом	75
5	Охорона праці	76
5.1	Характеристика об'єкту та умови його експлуатації	76

5.2	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	77
5.3	Заходи безпеки під час використання мастил	78
5.3.1	Загальні вимоги безпеки	79
5.3.2	Застосування первинних засобів гасіння пожежі	82
5.3.3	Правила пожежо- і вибухобезпеки	84
5.4	Висновки за розділом	85
	Висновки	86
	Перелік посилань	89
	Додаток А	93
	Додаток Б	94
	Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	95
	Відгук	97
	Рецензія	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

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

ВСТУП

Однією з вимог сучасності є підвищення надійності та якості машин, механізмів, обладнання та приладів. Такі машини й механізми можуть бути створені та експлуатовані лише при вдалому розв'язанні теоретичних і прикладних завдань раціонального використання, тертя, зношування та змащування. Витрати на тертя, зношування і корозію в промислово розвинутих країнах складають близько 4,5 % від внутрішнього валового продукту (ВВП).

Для зменшення тертя та зношування деталей, з метою продовження терміну експлуатації машин і механізмів, у техніці використовують мастильні матеріали (ММ). Окрім цього, ММ також виконують й інші функції. Вони не стільки зменшують зношування, скільки упорядковують його, тобто запобігають здиранню, заїданню та заклинюванню поверхонь, що піддаються тертю. Мастильні матеріали запобігають проникненню до поверхонь тертя агресивних рідин, газів, пари, а також абразивних матеріалів (пил, бруд тощо) та виконують захисні функції, запобігаючи корозії металевих поверхонь. Завдяки антифрикційним властивостям, мастила значно зменшують енергетичні затрати на тертя [6].

Зростаючі потреби в нафтопродуктах разом із постійним підвищенням цін на них і погіршенням екологічного стану навколишнього середовища зумовлюють пошук нових технологій переробки нафтопродуктів.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальні відомості

1.1.1 «АЗМОЛ»

«Азовські мастила та оливи» («АЗМОЛ») – промислове підприємство, що виробляє пластичні мастила, м. Бердянськ Запорізької обл.

Засновано у 1937 р. як крекінг-завод, від 1947 р. – Осипенківівський солідольний завод (з виробництва мастил), а згодом – дослідницький нафто-маслозавод. Від 1994 р. – АТ «АЗМОЛ» з державною формою власності. Основною діяльністю підприємства є виробництво пластичних мастил (простих та комплексних літєвих, кальцієвих, барієвих, натрієвих, силікагелевих, вуглеводневих), олив моторних і технічних, мастильна-охолоджувальних рідин, технологічних засобів. На підприємстві створено науковий центр з дослідним виробництвом, що дозволяє постійно розширювати асортимент продукції, який нараховує понад 150 найменувань.

Нині «АЗМОЛ» виробляє мастила для всіх видів транспорт. засобів, вузлів і механізмів важкої та легкої промисловості, що працюють як у звичайних, так і екстремальних умовах, широкий спектр олив різноманітного призначення: гідратовані кальцієві, натрієві, літєві, барієві мастила; комплекси кальцієвих, силікагелевих та вуглеводних олив; моторні, трансмісійні, гідравлічні та спеціальні оливи; мастильна-охолоджувальні і технологічні засоби; спеціальні жирні препарати. Підприємство випускає нині 315 тис. т мастильних матеріалів на рік.

Частка продукції в загально-українському обсязі становить 22 %, 30...40 % продукції експортується. Важливою подією для підприємства був запуск у 1999 лінії з виробництва пластикових єдностей сучасного дизайну з урахуванням новітніх вимог до ергономічних характеристик тари. Від грудня 1999 підприємство почало масштабну програму з виведення на ринок України в'язких сумішей АЗМОЛ СВ 20/60, 60/90, 90/30, 130/200, аналогічних бітумам,

що використовуються при будівництві дорожніх, покрівельних, аеродромних покриттів і як гідроізоляційні матеріали. Підприємство проводить меценатську діяльність, надає матеріальну допомогу школі-інтернату, є спонсором жіночої баскетбольної команди «Чайка-АЗМОЛ» і активно сприяє розвитку дитячого баскетболу в м. Бердянську.

Постійне розширення продуктової лінійки, удосконалення існуючих продуктів і використання висококласної європейської сировини робить АЗМОЛ лідером на українському промисловому ринку. Для всіх підприємств дуже важливо використовувати тільки якісну продукцію, при цьому за конкурентною ціною. Саме тому гіганти галузі обирають Британський продукт, створений на території України. У 2020 році змащувальна продукція АЗМОЛ успішно проходила випробування на таких підприємствах, як «НІБУЛОН», ІМК, «Карсервіскомпані», «Альтком», «Мотор Січ», Дружківський машинобудівний завод, Харківський машинобудівний завод «Світло Шахтаря».

1.1.2 Оливи нафтового та синтетичного походження

Як дисперсійне середовище мастил використовують нафтові і синтетичні оливи. У переважній більшості застосовуються нафтові оливи (приблизно 95 %), що обумовлено їх доступністю, відносно низькою вартістю, сумісністю з загусниками, оптимальними в'язкісно-температурними властивостями. Багато важливих властивостей ПМ визначаються природою, хімічним, груповим і фракційним складом дисперсійного середовища. В'язкість дисперсійного середовища визначає в'язкісні характеристики мастила, її прокачуваність за низьких температур і опір обертанню в підшипниках кочення. Від природи і складу дисперсійного середовища залежать працездатність мастил в певному температурному інтервалі, їх окиснюваність, захисні властивості та стійкість в агресивних середовищах.

Пластичні ММ належать до особливої групи ММ. Вони являють собою мазеподібні матеріали складної дисперсної (колоїдної) системи, що є високо-

структурованими тиксотропними дисперсіями твердих загусників у рідкому середовищі [6].

Як дисперсну фазу використовують оливи нафтового та синтетичного походження (70...80 %), а як загусники – натрієві, літієві, кальцієві, барієві, цинкові та алюмінієві мила або тверді вуглеводні (парафіни, церезини) – 10...15 %. Крім того, до складу пластичних ММ входять різні модифікатори структури, добавки та присадки (1...15 %).

Загусники створюють трьох-мірний структурний каркас, де утримується олива. Завдяки такій структурі пластичні ММ поєднують у собі властивості твердого тіла та рідини. Тому, будучи нанесеними товстим шаром навіть на вертикальні поверхні, мастила здатні роками зберігати свою первинну форму.

Переваги мастил перед оливами полягають у здатності утримуватись в негерметизованих вузлах тертя, кращих мастильних якостях, більш високих захисних якостях, високій економічності використання.

Мастила використовуються у тих вузлах тертя, де не має змоги використовувати рідкі ММ (оливи).

Недолік мастил – погана охолоджуюча здатність деталей тертя, відсутність виносу продуктів зносу із зони тертя, складність подачі до вузла тертя та деякі інші.

Загусник надає рішучого впливу на експлуатаційні властивості мастила. Менше значення має дисперсна фаза (олива). Присадки розчинюються в оливі та активно беруть участь у процесах структуроутворення мастила.

При прикладенні зсувного навантаження вище деякого критичного структурний каркас руйнується і мастило починає текти подібно рідині, причому його в'язкість дорівнює в'язкості оливи. Важливо відмітити ще одну властивість мастил – тиксотропію. Після зняття зсувного навантаження теча мастила зупиняється, структурний каркас швидко відновлюється, а мастило знову набуває властивість твердого тіла.

Тиксотропне перетворення мастила із пластичного стану у в'язко-текучий і зворотне забезпечує перевагу застосування мастил перед рідкими й твердими ММ. Процес виробництва складний та складається із наступних стадій: підготовка сировини, підготовка загусника, термомеханічне диспергування загусника, охолодження розплаву та оздоблювальних процесів.

Сфери використання пластичних ММ:

- відкриті та негерметичні вузли тертя;
- важкодоступні вузли тертя;
- вузли тертя, де неможлива часта зміна ММ;
- змушений контакт вузла тертя або захищеної поверхні від води, чи агресивного середовища;
- герметизація рухливих ущільнень, сальників і різьбових з'єднань;
- тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів.

Система класифікації пластичних ММ встановлена міжнародним стандартом ISO 6743.9. В основу узагальненої класифікації мастил покладено три ознаки: 1) консистенція; 2) склад (природа загусника); 3) призначення.

За консистенцією мастила підрозділяють на напіврідкі, пластичні та тверді.

За складом мастила підрозділяють на чотири групи:

- мастила, загусниками яких використовують солі вищих карбонових кислот (літієві, натрієві, калієві, кальцієві, барієві, алюмінієві, цинкові та свинцеві мила);
- мастила з неорганічними загусниками (силікагелеві, графітні, азбестові);
- мастила з органічними загусниками (полімерні, пігментні, полімочевинні, сажові);
- мастила на тугоплавких вуглеводневих загусниках (церезин, озокерит, природні та синтетичні воски).

За призначенням мастила підрозділяють на: антифрикційні, протизносні, консерваційні, захисні, ущільнюючі, канатні.

Сучасна класифікація мастил за класом в'язкості (VG), що пізніше стала міжнародною, була розроблена National Lubricating Grease Institute (NLGI). У відповідності з класифікацією мастил NLGI, їх консистенція вимірюється спеціальним лабораторним способом «робочої пенетрації».

В ASTM D 4950, створеному спільно ASTM, NLGI і SAE, класифікація автомобільних мастил передбачає дві основні експлуатаційні групи: сервісні мастила для ходової частини, позначення за NLGI «L»; сервісні мастила для підшипників коліс позначається за NLGI «G». Ці групи мастил поділяються на категорії якості автомобільних мастил у залежності від гарантованих показників якості й позначається відповідним знаком NLGI. Мастила категорії NLGI LA призначені для змащування елементів ходової частини та шарнірних з'єднань автомобілів і інших транспортних засобів з легким режимом експлуатації.

Ці мастила повинні задовільно змащувати елементи ходової частини та шарнірні з'єднання при частій заміні мастила. Мастила повинні бути стійкими до окиснення і до зміни консистенції, а так само захищати шарніри та інші елементи ходової частини від корозії та зносу в умовах малого навантаження. Звичайно рекомендуються мастила консистенції NLGI 2.

До найбільш важливих властивостей пластичних ММ відносяться: в'язкість, механічна стабільність, що характеризується межею міцності та пенетрацією, тиксотропні властивості, тобто властивості, що характеризують структурно-механічні (реологічні) властивості мастил; стабільність мастил (термічна, фізична (колоїдна), хімічна, радіаційна, випаровування); стійкість до зовнішніх впливів.

1.1.3 Мильні загусники

Солі вищих жирних кислот, що використовуються у виробництві мастил, називають мильними загусниками. Відомі мастила, загусниками яких є літієві, натрієві, кальцієві, магнієві, калієві, цинкові, стронцієві, барієві, алюмінієві, свинцеві та інші мила. Однак широке практичне застосування знайшли літієві, натрієві, кальцієві, барієві та алюмінієві мастила. У набагато рідше для приготування мастил використовують калієві, свинцеві та цинкові мила. Нерідко застосовуються також мастила на змішаних милах, наприклад кальцієва-натрієві, літієва-кальцієві, літієва-калієві, кальцієва-свинцеві тощо.

У США 50...60 % мильних мастил виробляються на милах індивідуальних жирних кислот: стеаринової та 12-оксистеаринової. У багатьох випадках, особливо під час виробництва літієвих мастил, використовують гідроване рицинову олію що на 80...82 % складається з гліцеридів 12 - оксистеаринової кислоти. Решта мильні мастила готують на милах природних жирів. Від загальної витрати природних жирів до 60 % припадає на жири наземних тварин, 25...30 % – на жири морських тварин і риб та 10...15 % – на рослинні олії. У таблиці 1.1 наведено типи загусників і мастила на їх основі.

Таблиця 1.1 - Марки мастил і види загусників

Мастила	Вид загусника
Літол-24	12-гідроксистеарат літію
Фіол-1, Фіол-3	12-гідроксистеарат літію
ЛСЦ-15	12-гідроксистеарат літію
ШРБ-4	Комплексне барієве мило
№ 158	Стеарати літію і калію, фталоціанін міді
Лита	Стеарат літію, церезин-80
ЦИАТИМ-201	Стеарат літію
ЦИАТИМ-203	Стеарат літію
1-13	Натрієва-кальцієві мила рицинової олії
Солідол-Ж	Кальцієві мила СЖК
Уніол-2М	Комплексне кальцієве мило
ВНИИ НП-242	Стеарат літію, дисульфід молібдену

Для виробництва мильних мастил використовуються синтетичні жирні кислоти (близько 65 %), рослинні олії (близько 20 %), жири наземних і морських тварин, а також саломаси (близько 5 %) та індивідуальні технічні природні кислоти (стеаринова, 12 - оксистеаринова і олеїнова) (до 10 %). Склад і властивості мила, що залежать від катіона і жирно-кислотного радикала (аніона) мил, значною мірою визначають експлуатаційні характеристики мастил. У зв'язку з цим важливо знати основні властивості як катіонів, так і аніонів мил, а також самих мил і методи їх отримання.

1.2 Технологічний процес

Технологічний процес виробництва мастил на основі мильних загусників складається з наступних основних стадій: підготовка омиленої реакційної суміші, створення зневодненої суміші, виробництво мастила [8]. Технологічну схему процесу зображено на рисунку 1.1.

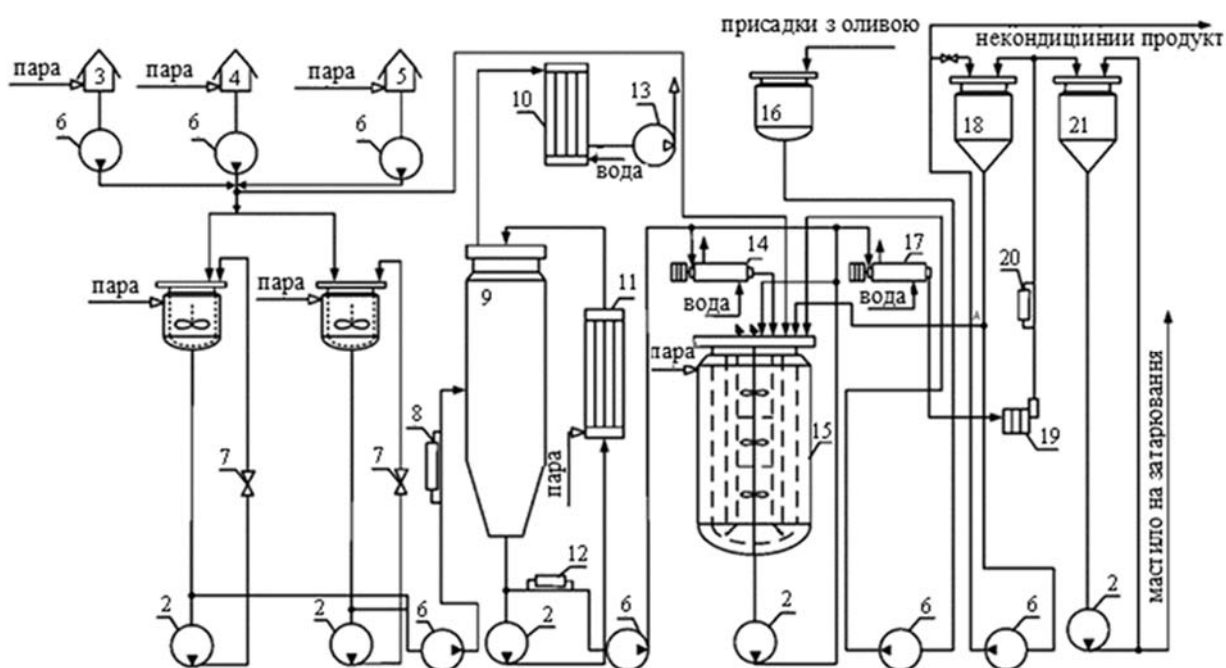


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу

1, 15 – реактори; 2 – насоси; 3, 4, 5 – сировинні приймачі; 6 – дозувальні насоси; 7 – гомогенізувальні клапани; 8 – рН-метр; 9 – випарний апарат; 10 – конденсатор; 11 – трубчастий теплообмінник; 12 – вологомір; 13 – вакуумний насос; 14 – скребковий нагрівач; 16 – змішувач; 17 – скребковий холодильник; 18, 21 – збирачі нагромаджувачі; 19 – установка для гомогенізації, фільтрування та деаерації; 20 – віскозиметр

Підготовлені сировинні компоненти подаються з приймачів 3...5 дозувальними насосами 6 у реактори 1 з високо-обертливими мішалками, які забезпечують інтенсивне перемішування мало-в'язкої суспензії. Омилену реакційну суміш, яку готують в одному з паралельно-діючих реакторів 1, подають дозувальними насосами 6 у випарний апарат 9. У випарному апараті 9, у вакуумі, суміш повністю зневоднюється (у разі потреби) за рахунок багаторазової циркуляції суміші через теплообмінник 11. Вміст вологи контролюють вологоміром 12. Із циркуляційного контуру зневоднену суміш насосом 6 через скребковий (з огляду на високу в'язкість зневодненого продукту) нагрівник 14 перекачують для термообробки в реактор 15.

У реакторі 15, обладнаному скребково-лопасним перемішувальним пристроєм, мастило витримують заданий технологічною картою час за температури термообробки (200...250 °C). Після чого, за працюючого перемішувального пристрою, в апарат накачують частину залишкової оливи, температуру суміші знижують до 175...185 °C. У разі потреби мастило частково охолоджують (до 160...165 °C), після чого насосом 6 зі змішувача 16 вводять присадки. Подача концентрату присадок можлива і після першої стадії охолодження в холодильнику 17. На цьому періодичний цикл у реакторі 15 закінчується, і вміст реактора 15 дозувальним насосом 6 подається в скребковий холодильник 17, з нього – на установку 19 (для гомогенізації, фільтрування та деаерації), а потім – у збирач-нагромаджувач готового мастила 21. Якість мастила контролюють за допомогою пристрою для вимірювання реологічних властивостей мастил у потоці 20. Некондиційне мастило збирається в нагромаджувачі 18, звідки воно може надходити для додаткового перероблення.

Аналізуючи функції, що виконує кожний апарат на даному виробництві, а також вагомість кожного апарату окремо можна виділити ряд апаратів, що є основними на даному виробництві: випарний апарат, реактори 1 та 15. Якість мастил визначається реологічними властивостями, такими як плинність, густина та в'язкість, яких набувають мастила під час стадії отримання та витримки

розплаву мастил, що проходить в реакторі 15. Можна дійти висновку, що найважливішим апаратом на виробництві мастил на мильних загусниках є реактор 15.

Хімічний реактор – технологічний апарат для проведення хімічних реакцій, що супроводжуються явищами масо- і теплообміну. Будь-який хімічний реактор містить наступні структурні елементи: реакційний об'єм, у якому відбуваються хімічні реакції, пристрої для введення і виведення матеріальних та енергетичних потоків, пристрої для змішування і розподілу реагентів та перемішування реакційної маси, теплообмінні елементи для відведення теплоти екзотермічних реакцій й підведення теплоти для здійснення ендотермічних реакцій.

Основною проблемою виробництва мастил є великі енергозатрати на підігрів реактора, адже для отримання мастила відповідної якості потрібно витримати в реакторі відповідну температуру визначений за технологічною картою термообробки час. Зменшення енергоємності процесу за рахунок інтенсифікації перемішування приводить до введення невизначеності в модель об'єкту. Урахування невизначеності при описі об'єкта керування дозволяє реалізувати керування, що забезпечуватиме стійкість замкнутої системи не тільки для номінального (без урахування помилок моделі) об'єкта, але і для будь-якого об'єкту, що належить множині «збурених» об'єктів, визначуваних класом невизначеності.

Враховуючи вище сказане, створення невизначеної моделі реактора для процесу виробництва мастил на основі мильних загусників є важливим науковим та практичним завданням.

1.3 Об'єкт керування

Реактор є реактором змішування безперервної дії для гомогенних процесів з ізотермічним режимом теплообміну [10].

Цей тип реактору забезпечує отримання великої кількості продукту однакової якості, хімічний процес воліють проводити в неперервно-діючих реакторах зі сталим режимом. Поширеним видом таких проточних апаратів є реактори змішування. Проточний реактор змішування може працювати як в нестационарному режимі (пуск, вихід на режим, зупинка), так і в стаціонарному, сталому режимі.

Для будь-якого реактора ідеального змішування і, зокрема для проточного, з рівнянь можна виключити оператор, що описує дифузійний процес.

З синтезу системи керування розглянемо вхідні та вихідні потоки реактора у спрощеному вигляді. Схематично вказані дані зображено на рисунку 1.2.

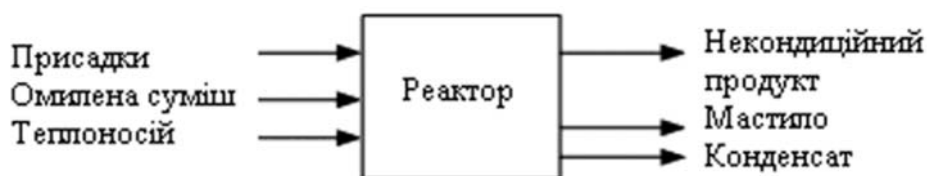


Рисунок 1.2 – Параметрична схема вхідних та вихідних потоків реактора

До вхідних потоків реактора відносяться:

- потік омиленої реакційної суміші, що є основним потоком;
- потік присадок;
- потік теплоносія (перегріта пара), що надходить до гріючої сорочки реактора для підтримання сталої температури.

До вихідних потоків реактора відповідно відносяться:

- потік виготовленого мастила;
- потік конденсату;
- потік некондиційного продукту.

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

На підприємстві «АЗМОЛ» використовується хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316 (Китай) з поверхневим теплообмінником, який основні має наступні параметри:

- ємність, м³ 10 000;

– матеріал,	нержавіюча сталь;
– тиск суміші, МПа	1,5;
– температура суміші, °С	180;
– тиск перегрітої пари, МПа	4,5;
– паропродуктивність, кг/с	11,5;
– температура пари, °С	260;
– двигун перемішувача, В /кВт	~380 / 5,6;
– двигун насоса омиленої суміші, В /кВт	~380 / 24,0;
– двигун насоса присадок, В /кВт	~380 / 5,6;
– двигун насоса суміші, В /кВт	~380 / 15,0;



Рисунок 1.4 – Хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316

1.3.2 Структура об'єкту керування

У реакторі 2 (рис. 1.4), обладнаному скребково-лопасним перемішувальним пристроєм М2, мастило витримують заданий технологічною картою час за температури 165...185 °С.

Джерелом тепла є перегріта пара 260 °С; 4,6 МПа, яка подається у «сорочку» (поверхневий теплообмінник) реактора, далі охолоджена пара конденсується і стікає з «сорочки» реактора.

В апарат насосом 1 М1 накачують омилену суміш. Подача концентрату присадок здійснюється насосом 3 М3. Готова суміш (мастило і некондиційний продукт) видаляється з реактора дозуючим насосом 4 М4 до наступної ланки

технологічного обладнання - в скребковий холодильник. Цей процес безперервний.

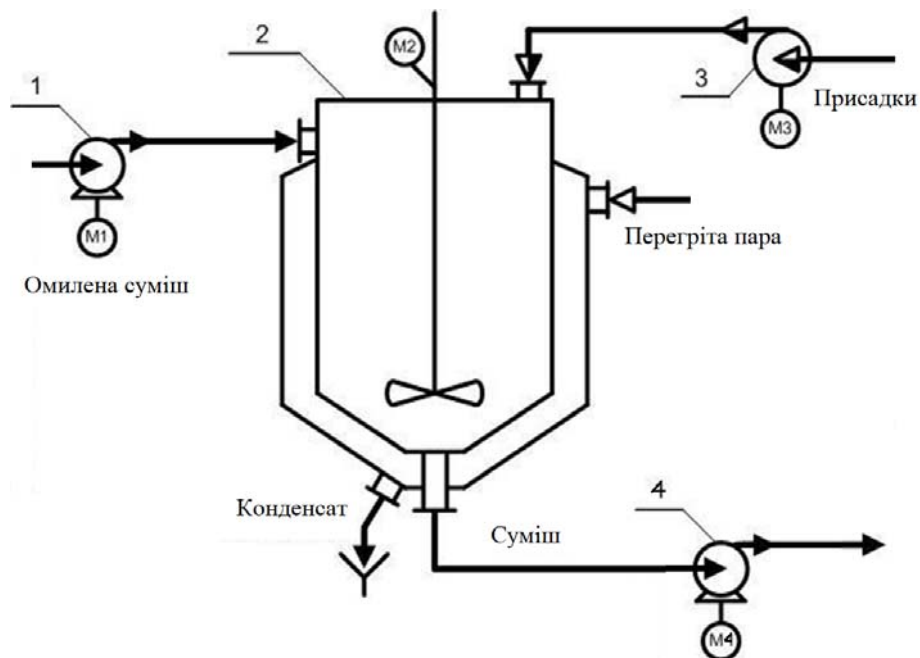


Рисунок 1.4 – Технологічна схема хімічного реактора зі змішування двох потоків сировини з ендотермічним технологічним процесом:

- 1 – відцентровий насос омиленої суміші;
- 2 – хімічний реактор з поверхневим теплообмінником;
- 3 – ротаційний насос сировини суміші присалок.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

При визначенні набору статичних характеристик для хімічного реактора з ендотермічним процесом допоміжна розрахункова схема може бути такою, як це показано на рисунку 1.5.

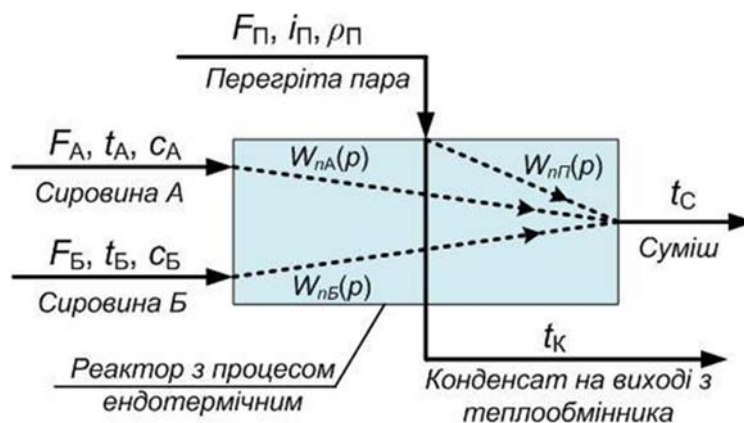


Рисунок 1.5 – Схема для визначення статичних характеристик хімічного реактора з ендотермічним процесом

Схема показує, що регульовальна температура суміші на виході реактора t_C змінюється також під впливом технологічних параметрів по трьох каналах:

- $W_{n\Pi}(p)$ – каналу регульовального впливу за рахунок зміни витрати перегрітої пари у поверхневий теплообмінник;
- $W_{nA}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку сировини А на вході у реактор;
- $W_{nB}(p)$ – каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку сировини Б на вході у реактор.

Для каналу регульовального впливу для підтримки постійного значення температури суміші t_C за рахунок зміни витрати перегрітої пари можна розрахувати статичну характеристику, тобто залежність (функцію), яка показує зміну температури t_C при змінах витрати пари у поверхневий теплообмінник, якщо інші технологічні параметри процесу мають постійні значення. Статична характеристика для регульовального каналу $W_{n\Pi}(p)$ має наступний вигляд:

$$t_C = f_{\Pi\Pi}(F_{\Pi}) \quad (1.1)$$

По схемі видно, що у регульовальному каналі $W_{n\Pi}(p)$ є ще два параметра: ентальпія перегрітої пари i_{Π} та густина пари ρ_{Π} . Ці технологічні параметри пари мають особливість у тому, що вони залишаються постійними, бо перегріта пара виробляється парогенераторною установкою з постійними параметрами пари на виході. З цієї причини ентальпія перегрітої пари i_{Π} та густина пари ρ_{Π} не можуть

викликати збурюючі впливи на тепло-вий баланс процесу у хімічному реакторі з ендотермічним процесом.

У каналі $W_{nA}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини А можуть змінюватися два параметра: витрата F_A сировини А та температура t_A потоку сировини А і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві такі статичні характеристики:

$$t_C = f_{3A}(F_A) \quad (1.2)$$

$$t_C = f_{4A}(t_A) \quad (1.3)$$

Також у каналі $W_{nB}(p)$ зі збурення процесу по потоку сировини Б можуть змінюватися два параметра: витрата F_B сировини Б та температура t_B потоку сировини Б і тому для об'єкта керування потрібно визначати дві наступні статичні характеристики:

$$t_C = f_{3B}(F_B) \quad (1.4)$$

$$t_C = f_{4B}(t_B) \quad (1.5)$$

Розрахунки статичних характеристик відповідно до залежностей (1.1), (1.2), (1.3), (1.4) та (1.5) для хімічного реактора з ендотермічним процесом потрібно виконувати в залежності від технологічних параметрів обладнання за правилами теплового балансу об'єкта керування. Оскільки виробник технологічного обладнання (хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316) не надає таких детальних параметрів свого обладнання, то єдиним шляхом з отримання необхідної інформації є шлях активного експерименту, або накопичення і обробки даних з працюючого обладнання.

1.4 Структура системи керування

Роботою хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316 керує автоматичний регулюючий прилад.

В нашому випадку, з метою створення підсистеми керування, обрано один з каналів регульовальна температура суміші на виході реактора t_C .

Температура суміші t_c змінюється під впливом регулювального технологічного параметру $W_{n\Pi}(p)$ за рахунок зміни витрати перегрітої пари, яка подається у поверхневий теплообмінник реактору.

1.5 Формулювання задачі дослідження

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, де температура суміші t_c змінюється під впливом регулювального технологічного параметру $W_{n\Pi}(p)$ за рахунок зміни витрати перегрітої пари, яка подається у поверхневий теплообмінник реактору необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування - хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру суміші на виході хімічного реактору, та має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його детальному огляді.

1.6 Висновки за розділом

З метою подальшого удосконалення керування процесом виробництва мастил на основі мильних загусників, розглянуто сучасне й перспективне технічне рішення щодо зменшення енергозатрат у процесі виробництва мастил на основі мильних загусників. Детально проаналізовано існуюче технологічне обладнання реакторів змішування. Означено шлях отримання математичної моделі процесу у реакторі.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, яка використовуються на підприємстві, так як весь процес виготовлення високоякісного мастила вимагає постійного контрольованого технологічного процесу. Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва мастила, дозволяючи отримувати продукцію з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічний апарат для проведення хімічних реакцій, що супроводжуються явищами масо- і теплообміну при змішування компонентів при виготовленні мастила - хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

До мінімального складу структури підсистема керування, за вхідними і вихідними сигналами, мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали:

- | | |
|--|------------------|
| – датчик тиску суміші, МПа | 1,5; |
| – датчик температури суміші, °С | (165...180) ±10; |
| – датчик тиску перегрітої пари, МПа | 4,5; |
| – датчик температури перегрітої пари, °С | 260; |
| – датчик паропроодуктивності, кг/с | 11,5. |

Вихідні сигнали керування:

- | | |
|--|--------------|
| – двигун перемішувача, В /кВт | ~380 / 5,6; |
| – двигун насоса омиленої суміші, В /кВт | ~380 / 24,0; |
| – двигун насоса присадок, В /кВт | ~380 / 5,6; |
| – двигун насоса суміші, В /кВт | ~380 / 15,0; |
| – двигун засувки перегрітої пари, В /кВт | ~380 / 1,0. |

Роботою технологічним обладнанням JHENTEN Tanks SS304 SS316 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1.).

У реакторі обладнаному скребково-лопасним перемішувальним пристроєм, мастило витримують заданий технологічною картою час за температури 175...185 °С. Джерелом тепла є перегріта пара 260 °С; 4,6 МПа, яка

подається у «сорочку» реактора. Охолоджена пара конденсується і стікає з «сорочки» реактора.

В апарат насосом накачують омилену суміш. Подача концентрату присадок здійснюється насосом. Готова суміш (мастило і некондиційний продукт) видаляється з реактора дозуючим насосом до наступної ланки технологічного обладнання - в скребковий холодильник. Цей процес безперервний.

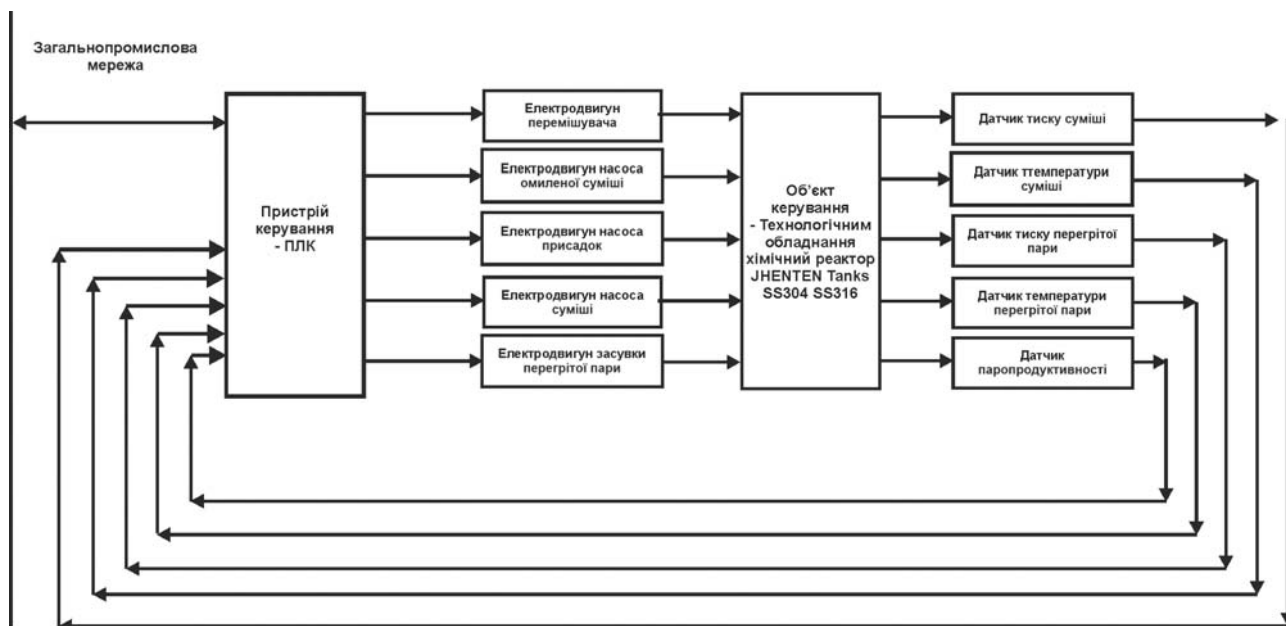


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Регульовальна температура суміші на виході реактора змінюється під впливом технологічних параметрів по трьох каналах керування:

- каналу регульовального впливу за рахунок зміни витрати перегрітої пари у поверхневий теплообмінник;
- каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку омиленої сировини на вході у реактор;
- каналу збурення процесу, тобто від впливів збурення по потоку присадок на вході у реактор.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї

входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску, витрат), еталони стану обладнання (температура, тиск, витрати), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури суміші на виході з реактору на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму керування, та виконавчі пристрої - електродвигуни (насосів, приводу відкриття / закриття засувки).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами температура масляної суміші на виході реактору має бути 180 °С, тобто треба мати датчик температури з діапазоном 0...300 °С. Крім того датчик виміру температури повинен мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Виходячи з цього, для вимірювання температури обрано датчик ДТС015.И (рис. 2.3) [11], який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання -50...300 °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопару до стандартного струмового сигналу 4...20 мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Датчик температури ДТС015.И

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури ДТС015.И

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: Pt100
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	-50...300
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1,5t
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...36
7	Потужність споживання, Вт	1

Для вимірювання тиску суміші з максимальним значенням 1,5 МПа будемо використовувати датчик тиску UNIK 5000 PTX 5072-TC-A1-CA-H0-PF-0-50 psi з діапазоном вимірювання до 3,5 атм.



Рисунок 2.4 – Датчик тиску UNIK 5000 PTX 5072

Датчик тиску має мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Датчики тиску UNIK 5000 PTX 5072 мають сертифікати на використання в більшості областей, а також сертифікат конструктивної безпеки обладнання. Завдяки використанню технології кремнієвих датчиків Druck і макета аналогової

електроніки, передавачі тиску мають найкращу в своєму класі стабільність, чуйність і низьке енергоспоживання [12].

Таблиця 2.2 – Технічні параметри датчику тиску UNIK 5000 PTX 5072

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	кремнієвий сенсор Druck
2	Діапазон вимірювання, °атм	3,5
3	Точність, °%	±0,02%
4	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
5	Частота відгуку, кГц	35
6	Напруга живлення, В	12...24
7	Потужність споживання, Вт	6
8	Діапазон температур, °С	-40 до 80

Оскільки датчик тиску UNIK 5000 PTX 5072 має вимірювати тиск при температурі середовища, яке перевищує допустимий діапазон, то треба їх від'єднувати через термо-компенсуючі подовжувачі (трубка металева для охолодження).



Рисунок 2.5 – Фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT-80

Для вимірювання тиску перегрітої пари з максимальним значенням 4,5 МПа та паропродуктивності до 11,5 кг/с, температури перегрітої пари 260 °С будемо використовувати фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT із вбудованим датчиком температури та компенсацією датчика тиску, який призначений вимірювання витрати газу або пари (насиченої пари та перегрітої пари). Він може легко отримати масовий потік або номінальний об'ємний витрата в стандартному стані без складної установки [13].

Таблиця 2.3 – Технічні параметри Фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT-80

№	Найменування параметра	Значення
1	Діапазон вимірювання паропродуктивності, °кг/с	0...15
2	Точність, °%	±0,1%
3	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
4	Частота відгуку, Гц	100
5	Напруга живлення, В	12...24
6	Потужність споживання, Вт	20
7	Діапазон температур, °С	5 до 300
8	Канал зв'язку	RS-485

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оповіщення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура суміші	НСХ: Pt100	Аналоговий	0...300°С	±1,5	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1
2	Тиск суміші	Сенсор Druck	Аналоговий	3,5 атм	±0,02 %	4...20 мА	0.1 с	12...24 В	6
3	Тиск, паропродуктивність, температура перегрітої пари	Вихровий витратомір	Аналоговий	7 атм., 15 кг/с, 0...300 С	±0.04 %	4...20 мА 4...20 мА 4...20 мА	0.1 с	12...24 В	20 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для регулювання витрат перегрітої пари (до 11,5 кг/с) будемо використовувати литий клиновий засувний клапан 30Ч939Р з електроприводом МТ-300-3800, який призначений для установки на паропроводи в якості запірної пристрою в системах автоматичного керування теплопостачанням на промислових і цивільних об'єктах.

Він з'єднаний з трубопроводом за допомогою фланців (по ГОСТ 12817, версія I, серія 2 по ГОСТ 12815). Установка здійснюється приводом вгору.

Клапани з електроприводом призначені для роботи в багаторазово-короткочасному режимі S2 по ГОСТ 183-74 з тривалістю перемикання (PV) 15 %. Живлення електроприводу здійснюється від мережі змінного струму ~ 380 В 50 Гц.



Рисунок 2.6 – Засувка клинова 30Ч939Р

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики засувки клинової 30Ч939Р

Найменування параметра	Значення
Тип	клиновий
Напруга живлення, В	~ 380 В
Потужність, кВт	1,0 кВт
Діаметр, Ду	80
Час відкриття закриття, с	10

Для керування електродвигуном перемішувача (~ 380 В / 5,6 кВт), електродвигуном насоса омиленої суміші (~ 380 В, 24 кВт) та електродвигуном насосом присадок (380 В / 5,6 кВт), електроприводом засувки перегрітої пари МТ-300-3800 (реверсивне керування) з метою уніфікації компонентів використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 60DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [14].



Рисунок 2.7 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 60DA (3x~380 В, 0...24 В)

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики трифазного твердотільне реле Jotta SSR 60DA

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...60
Струм керування, мА	0...20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Електропривод засувки (відкривання)	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
1	Електропривод (закривання)	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
2	Електродвигун перемішувача	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
3	Електродвигун насоса омиленої суміші	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт
4	Електродвигун насоса присадок	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв керування

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

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

До контролеру повинні бути підключені два датчики - датчики температури, датчик тиску суміші та Фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT-80 (тиск, паропроодуктивність, температура перегрітої пари) з уніфікованим стандартним типом виходу 4...20 мА.

До контролеру повинні бути підключені п'ять дискретних каналів керування (тип виходу 0, +24 В) для керування наступними ланцюгами:

- електропривод засувки (відкривання /закривання);
- електродвигун перемішувача;
- електродвигун насоса омиленої суміші;
- електродвигун насоса присадок.

Так як підсистема керування технологічним обладнанням - реактором змішування безперервної, повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП), то вона повинна мати стандартний послідовний канал зв'язку.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Для підключення усіх трьох датчиків (але 5 незалежних параметрів контролю), які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких має по чотири аналогові входи (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

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

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

Приклад схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.10.

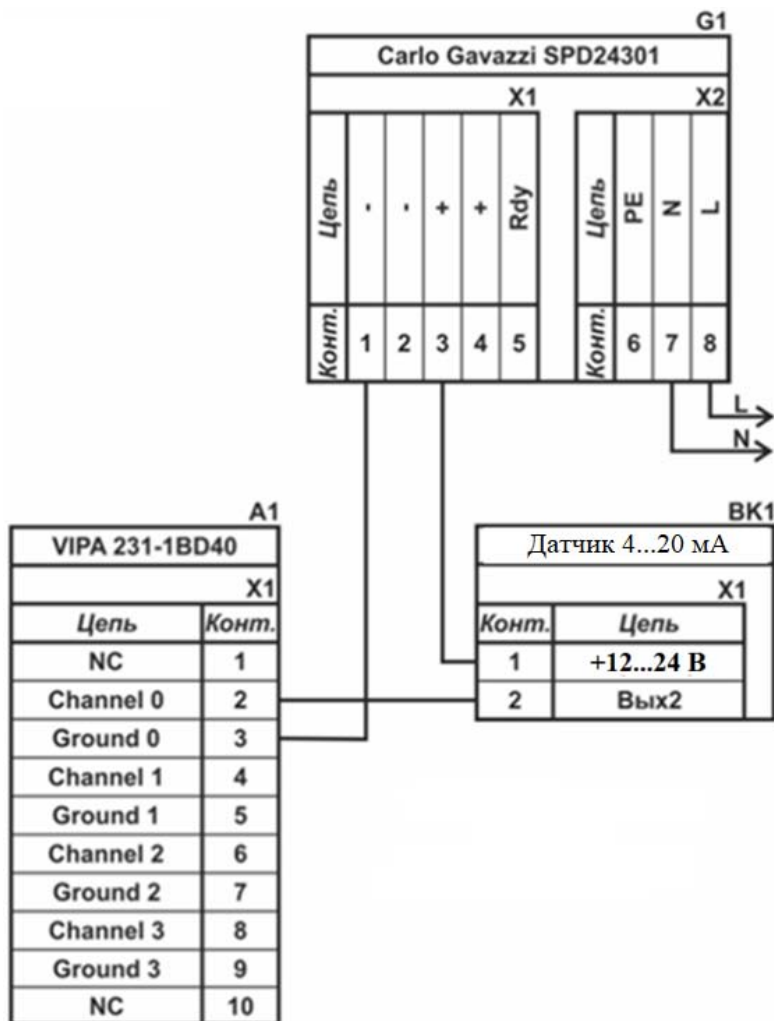


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру повинні бути підключені п'ять дискретних каналів керування (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.11). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.11.



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.1 – 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

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.11.

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 п'яти). 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.

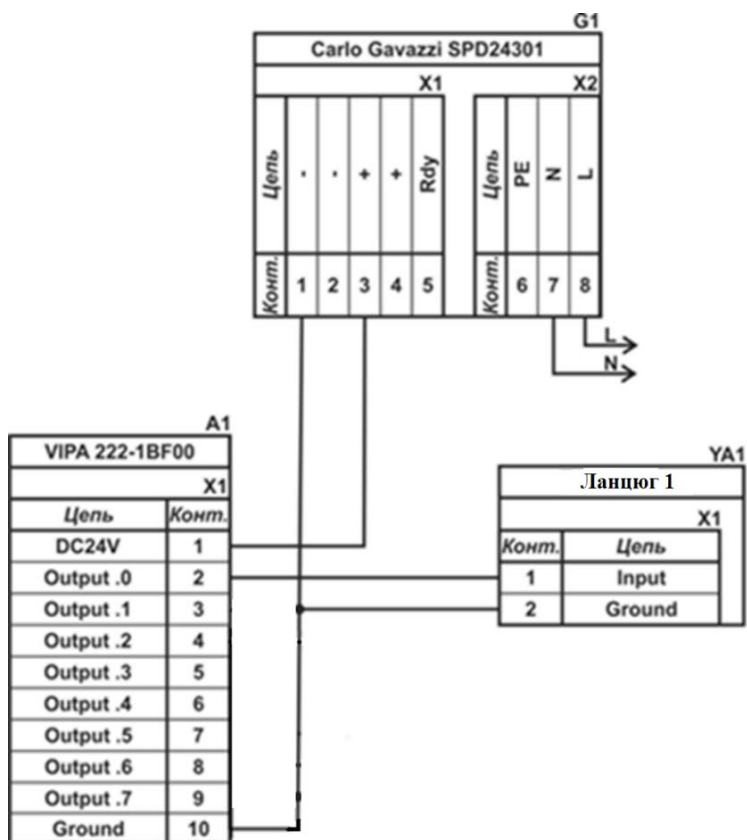


Рисунок 2.12 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.13.

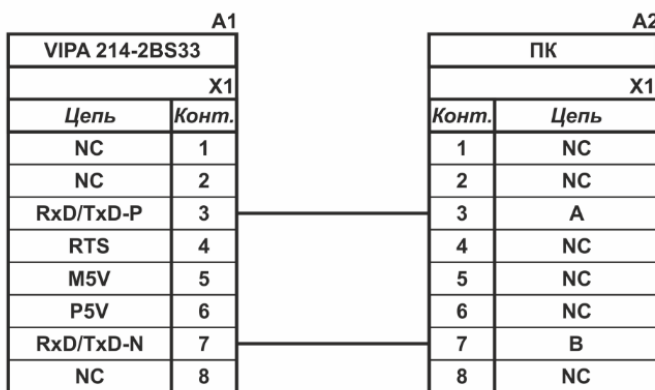


Рисунок 2.13 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.12.

Таблиця 2.12 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
		Зв'язок з АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Температура суміші	24 В	1.00 Вт
		Тиск суміші	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Температура перегрітої пари	24 В	1.00 Вт
		Тиск перегрітої пари	24 В	1.00 Вт
		Паропродуктивність перегрітої пари	24 В	1.00 Вт
4	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		Електропривод засувки (відкривання);	24 В	1.0 Вт
		Електропривод засувки (закривання);	24 В	1.0 Вт
		Електродвигун перемішувача	24 В	1.0 Вт
		Електродвигун насоса омиленої суміші	24 В	1.00 Вт
		Електродвигун насоса присадок	24 В	1.00 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5,0 + 2 * 0,6 + 1 * 2,0 = 8,2 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

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 (рис. 2.13). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.13.



Рисунок 2.14 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведено на рисунку 2.15.

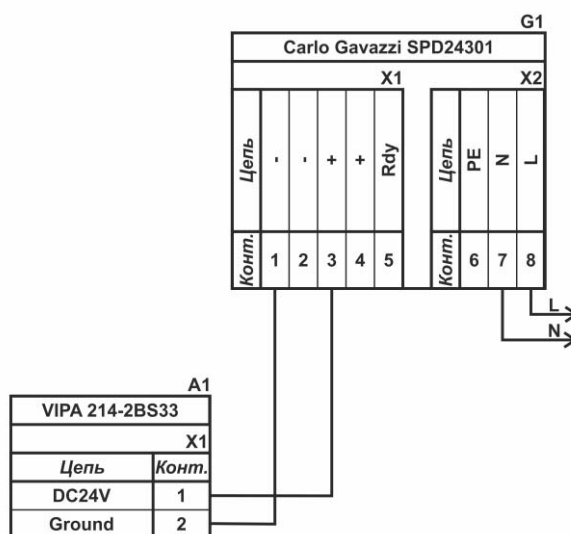


Рисунок 2.15 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури, тиску, вихрового витратоміру та п'яти трифазних твердотільних реле, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 5 * 1,0 + 2 * 1 + 20 = 27,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - хімічним реактором JHENTEN Tanks SS304 SS316 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.16.

У якості пристрою керування хімічним реактором використовується програмований логічний контролер (UY 11) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 12), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання трьох параметрів перегрітої пари: тиску, температури, витрати будемо використовувати фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT, який має три незалежних канали вимірювання (TE 1-1, PE 2-1, QE 3-1-серії STLU-BPT).

Для вимірювання тиску суміші на виході реактору використовується датчик тиску (PE 4-1 - UNIK 5000 PTX 5072).

Температура масляної суміші на виході реактору вимірюється за допомогою датчика температури (TE 5-1 - ДТС015.И).

З усіх п'яти датчиків виміряні значення за допомогою вбудованих до датчиків перетворювачів (ТТ 1-1, РТ 2-1, QN 3-STLU-BPT) та (РТ 4-1 - UNIK 5000 PTX 5072) і (ТТ 5-1 - ДТС015.И) трансформуються в стандартний струмовий сигнал 4...20 мА.

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 11 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці заданої температури суміші на виході реактору за допомогою наступних ланок керування:

- електродвигун перемішувача NS 6-2 - Jotta SSR 60DA;
- електродвигун насоса омиленої суміші NS 7-2 - Jotta SSR 60DA;
- електродвигун насоса присадок NS 8-2 - Jotta SSR 60DA;

- електропривод засувки (відкривання /закривання) NS 9-2 - Jotta SSR 60DA, NS 10-2 - Jotta SSR 60DA.

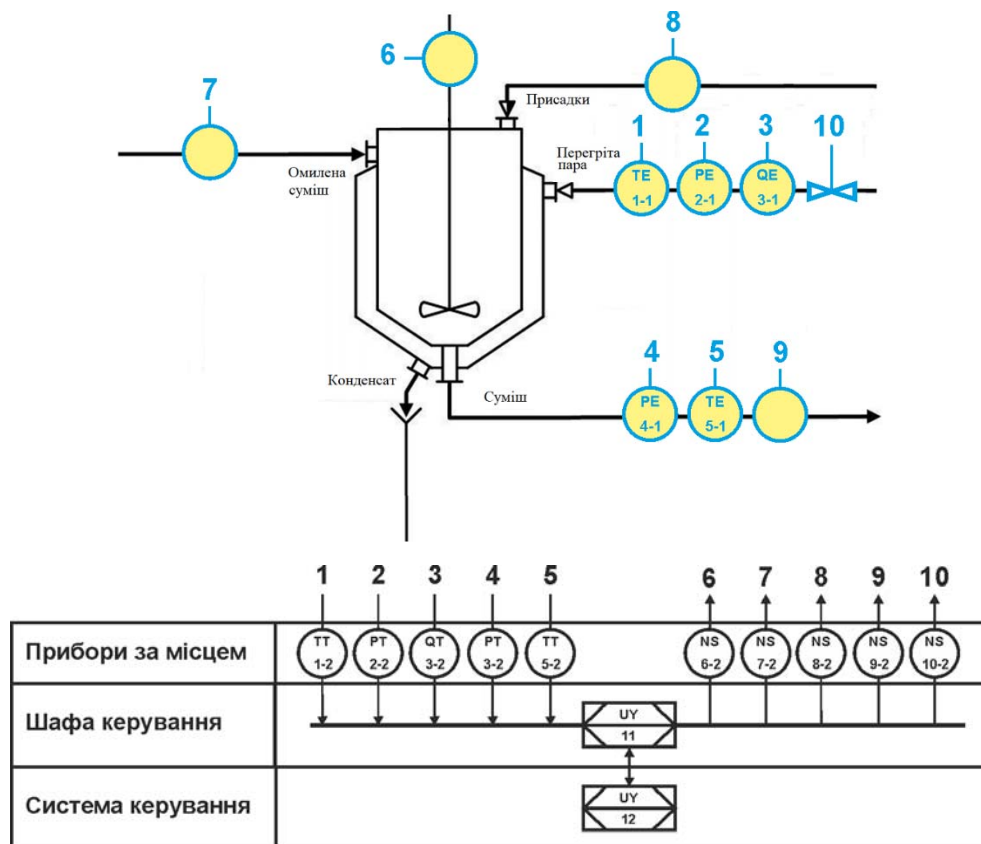


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматизації підсистеми керування хімічним реактором JHENTEN Tanks SS304 SS316

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми технологічним обладнанням хімічним реактором JHENTEN Tanks SS304 SS316 (рис. 2.17).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к датчикам тиску, температури, витрати перегрітої пари (BK1), тиску суміші (BK2) та температури суміші (BK3).

Усі п'ять аналогових датчиків підключені до двох модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD53 (A1 – X3) до каналів 0, 1, 2 та (A1 – X4) до каналів 0, 1 допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

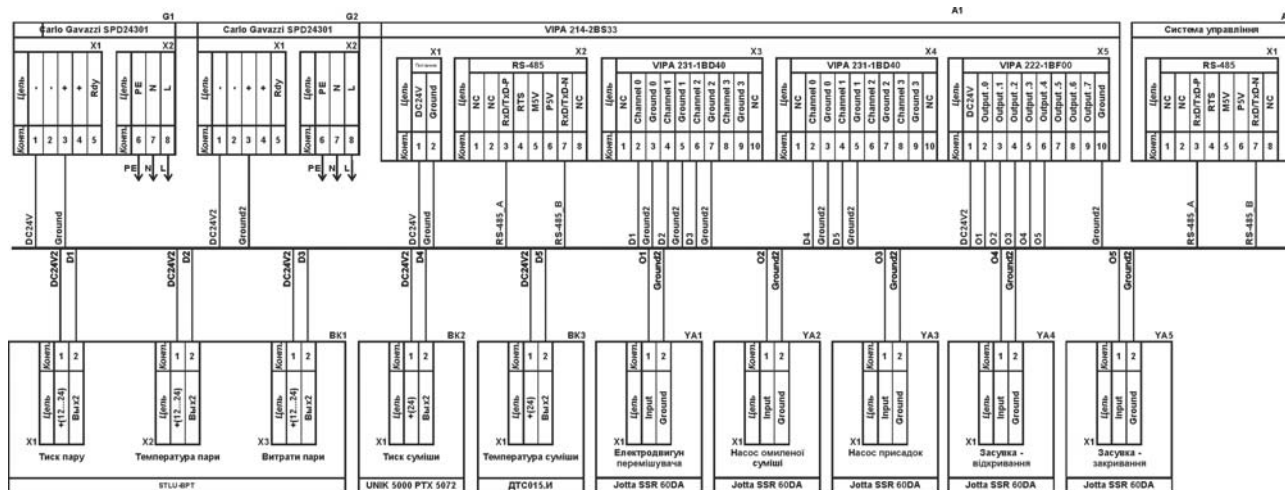


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Керування електродвигунами перемішувача, насоса омиленої суміші, насоса присадок, електропривод засувки (відкриття/закриття) здійснюється через модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжки O1...O5 (YA1...YA5). При наявності на вході напруги +24 В вони підключають відповідні пристрої керування до трифазної мережі ~380 В, а при вимиканні напруги вони самостійно повертається до виключеного стану.

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

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічний апарат для проведення хімічних реакцій при виробництві мастил на основі мильних загусників, що супроводжуються явищами масо- і теплообміну при змішування компонентів при виготовленні мастила - хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

З метою побудову підсистеми керування за обраним каналом керування, де температура суміші мастила та присадок у реакторі змінюється під впливом регульовального технологічного параметру за рахунок зміни витрати перегрітої пари, яка подається у поверхневий теплообмінник реактору з генератора пару необхідно провести комплекс робіт по визначенню параметрів передавальної функції об'єкту керування - хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316 по обраному каналу керування.

Таким чином нам треба визначити параметри хімічного реактора для каналу керування «витрати перегрітої пари – температура суміші на виході реактору», при постійній продуктивності подачі компонентів (мастила та присадок) для отримання суміші з заданими властивостями, та постійному механічному перемішуванні цієї суміші.

Температура перегрітої пари, яка подається у теплообмінник хімічного реактора підтримується на рівні 260 °C відповідною підсистемою керування

парогенератором, та є стабільною у межах ± 10 °С у всьому можливо-необхідному діапазоні паропродуктивності 6,5...11,5 кг/с.

Температура суміші на виході хімічного реактора має бути стабільною, значення якої залежності від технологічної кари виготовлення мастила.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування процесом масо- і теплообміну у хімічному реакторі входить об'єкт керування, в якості котрого виступає технологічне обладнання JHENTEN Tanks SS304 SS316.

У хімічному реакторі, обладнаному скребково-лопасним перемішувальним пристроєм, мастило витримують заданий технологічною картою час при з заданій стабільній температурі, яка може задаватися технологічними параметрами з діапазону 160...190 °С.

Джерелом тепла є перегріта пара 260 °С з тиском 4,6 МПа, яка подається у «сорочку» (поверхневий теплообмінник) хімічного реактора, далі охолоджена пара конденсується і стікає з «сорочки» хімічного реактора.

В хімічний реактор насосом постійно накачують омилену суміш, а подача концентрату присадок здійснюється іншим насосом. Готова суміш (мастило) видаляється з реактора дозуючим насосом до наступної ланки технологічного обладнання - в скребковий холодильник. Цей процес безперервний.

Пристрій керування, в якості якого виступає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485 у підсистему керування технологічним обладнанням JHENTEN Tanks SS304 SS316.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає паропродуктивність у межах з діапазону 6,5...11,5 кг/с, тобто фактичне регулювання здійснюється у діапазоні 0...5 (11,5-6,5) кг/с (0...100 %), за рахунок якого виконується необхідний нагрів суміші у хімічному реакторі.

Можливе дійсне значення нагрітої суміші (150...200 °С), контролюється за допомогою датчика температури.

Програмований логічний контролер виконує керування величиною паропродуктивності, відповідно з заданим та отриманим значенням температур.

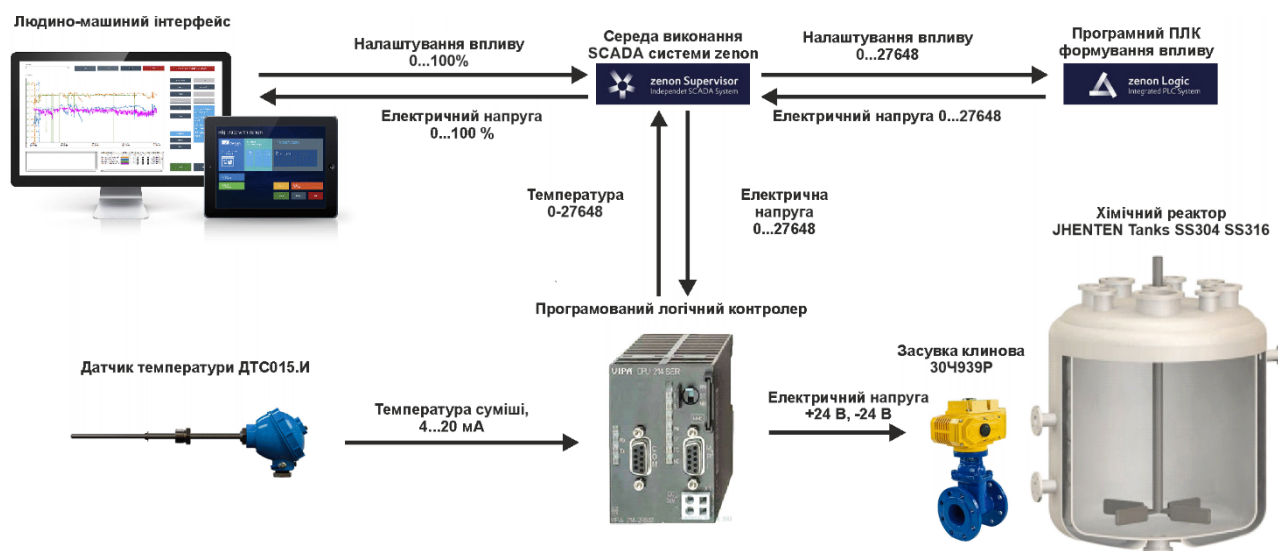


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

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

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування хімічним реактором JHENTEN Tanks SS304 SS316. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.

2. Отримати динамічну характеристику.

2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальним витратам пару 6,5 кг/с (0 %), температура суміші мінімальна (150 °С).

2.2. Запустити процес реєстрування.

2.3. Задати керуючий дорівнює максимальним витратам пару сигнал 11,5 кг/с (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму – температура суміші максимальна (200 °С).

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

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

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати керуючий сигнал 6,5 кг/с (0 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати керуючий сигнал 7,5 кг/с (20 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал 8,5 кг/с (40 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал 9,5 кг/с (60 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал 10,5 кг/с (80 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал 11,5 кг/с (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

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

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий сигнал 11,5 кг/с (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати керуючий сигнал 6,5 кг/с (0 %), дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

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

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно в діапазоні 6,5...11,5 кг/с (0...100 %).

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температури суміші становить 200 °С при керуючому сигналі 6,5 кг/с (0 %).

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 % або 100 %, а фактичне значення витрат пару 6,5 кг/с або 11,5 кг/с.

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

Для цього було встановлено керуючий сигнал 6,5 кг/с. Після досягнення усталеного режиму – мінімальна температура суміші 150 °С, керуючий сигнал було встановлено на 11,5 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму – максимальна температура суміші 200 °С експеримент було закінчено.

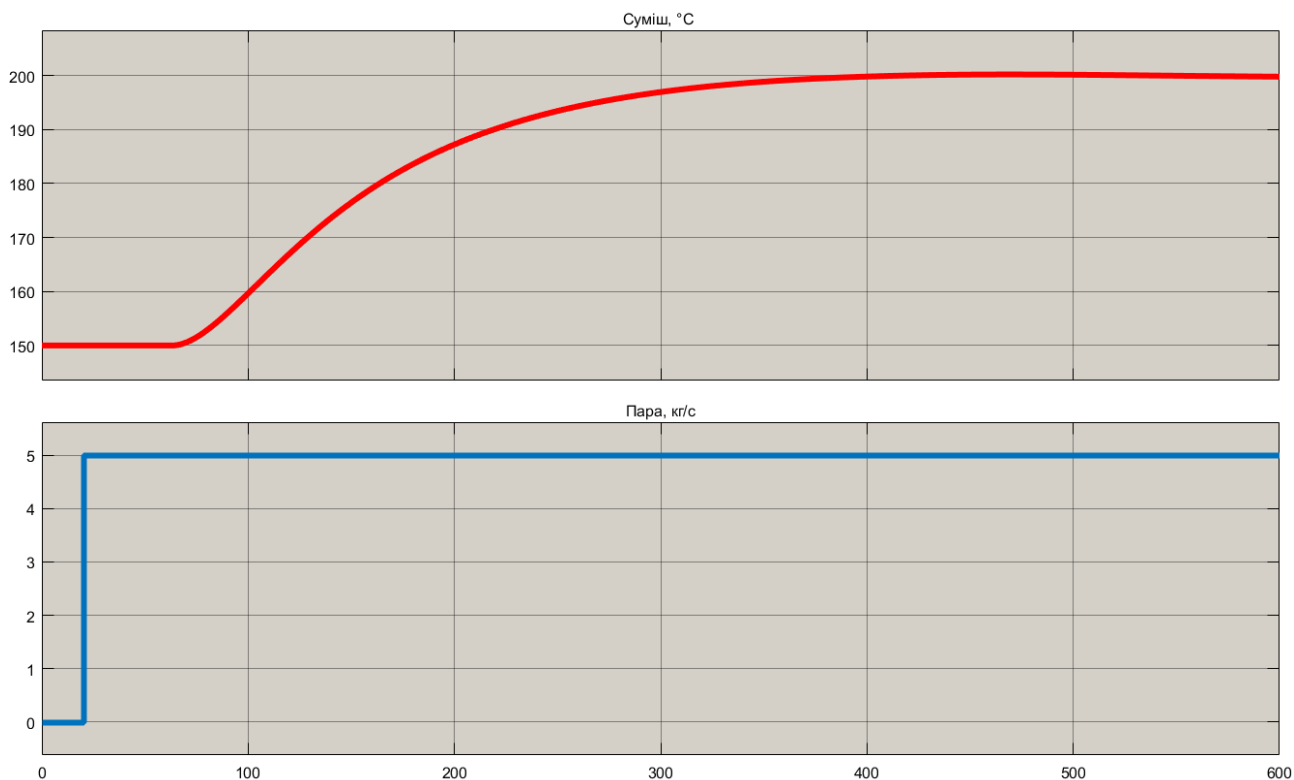


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

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

Для цього було встановлено керуючий сигнал 6,5 кг/с (0 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 7,5 кг/с (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 8,5 кг/с (40 %)..

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 9,5 кг/с (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 10,5 кг/с (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 11,5 кг/с (100 %).

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

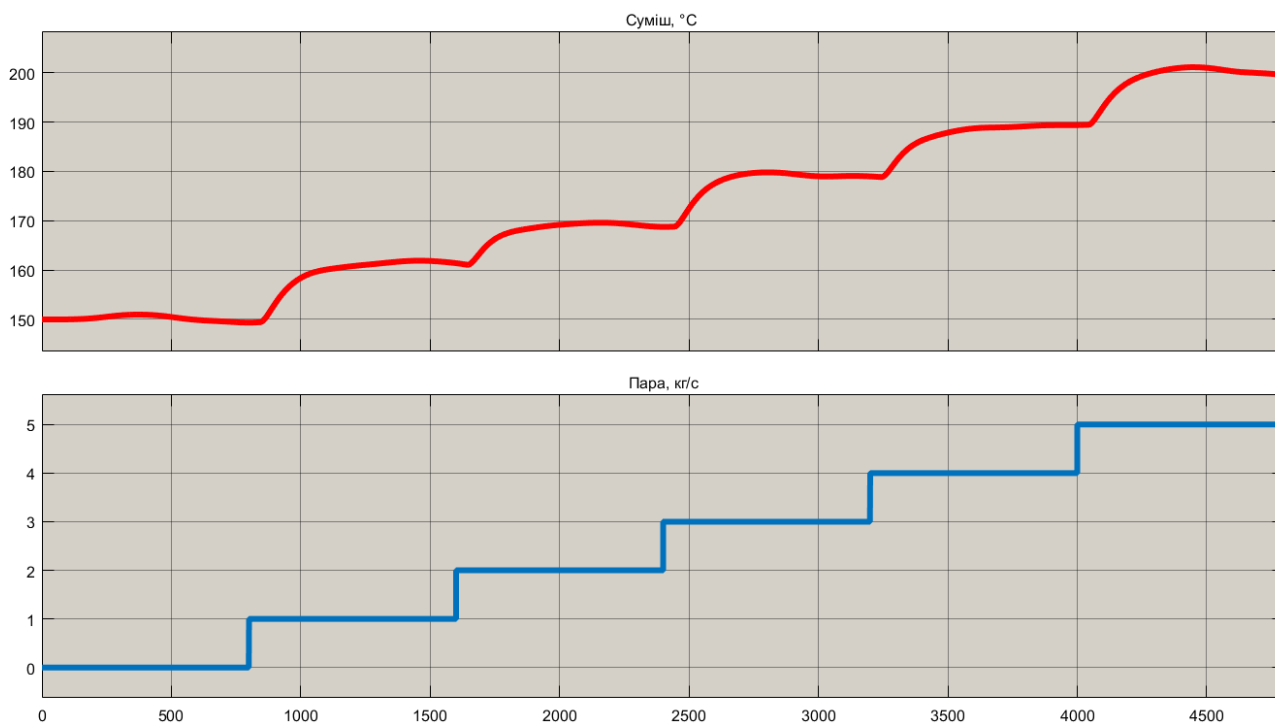


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 6,5 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 11,5 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 6,5 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

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

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 6,5 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 6,5...11,5 кг/с (0...100 %), з інтервалом зміни близько 100 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес 600 с, тобто

постійна часу близько $600 / 5 \approx 120$ с, затримка ~ 40 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 6 000 с.

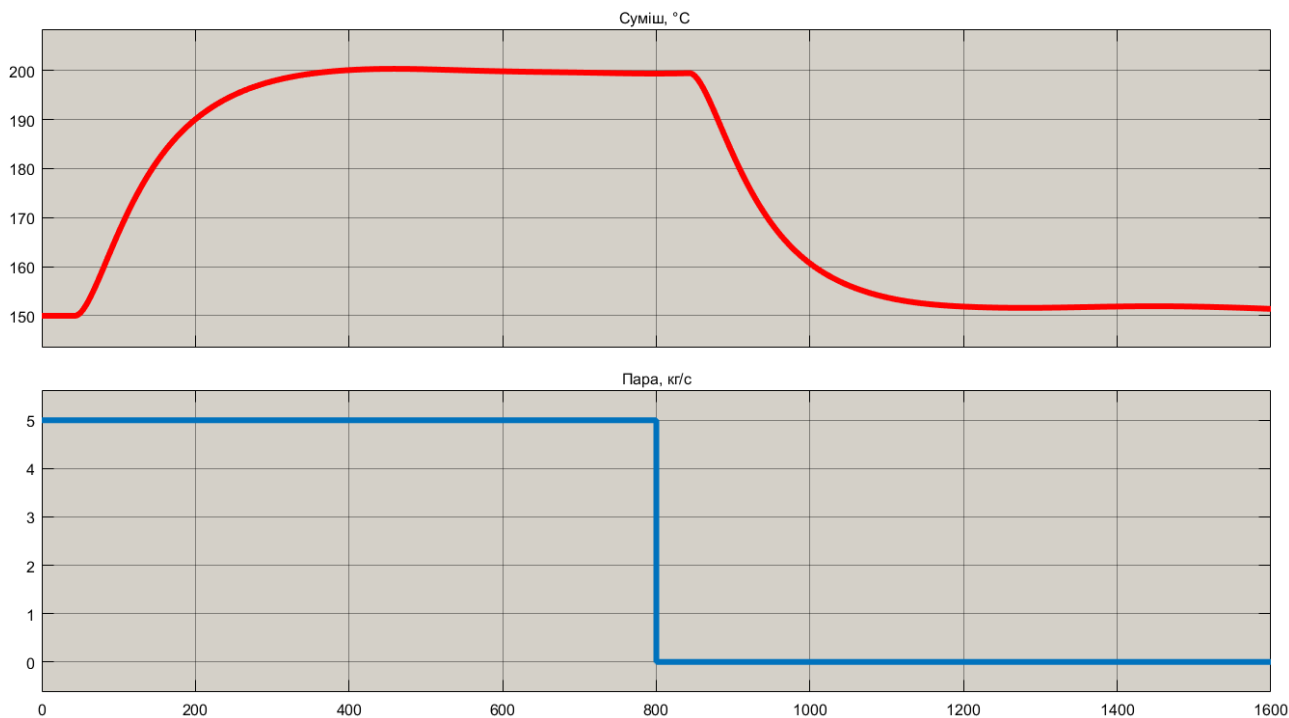


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

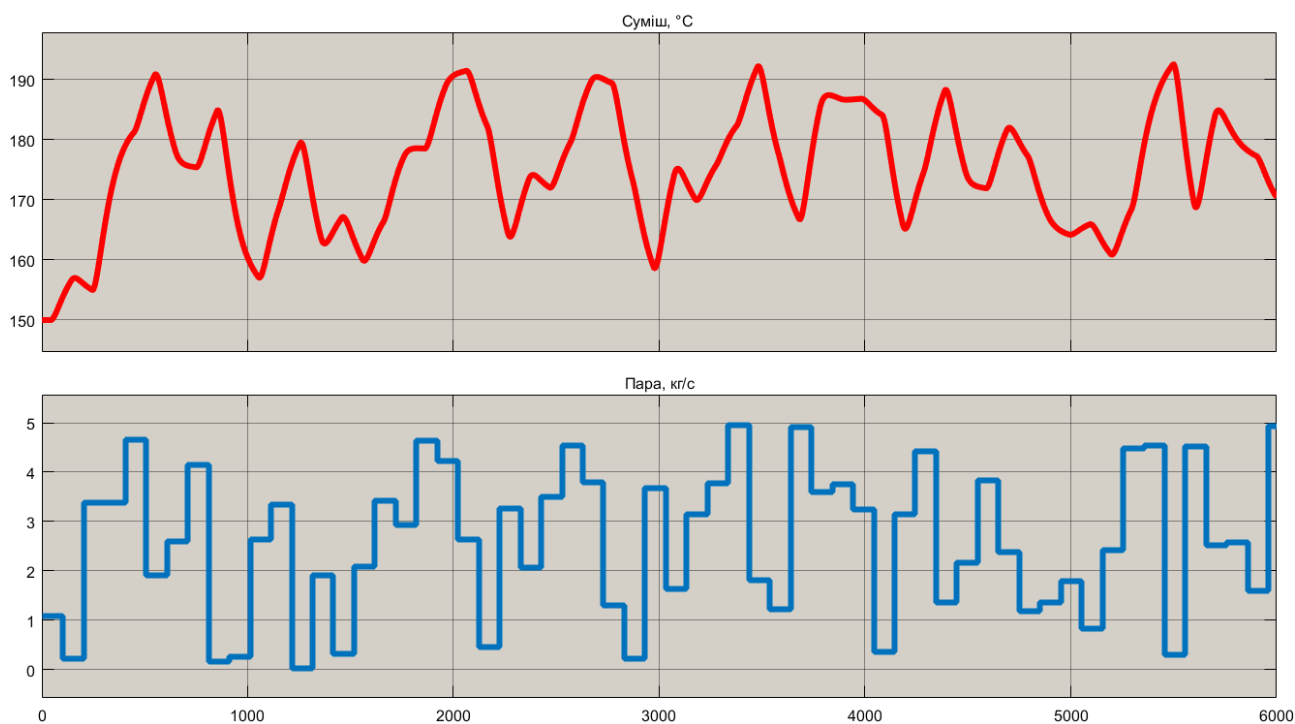


Рисунок 3.5 – Отримання перевіірочних даних

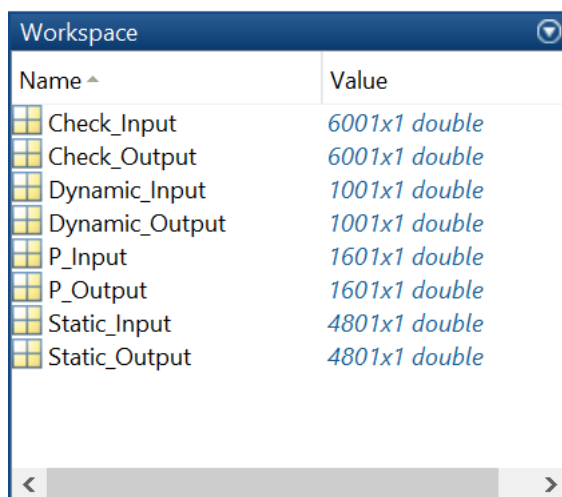
У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для

побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

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



Name	Value
Check_Input	6001x1 double
Check_Output	6001x1 double
Dynamic_Input	1001x1 double
Dynamic_Output	1001x1 double
P_Input	1601x1 double
P_Output	1601x1 double
Static_Input	4801x1 double
Static_Output	4801x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

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

З отриманих даних була видалена статична складова:

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

offset = min(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
```

```

trend.OutputOffset = offset;
Static = detrend(Static_Raw, trend);
offset = min(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
P = detrend(P_Raw, trend);

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

```

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

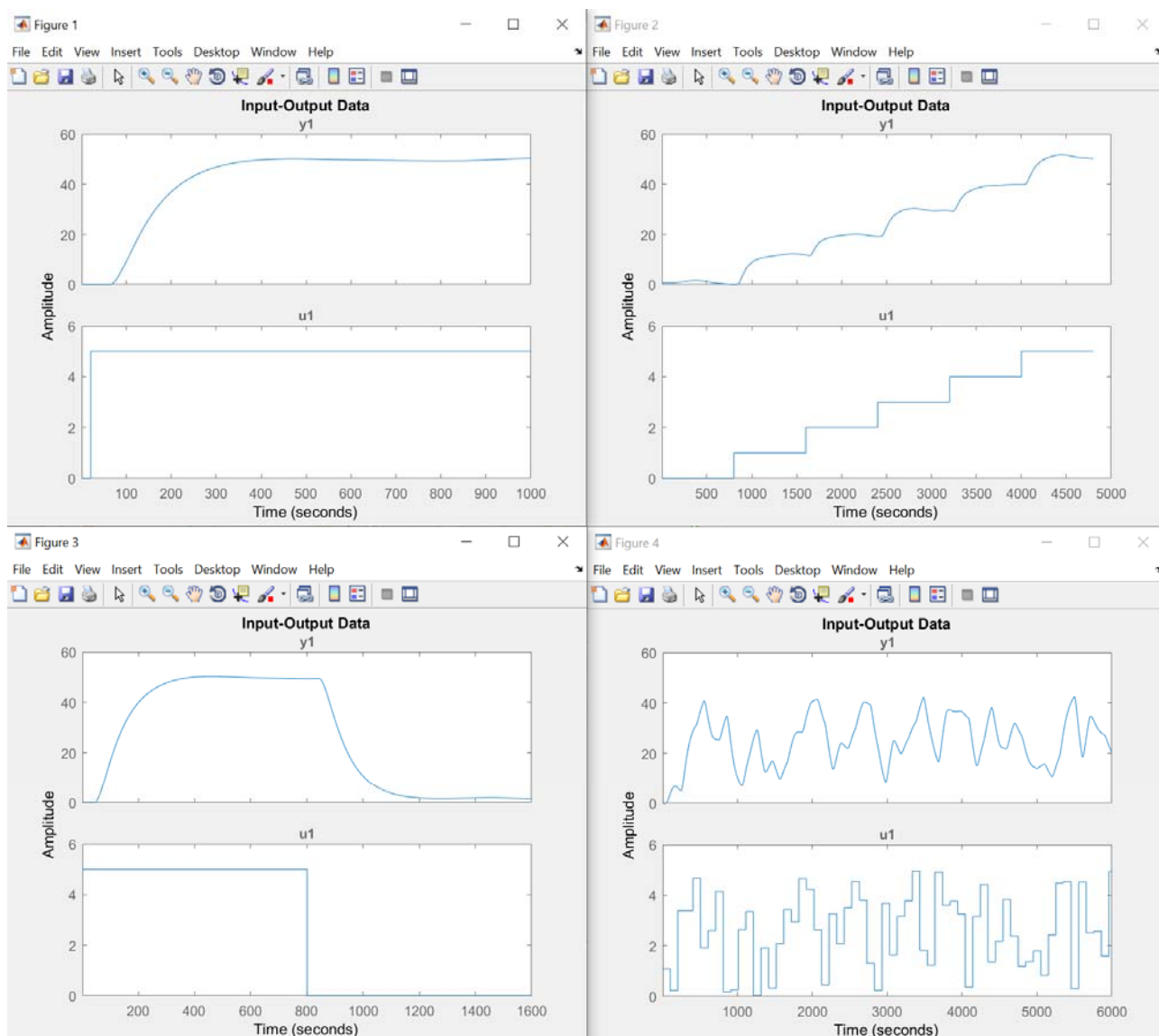


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірочна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

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

Після подачі керуючого впливу - 11,5 кг/с (100 %) вихідний сигнал - температура суміші не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням приблизно 44 с, це може бути пов'язано з інерційністю датчика температури, та інерційністю процесу теплообміну у технологічному обладнанні.

Крім того 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.

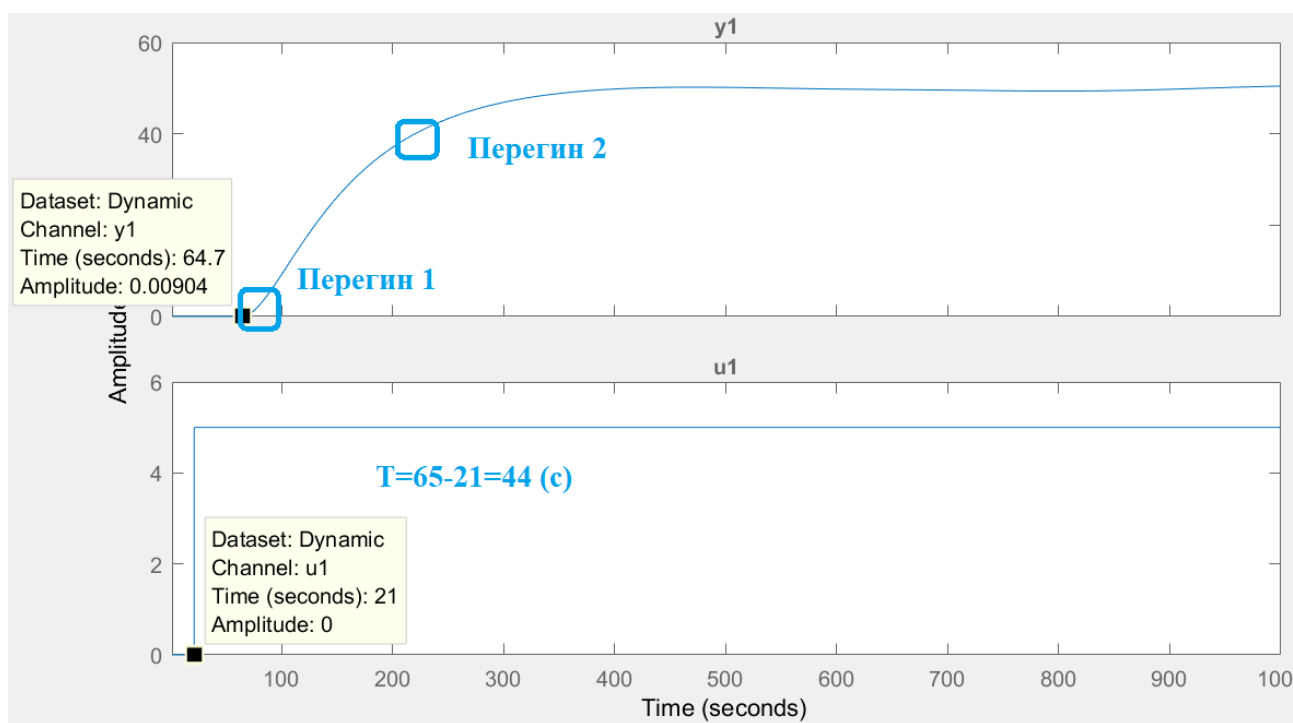


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.9).

```
Static_In = [ 1, 2, 3, 4, 5];
Static_Out = [ 10.5, 19.4, 29.7, 40.1, 50.2];
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k',...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 10.0, 'MarkerEdgeColor', 'k',...
     'MarkerFaceColor', 'k');
```

```

xlabel('Температура, °C');
ylabel('Вологість, %');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

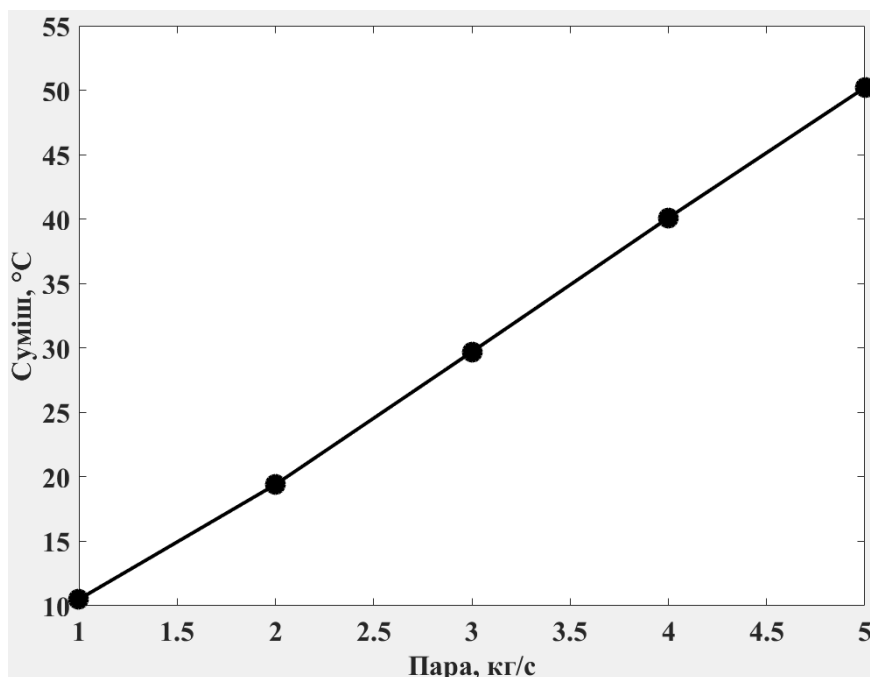
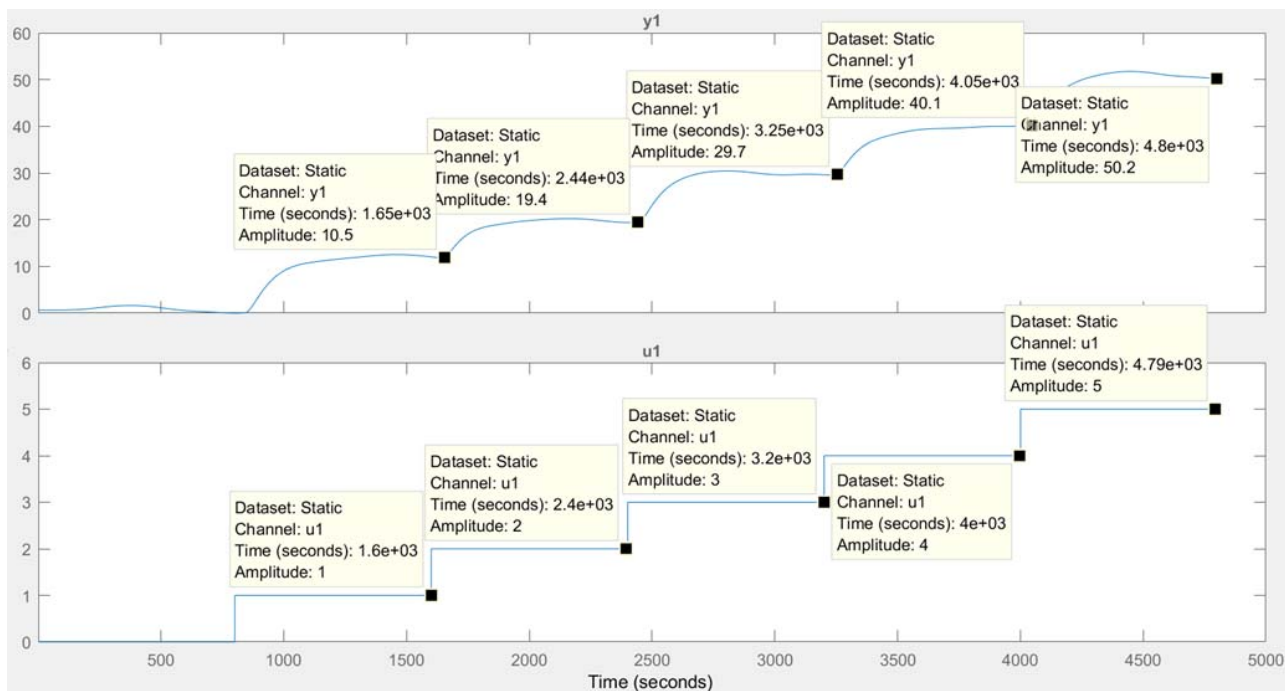


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

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

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

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```
Static_Gain_min = min(Static_Gain);
```

```

Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
    Static_Gain =
    10.5000    9.7000    9.9000    10.0250    10.0400
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 7.62 %

```

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

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Збільшення витрат пару з 1 кг/с (0 %) до 5 кг/с (100 %) приводить до відповідного збільшення температури з 0 °С до 50 °С, а зменшення витрат пару з 5 кг/с (0 %) до 1 кг/с (100 %) приводить до відповідного збільшення температури з 50 °С до 0 °С. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

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

```

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

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

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

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k');
plot(P_Fall, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'r');
hold('off');

```

```

xlabel('Час, с');
ylabel('Гradient, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

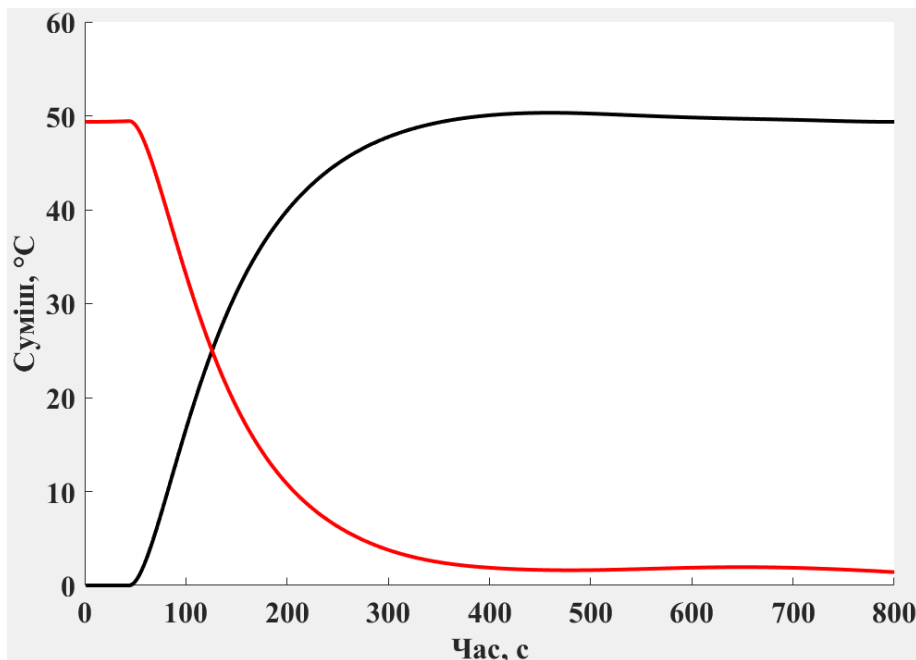


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

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

```

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

```

Порівняння ділянок підйому та спаду: 4.89 %

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

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

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

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

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

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

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

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

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

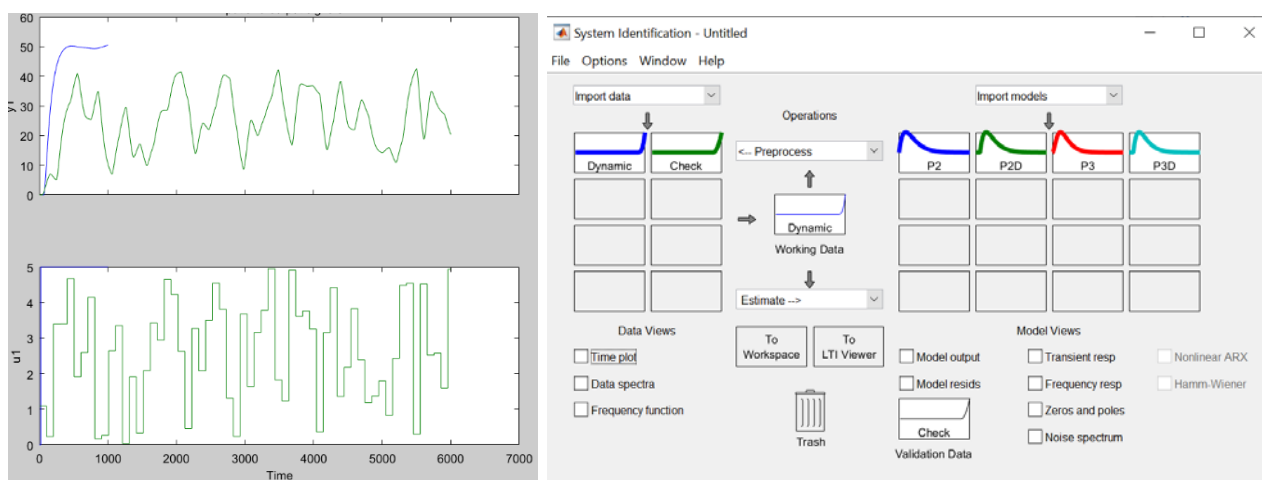


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

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

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2:

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

$$K_p = 9.9786 \pm 0.014463$$

$$T_{p1} = 63.662 \pm 385.35$$

$$T_{p2} = 63.957 \pm 385.5$$

Fit to estimation data: 93.23%

FPE: 1.12, MSE: 1.109

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

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

$$K_p = 9.9733 \pm 0.0030065$$

$$T_{p1} = 54.91 \pm 7.0225$$

$$T_{p2} = 50.77 \pm 7.186$$

$$T_d = 36.851 \pm 0.42685$$

Fit to estimation data: 97.78%

FPE: 0.1203, MSE: 0.1189

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3:

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

$$K_p = 9.97 \pm 0.0037566$$

$$T_{p1} = 25.654 \pm 3.3117$$

$$T_{p2} = 54.406 \pm 9.3856$$

$$T_{p3} = 45.867 \pm 12.243$$

Fit to estimation data: 97.31%

FPE: 0.1772, MSE: 0.1747

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

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

$$K_p = 9.9734 \pm 51.068$$

$$T_{p1} = 50.433 \pm 1.075e+08$$

$$T_{p2} = 55.234 \pm 1.1773e+08$$

$$T_{p3} = 1e-06 \pm 277.32$$

$T_d = 36.867 \pm 225.02$
 Fit to estimation data: 97.78%
 FPE: 0.1208, MSE: 0.1189

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P2, P2D, P3 та P3D до перевірочних даних отриманих на об'єкті керування Check наведена на рисунку 3.12 та представлена у таблиці 3.1.

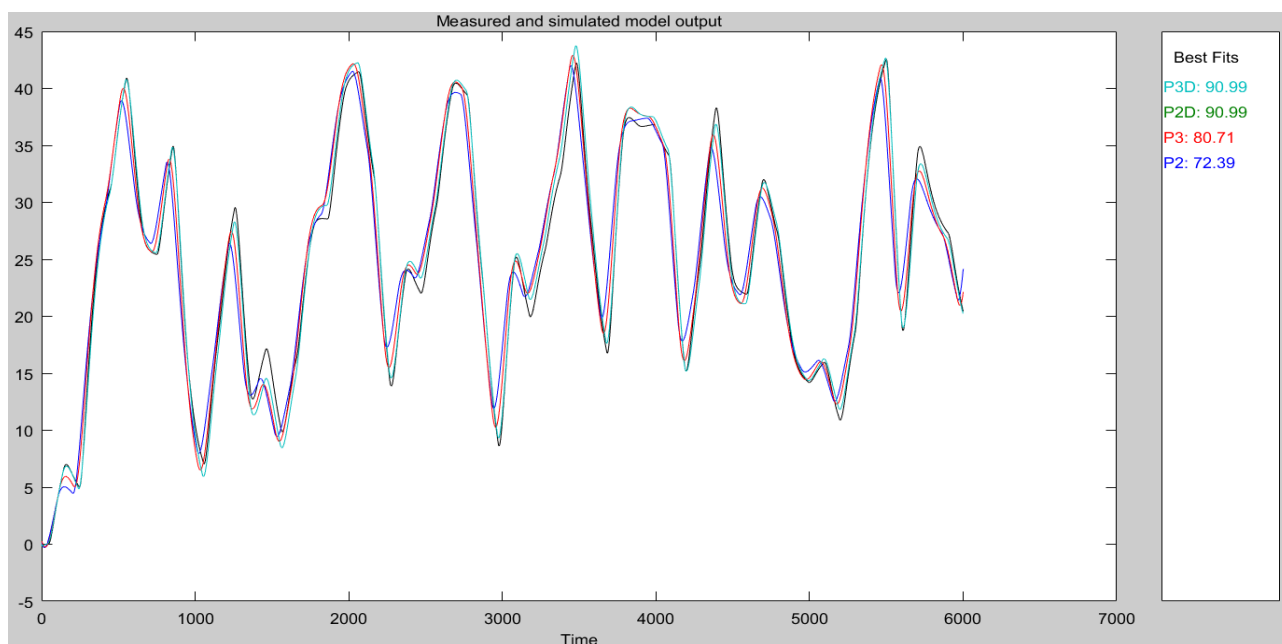


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

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

Назва параметру	P2	P2D	P3	P3D
k	9,9786	9,9733	9,97	9,9734
T_1, c	63,662	54,91	25,654	50,433
T_2, c	63,957	50,77	54,406	55,234
T_3, c	–	–	45,867	1e-06
τ	–	36,851	–	36,867
Динамічна характеристика				
НСКП, %	93,23	97,78	97,31	97,78
ПОП	1,12	0,1203	0,1772	0,1208
СКП	1,109	0,1189	0,1747	0,1189
Перевірочні данні				
НСКП, %	72,39	90,99	80,71	90,99

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P2 – другого порядку без затримки, P2D – другого порядку з затримкою, P3 – третього порядку без затримки та P3D – третього порядку з затримкою, по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще

всього підходять моделі P2D (97,78 %) та P3D (97,78 %) вони не відрізняються за цим показником, помилка остаточного передбачення (ПОП) для P3D у $0,1208 / 0,1203 \approx 1,004$ рази більша за P2D, тобто можна рахувати, що за цим показником вони теж однакові.

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними, найкращі і однакові між собою теж мають ці же самі моделі P2D та P3D з показником НСКП відповідності за перевірочними даними у 97,78.

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

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час перехідного процесу складає близько біля $\sim 600 / 5 \approx 120$ с, затримка близько 44 с, а для отриманої моделі другого порядку постійна часу становить $54,91 + 50,77 = 105,68$ с, а затримка 36,851 с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

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

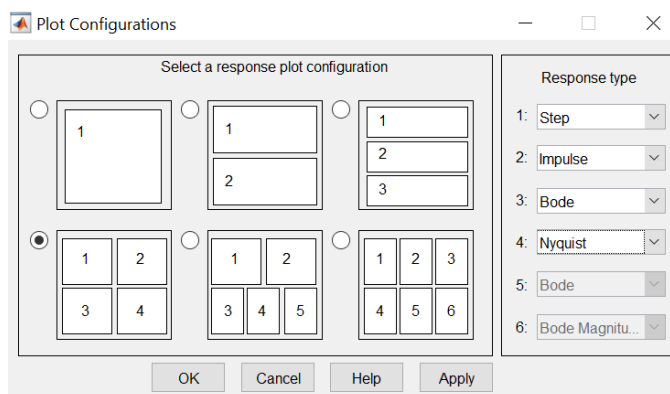


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

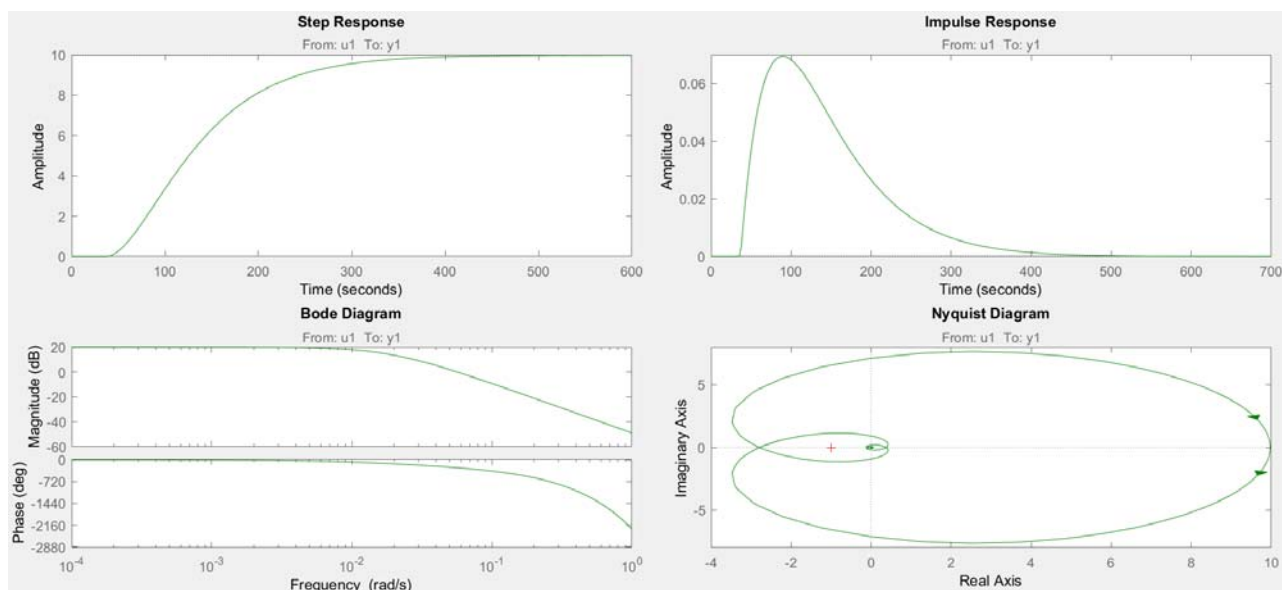


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель P2D у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 90,99 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{9,9733 \cdot e^{-36,851s}}{(54,9s + 1) \cdot (50,77s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

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

При налаштуванні час моделювання задано 6 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 секунда, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування. На вхід моделі додано статичний зсув величиною 6,5 кг/с (мінімальне значення витрат пари вході об'єкту керування). На виході додано статичний зсув характеристики 85 °С, який є корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування.

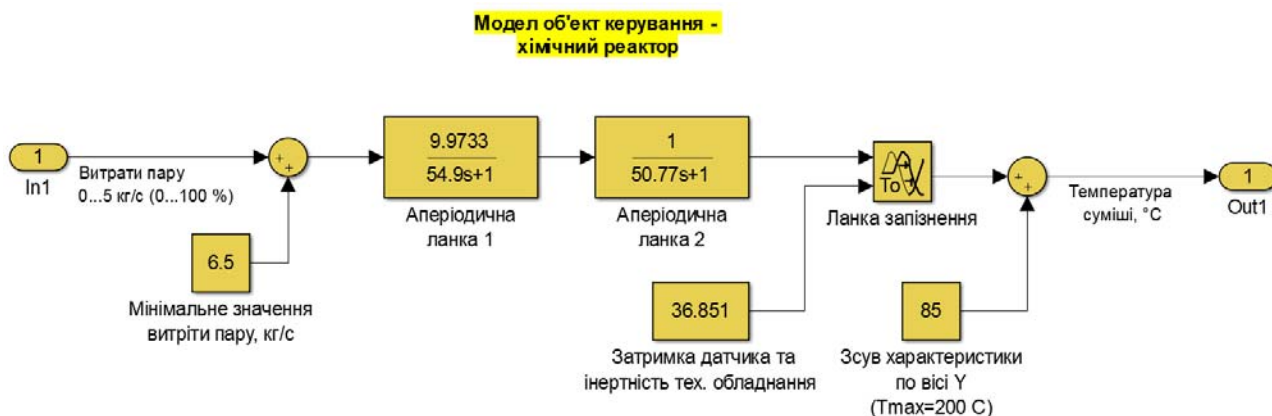


Рисунок 3.15 – Модель об'єкту керування

На рисунку 3.16 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність. На вихід моделі P2D доданий статичний зсув характеристики 150 °C, який є корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування, так як для ідентифікації у System Identification Toolbox вони були видалені.

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

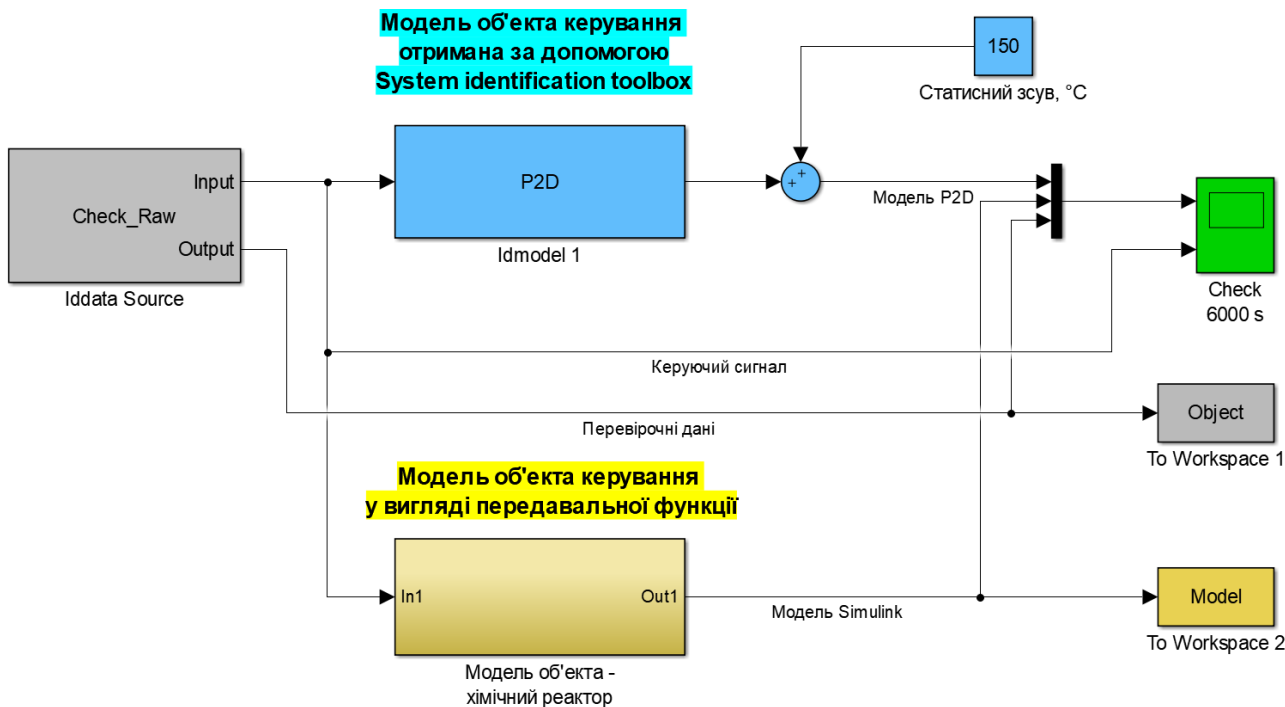


Рисунок 3.16 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модел ь P2D») та моделі

розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

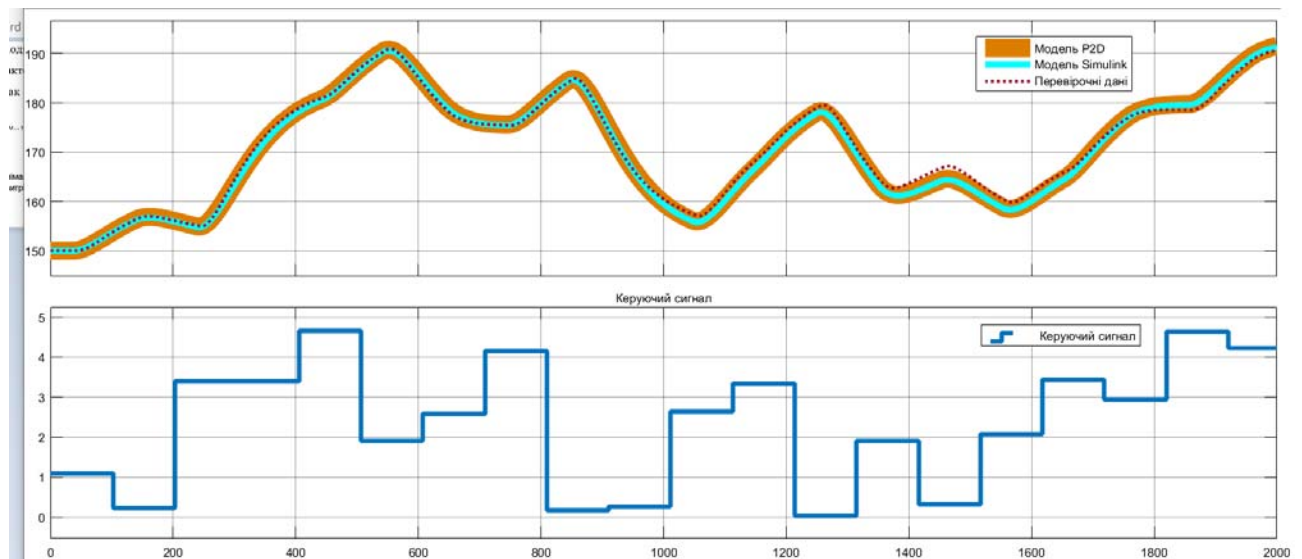


Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

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

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

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

```

nFk = finv(nP, nM, nV);
fprintf('Статистичний критерій Фішера: %.3f\n', nF);
fprintf('Критичне значення статистики Фішера: %.3f\n', nFk);
if (nF > nFk)
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
else
    fprintf('\nСтатистичний критерій Фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
end
end

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```
>> GetAdequacy(Model, Object)
```

Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.997

Статистичний критерій Фішера: 356333.217

Критичне значення статистики Фішера: 2.708

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

Використовуючи скрипт `GetAdequacy.m` встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,9 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

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

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

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

моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рис. 3.19.



Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

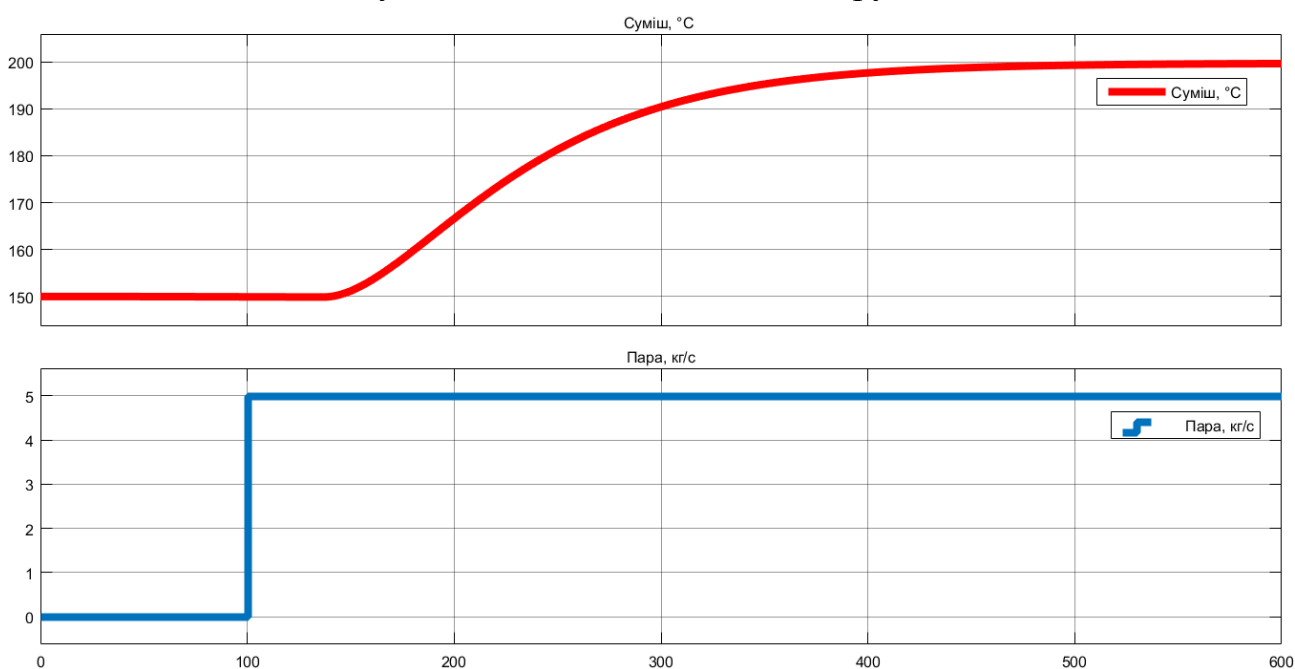


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

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

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 9,9733 і постійні часу 54,91 с та 50,77 с, а запізнення становить 36,851 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 90,99 %, сильний кореляційний зв'язок 0,9 та статичний критерій Фішера 356 333 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу з виготовлення мастила у хімічному реакторі JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

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

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки підсистеми керування хімічним реактором JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником, який призначений для проведення хімічних реакцій при виробництві мастил на основі мильних загусників.

У цей час на підприємстві більша частина використовуваних систем керування мають у своїй основі морально та фізично застарілу елементної базу яка не забезпечує необхідні параметри технологічних процесів.

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

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

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

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

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

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

C_{OB} – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

D_{TP} – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

M_{MH} – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

K_{PZ} – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [11...15]

№	Найменування	Один. виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль анал. вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	4 740,30	9 480,60
3	Модуль дискр. виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	2 335,80	2 335,80
4	Датчик температури ДТС015.И	од.	2	1 195,06	2 390,12
5	Датчики тиску UNIK 5000 PTX 5072	од.	2	3 550,00	7 100,00
6	Фланцевий вихровий витратомір серії STLU-BPT-80	од.	1	100 570,00	100 570,00
7	Реле твердотільне Jotta SSR 50DA	од.	5	1 023,00	5 115,00
8	Мережний кабель	м	135	22,00	2 970,00
9	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	37 213,00	37 213,00
10	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				183 848,92

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

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

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 183\,848,92 \cdot 0,08 = 14\,707,92 \text{ (грн.)}.$$

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

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

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 183\,848,92 \cdot 0,07 = 12\,869,43 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

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

- 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.);
- $t_{от}$ – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

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

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

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

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 100... 350, приймаємо $q = 275$);

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

$$Q = 275 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 409$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 48$ (люд. – год.).

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

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

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 409 * 1,5 / (80 * 1,2) \approx 7 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 409 / (20 * 1,2) \approx 18 \text{ (люд. – год.)}.$$

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:

$$t_n = 409 / (20 * 1,2) \approx 18 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 409 / (4 * 1,2) \approx 86 \text{ (люд. – год.)}.$$

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:

$$t_{др} = 409 / (15 * 1,2) \approx 23 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 23 = 18 \text{ (люд. – год.)}.$$

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

$$t_g = 23 + 18 = 41 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 48 + 7 + 18 + 18 + 86 + 41 = 218 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{ПЗ} = Z_{зп} + Z_{мі}, \quad (4.13)$$

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:

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

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 110$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{\text{ЗП}} = 218 * 110 = 23\,980,00 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$З_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{\text{МЧ}} = 15,00$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{\text{МІ}} = 18 * 15,00 = 270,00 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 23\,980,00 + 270,00 = 24\,250,00 \text{ (грн.)}.$$

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.)).

$$T = 218 / (1 * 176) \approx 1,25 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = 183\,848,92 + 14\,707,92 + 12\,869,43 + 24\,250,00 \approx \\ \approx 235\,676,27 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

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

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

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

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

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

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

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

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

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

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

де H_a – норма амортизації (%);

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

Амортизація основних фондів визначається як:

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

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

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

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

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

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 235\,676,27 \cdot 40/100 = 94\,270,51 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

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

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

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

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

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

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

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

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

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

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	3	68	1 840	375 360,00	30 028,80	26 275,20	431 664,00
2	Інженер	3	90	1 840	496 800,00	39 744,00	34 776,00	571 320,00
3	Наладчик	1	76	1 840	139 840,00	11 187,20	9 788,80	160 816,00
Разом								1 163 800,00

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,163\,800,00 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

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

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,163\,800,00 = 256\,036 \text{ (грн.)}.$$

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:

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 1\,163\,800,00 = 58\,190,00 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

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

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,26$ (кВт · год.));

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

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

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

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,26 * 365 * 24 * 2,712 = 6\,176,85 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

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

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{Інш}} = 0,04 * 1\,163\,800,00 = 46\,552,00 \text{ (грн.)}.$$

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

$$C = 94\,270,51 + 1\,163\,800,00 + 256\,036 + 58\,190,00 + 6\,176,85 + 46\,552,00 = 1\,625\,025,36 \text{ (грн.)},$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	94 270,51
2	Фонд заробітної плати	1 163 800,00
3	Відрахування на соціальні виплати	256 036
4	Ремонт та технічне обслуговування	58 190,00
5	Електроенергія	6 176,85
6	Інше	46 552,00
7	Загалом	1 625 025,36

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 236 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,25 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,6 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У роботі розглядається питання з автоматизації технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників.

Метою даного розділу є аналіз санітарно-гігієнічних умов праці, умов безпеки праці і пожежної безпеки.

5.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації

Екологізація суспільства – найактуальніша проблема людства. Розвиток цивілізації, на жаль, призвів до сильного забруднення повітря, води, ґрунту. Забруднення навколишнього середовища дедалі все збільшується, в атмосфері підвищується вміст продуктів згорання палив, відходів виробництва тощо. Перенасичення води та ґрунту різними відходами провокує знищення тваринного та рослинного світів. Вплив підприємств нафтохімічного комплексу на стан навколишнього природного середовища характеризується викидами в атмосферу вуглеводнів, сірчаної кислоти, сірковуглецю, ртуті, фтористих та інших шкідливих сполук. Хімічна промисловість – одна з основних галузей економіки, де утворюються у великих обсягах відходи, значна кількість яких – токсичні. Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на довкілля вважаються об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є потенційними джерелами забруднення довкілля, що може статися у разі порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації. Значної шкоди довкіллю завдають відпрацьовані гази автомобілів, паливно-мастильні матеріали, зливні води після миття автомобілів та їх агрегатів, пари різних шкідливих речовин, кислот, матеріалів, що використовуються в технологічних процесах ремонту автомобілів.

Відновлення властивостей відпрацьованих мастил і повторне їх використання має важливе значення для господарства України: забезпечує

реальну економію ресурсів країни та попереджує екологічну загрозу потрапляння використаних і не використаних мастил у навколишнє середовище.

Усі заходи по охороні праці проводяться з метою захисту учасників трудового процесу від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що характеризують умови його проведення.

5.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Дія на людину нафтопродуктів залежить від концентрації їх парів у повітрі; часу перебування людини у загазованій атмосфері та її фізіологічних особливостей до дії забруднювачів.

Допустимою концентрацією речовини вважається така, що не впливає на самопочуття людини, її настрій, не зменшує її працездатності, а також не впливає на рослинний й тваринний світ, клімат місцевості, стан атмосфери, на побутові умови населення. Здатність нафтопродуктів порушувати життєдіяльність живих організмів – це токсичність.

Токсичність нафтопродуктів залежить від хімічного та фракційного складу. Так, *n*-парафінові вуглеводні діють як наркотики на нервову систему; ізопарафінові вуглеводні менш токсичні. Цикланові вуглеводні й, зокрема, ароматичні, більш токсичні порівняно з парафіновими. Деякі з ароматичних вуглеводнів є високотоксичними, сприяють виникненню онкологічних захворювань, наприклад, бензол.

Нафтопродукти токсичні у рідкому та пароподібному стані. Вони можуть спричиняти порушення життєдіяльності живих організмів аж до їх загибелі. В організм людини вони потрапляють через органи дихання з повітрям (це найнебезпечніше отруєння), з їжею, водою, через шкіру випадково. Пари нафтопродуктів отруйні, причому, чим важчий нафтопродукт, тим вища його токсичність.

Нафтопродукти, потрапляючи у воду, утворюють дуже тонкі плівки, порушують кисневий режим водоймищ, забруднюють прибережну рослинність,

а потрапляючи в організм риб та інших мешканців водоймищ, надають їм неприємного запаху.

Деякі сірчані сполуки, що містяться в нафтопродуктах, мають високу токсичність, отруйні властивості.

Вміст сірчанних сполук в нафтах різних родовищ та в нафтопродуктах різняться; під час перероблення нафти їх вміст збільшується від низько-киплячих до високо-киплячих фракцій.

Сірчані сполуки, що умовно відносяться до активних, такі як сірководень, меркаптани – високотоксичні, отруйні речовини.

Сірководень в нафтах міститься дуже рідка, він утворюється під час їх перероблення. Сірководень – сильна отрута з запахом тухлих яєць. Він викликає запаморочення, головний біль, нудоту, за великих концентрацій – смерть. Сірководень має велику відносну (за повітрям) густину – 1,19 і тому накопичується в низинних місцях (ямах, лотках, каналізації).

Меркаптани також мають неприємний запах, що відчувається за малих концентрацій в повітрі ($1 \cdot 10^{-7}$ % ваг.). Тому їх використовують як одоранти: додають до газових палив, щоб відчувати запах у разі можливого їх витікання через нещільності.

Низькомолекулярні меркаптани є високотоксичними речовинами. Вони викликають запаморочення, біль в очах, головний біль тощо.

Такі сірчані сполуки як сульфіді, дисульфіді також мають неприємний запах, але не такий різкий як меркаптани. Отруйні властивості їх менші порівняно з отруйними властивостями сірководню та меркаптанів.

При згоранні сірчанних сполук, що містяться в нафтопродуктах, утворюються ангідриди, що є також високотоксичними речовинами.

5.3 Заходи безпеки під час використання мастил

Для експлуатації техніки, а також для забезпечення всіх видів її технічного огляду (ТО) і ремонту застосовують великий асортимент мастил.

За критичних концентрацій пари нафтопродуктів у поєднанні з повітрям утворюються пожежонебезпечні суміші. Рідкі палива горять та вибухають за порівняно невисоких концентрацій пари у повітрі. Для бензинів, газу і дизельного палива пожежонебезпечними є суміші, коли вміст парів у повітрі за об'ємом становить від 1,1 до 6 %.

Пожежонебезпечність палива та мастил характеризується температурою спалаху. Залежно від температури спалаху, нафтопродукти поділяють на особливо небезпечні легкозаймисті (температура спалаху нижче 28 °С), легкозаймисті (температура спалаху нижче 60 °С) і горючі (температура спалаху вище 60 °С). Бензин відноситься до особливо небезпечних легкозаймистих, гас і дизельне паливо належить до легкозаймистих рідин.

5.3.1 Загальні вимоги безпеки

Усі працівники перед зарахуванням на роботу, пов'язану з нафтопродуктами, проходять медичний огляд. Вони повинні вивчити і мати у своєму розпорядженні інструкції з технічної, особистої та пожежної безпеки. Більшість робіт необхідно виконувати у спеціальному одязі і взутті. Необхідно мати захисні пристосування: рукавички, окуляри, маски, протигази тощо у місцях, де можливе інтенсивне виділення парів нафтопродуктів.

Під час використання мастил не можна знаходитися у взутті чи одязі зі сталевими підківками, набійками, пряжками, а також користуватися сталевим інструментом, щоб уникнути утворення іскри, що може спричинити пожежу або вибух. Інструмент повинен бути виготовлений з кольорового металу або обміднений.

Вантаж масою понад 200 кг переміщують тільки підйомно-транспортними засобами. Заповненні або порожні бочки піднімають і транспортують спеціальними підйомниками. За відсутності механізованих засобів бочку завантажують у ручний спосіб тільки перекочуванням. Перенесення бочок (скляної тари) на спині і перед собою незалежно від їх маси забороняється.

Категорично забороняється відкривати чи закривати металеві кришки, ударяючи по них молотком чи іншим сталевим інструментом.

Перед початком будь-яких робіт необхідно переконатися у справності електроустаткування та освітлювальної мережі на робо-чому місці. Не можна працювати у закритих приміщеннях, де зберігаються нафтопродукти, за відсутності або несправності приточна-витяжної вентиляції.

На транспортних засобах, що перевозять небезпечні вантажі, до яких належать й мастила, встановлюють прямокутні розпізнавальні знаки. У лівій частині знаку на білому фоні розміщена інформація (піктограма) про характер вантажу за прийнятою класифікацією (вибухові речовини, легкозаймисті тощо).

У разі загорання одягу необхідно збити полум'я, закутати потерпілого в ковдру, повстину, пальто тощо. Згасивши вогонь, розрізають одяг і обробляють обпечені місця: промивають розчином перманганату калію. Застосовувати воду не рекомендується, тому що це веде до утворення пухирів і посилює больові відчуття. При сильних опіках необхідна медична допомога.

Якщо нафтопродуктами подразнені слизові оболонки очей, їх промивають 2 % розчином соди, холодним чаєм, чистою водою.

Категорично забороняється зберігання мастил, зокрема, і відпрацьованих, у відкритій тарі і місткостях як на території складів, так і в інших приміщеннях.

Нафтопродукти, що зайнялися, не можна заливати водою, тому що продукт розтікається по поверхні води і полум'я підсилюється. Для ліквідації вогню потрібно якнайшвидше припинити доступ повітря до палаючого предмету: закрити брезентом, ковдрою, засипати піском, використати вогнегасники. Джерело займання огорожують бар'єром з піску, а потім гасять вогонь.

Якщо зайнявся нафтопродукт у місткості, потрібно закрити кришку люка і зверху накрити наявними протипожежними матеріалами, а потім вогнегасниками збивати полум'я з поверхні резервуара.

З метою ліквідації можливого загорання необхідно постійно стежити за справністю протипожежного устаткування. Воно повинно бути завжди готове до

негайного застосування. Місця зберігання протипожежних засобів повинні бути добре відомі всім працівникам.

Враховуючи те, що отруєння організму людини у разі недбалого поводження з нафтопродуктами відбувається в основному від пари летких продуктів, не можна також зневажати дотримання необхідних запобіжних заходів під час роботи з оливами та мастилами, що містять токсичні компоненти. При недотриманні викладених в інструкціях відповідних запобіжних заходів можуть виникати та розвиватися захворювання шкіри рук. Для попередження шкірних захворювань рекомендується застосовувати індивідуальні захисні засоби.

Відкриті ділянки шкіри під час роботи з мастилами потрібно захищати профілактичними пастами. Призначає пасту лікар на підставі результатів індивідуальних профілактичних оглядів працюючих.

Якщо мастила, що використовуються для виготовлення мастил, містять у своєму складі різні функціональні присадки (проти-зношувальні, захисні, анти-окиснювальні, протикорозійні, проти-пітингові тощо) у кількостях від 0,1 до 5 % (за масою), то за впливом на організм людини вони є високо небезпечними та небезпечними речовинами.

У зв'язку з тим, що присадки (трикрезилфосфат, бензотриазол, феніл- α -нафтиламін тощо) знаходяться в оливах у розчиненому стані, ці мастила за температур навколишнього середовища від мінус 50 до плюс 50 °C у разі короткочасного впливу на шкіру є мало-небезпечними продуктами.

Отруєння оливами з токсичними присадками виникає у разі тривалого і систематичного впливу на незахищені шкірні покриви.

Важкі отруєння виникають під час вдихання пари продуктів нагрівання мастил, що утворюються, зазвичай, у закритих приміщеннях, місткостях і системах техніки в умовах тривалої експлуатації за підвищених температур.

Для попередження отруєнь мастилами з отруйними присадками необхідно дотримуватися таких запобіжних заходів: усі роботи за підвищених температур

виконувати у добре провітрюваному приміщенні (витяжній шафі) або на відкритому повітрі з використанням спецодягу (халат, рукавички, нарукавники і фартух ізольованого типу); у разі потрапляння оливо з отруйними присадками на одяг місця забруднень необхідно протерти гасом, а потім просушити одяг на відкритому повітрі; ремонт гідравлічних та мастильних систем проводити тільки за відсутності в них тиску та після охолодження двигуна; після закінчення робіт промити робочий інструмент гасом та прийняти теплий душ з милом.

З відпрацьованими оливами треба поводитися з великою обережністю, тому що вони вкрай отруйні та небезпечні для шкіри.

Для уникнення важких наслідків для свого здоров'я достатньо взяти деяких елементарних заходів:

- уникати, за можливості, контакту відпрацьованих оливо зі шкірою;
- часто мити руки з милою, уникаючи розчинників і абразивних миючих засобів;
- намагатися не тримати у кишенях руки, забруднені мастилом;
- змінювати брудний спецодяг.

Відпрацьовані мастила дуже забруднюють довкілля, тому їх не можна зливати в каналізацію чи на землю, а потрібно збирати в спеціальні місткості.

Стосовно цього треба пам'ятати, що тільки один літр відпрацьованого мастила може забруднити до 1 млн літрів ґрунтової води.

Під час роботи з мастилами випадки пожеж найчастіше трапляються від дії на експлуатаційні матеріали відкритого полум'я, розрядів статичної електрики, іскри під час удару чи тертя, а також у разі попадання паливних рідин на нагріту поверхню.

5.3.2 Застосування первинних засобів гасіння пожежі

Усі працівники зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки, з якими їх знайомлять у процесі проведення протипожежних інструктажів.

З робітниками підприємств проводиться пожежотехнічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і обладнанням, що використовується для цього та первинними засобами пожежогасіння. Для ліквідації загорання, попередження пожеж та вибухів на кожному підприємстві, що має пожежо- та вибухонебезпечні процеси (категорії А, Б, В, Є), розробляється план пожежотехнічних заходів, в якому передбачається: порядок сповіщення керівників підприємств та виклик пожежних підрозділів; перелік пожежо- та вибухонебезпечних приміщень та обладнання, можливі причини пожежі та вибуху; дії персоналу підприємств щодо попередження пожежі або вибуху, а також способи та засоби їх ліквідації; порядок та способи евакуації персоналу та обладнання.

Усі транспортні підприємства повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, до яких належать пожежні стволи (водні та повітряно-пінні), внутрішні пожежні водопроводи (крани), вогнегасники (хімічно-пінні, газові, порошкові), бочки з водою, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, інструмент та пристрої для розбирання будівельних конструкцій під час гасіння (багри, лопати, сокири тощо).

Для гасіння пожеж застосовують воду, водяні емульсії, галогенові вуглеводні, хімічну та повітряно-механічну піну, водяну пару, діоксид вуглецю, інертні гази, порошки.

Вогнегасний ефект води полягає в змочуванні поверхонь, зволоженні та охолодженні речовин, що горять, механічному збиванні полум'я струменем води.

Водою не можна гасити рідкі горючі речовини, електро-установки, що перебувають під напругою, лужні метали.

Для гасіння невеликих займань, а також за неможливості використання води, застосовуються ручні та пересувні вогнегасники, пісок або тирсу, насичену 15 % розчином кальцинованої соди, азбестові полотна, повстяні мати, кошми тощо.

Пожежу найлегше ліквідувати в початковій стадії. Успішна ліквідація займань можлива тільки в результаті чітких і швидких дій. Для цього треба знати будову, принцип дії вогнегасників та вміти ними користуватися.

На підприємствах застосовуються такі вогнегасники: хімічно-пінні ОХП-10, ОПМ, ОП-9ММ, ОХВП-10; вуглекислотні ручні ОУ-2, ОУ-3, ОУ-5, У-8, а також пересувні ОУ-25, ОУ-80, УП-2М; повітряно-пінні ОПК-1,5, ОВП-5, ОВП-10, порошкові ОП-1Б, ОП-2Б, ОП-5С, ОП-10.

Пінний вогнегасник ОХП-10 є на всіх транспортних підприємствах, а також широко застосовується на будовах, складах, у побутових будівлях і на інших об'єктах.

Вогнегасник розрахований для гасіння пожежі на ділянці площею 1 м². Вогнегасна дія піни: при покритті нею поверхні речовини, що горить, припиняється доступ кисню повітря, горючих газів та пари у зону горіння, а також охолоджується найбільш нагрітий поверхневий шар.

5.3.3 Правила пожежо- і вибухобезпеки

Нафтопродукти й зріджені або природні гази під час їх транспортування, зберігання і видачі можуть змінювати свої фізико-хімічні й термодинамічні властивості, що характеризуються щільністю, токсичністю, в'язкістю, тиском насиченості газів, схильністю нафтопродуктів при русі комунікаціями накопичувати заряди статичної електрики. Крім цього нафтопродукти схильні до самозаймання, а зріджені чи природні гази пожежо- і вибухонебезпечні у певних концентраціях з повітрям.

Пари мастил в суміші з повітрям за наявності іскри або іншого відкритого джерела вогню вибухонебезпечні. Відомі випадки, коли пари оливи вибухали в картерах двигунів внутрішнього згорання, викликаючи руйнування деталей, пожежу і травми обслуговуючого персоналу.

Перелік документації з пожежної безпеки:

1. Журнал реєстрації протипожежного інструктажу.

2. Загально-об'єктова інструкція з пожежної безпеки.
3. Призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку.
4. Інструкції про заходи з пожежної безпеки.
5. План (схема) евакуації у разі пожежі.
6. Інструкція з евакуації у разі пожежі.
7. Наказ на організацію заходів з пожежної безпеки.
8. Наказ на створення пожежна-технічної комісії.
9. Наказ про призначення особи, відповідальної за засоби пожежогасіння.
10. План протипожежних заходів.
11. План проведення протипожежних тренувань.
12. Оперативний план гасіння пожежі.
13. Інструкція про порядок дій персоналу у разі спрацьовування пожежної автоматики.
14. Наказ про закріплення пожежної техніки.

5.4 Висновки за розділом

У даному розділі розглянута характеристика об'єкту та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час використання мастил – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежо- і вибухобезпеки.

ВИСНОВКИ

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, де температура суміші змінюється під впливом регульовального технологічного параметру за рахунок зміни витрати перегрітої пари, яка подається у поверхневий теплообмінник реактору необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування - хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру суміші на виході хімічного реактору, та має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його детальному огляді.

З метою подальшого удосконалення керування процесом виробництва мастил на основі мильних загусників, розглянуто сучасне й перспективне технічне рішення щодо зменшення енергозатрат у процесі виробництва мастил на основі мильних загусників. Детально проаналізовано існуюче технологічне обладнання реакторів змішування. Означено шлях отримання математичної моделі процесу у реакторі.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, яка використовуються на підприємстві, так як весь процес виготовлення високоякісного мастила вимагає постійного контрольованого технологічного процесу. Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва мастила, дозволяючи отримувати продукцію з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - хімічний реактор JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування хімічним реактором, розроблена функціональна схема

автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

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

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 9,9733 і постійні часу 54,91 с та 50,77 с, а запізнення становить 36,851 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 90,99 %, сильний кореляційний зв'язок 0,9 та статичний критерій Фішера 356 333 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу з виготовлення мастила у хімічному реакторі JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 236 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,25 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,6 млн. грн.

Розглянуті питання з охорони праці, а саме детально представлена характеристика об'єкту керування та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час використання мастил – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежо- і вибухобезпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Пластичні мастила: властивості та якість. Підручник / Петро Топільницький, Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Вікторія Романчук, Йосип Любінін, Ігор Трофімов, Оксана Мікосянчик,; за редакцією проф. С. Бойченка. – К.: , 2021. – 274 с. ISBN 978-611-01-2274-0

7. УДК 621.89.09 Коротинський А.П., аспірант; Коржик М.В., к.т.н., доц. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Невизначена модель реактора у виробництві мастил на основі мильних загусників, 2017.
8. Бондаренко Б. И. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа / Б. И. Бондаренко, О. Ф. Глаголева, Г. И. Глазов [и др.]. – М.: Химия, 2003. – 103 с.
9. Поляк Б. Т. Робастная устойчивость и управление / Б. Т. Поляк, П. С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
10. Иоффе И. И. Инженерная химия гетерогенного катализа / И. И. Иоффе, Л. М. Письмен. – Л.: Химия, 1965. – 456 с.
11. Електронний ресурс: <https://prom.ua/ua/p1363387438-dtshh5-termsoprotivleniya-kommutatsionnoj.html>
12. Високоточні промислові перетворювачі тиску UNIK 5000 PTX 5072; Режим доступу: <http://reinsoft.com.ua/ua/datchiki-tisku/visokotochni-promislovi-peretvoryuvachi-tisku-unik-5000-ptx-5072.html>
13. Фланцевий вихровий витратомір із компенсацією; Режим доступу: <https://uk.silverinstruments.com/product/flanged-vortex-flow-meter-with-Temp-pressure-compensation.html>.
14. Електронний ресурс: <https://aliradar.com/item/33024886141-Trehfaznoe-tverdotelnoe-rele-peremennogo-toka-Jotta-SSR-10DA25DA40DA60DA-480-V-peremennogo-toka-3-32-V-postoyannogo-toka>
15. Електронний ресурс: <https://prom.ua/ua/p1363387438-dtshh5-termsoprotivleniya-kommutatsionnoj.html>
16. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
17. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
18. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

19. 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.
20. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
21. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
22. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
23. 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.
24. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
25. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
26. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
27. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
28. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

29. 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			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.18.05.ПЗ	Пояснювальна записка	92	ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.18.05.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.18.05.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.18.05.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.18.05.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.18.05.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.18.05.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Гринь		17.05.22		1	1
П. конс.		Козарь			Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18-1		
Н. контр.							
					Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників. Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників»,
студент гр. 151-18-1 Гринь Олександр Костянтинівич

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням з виробництва мастил на основі мильних загусників.

Об'єкт дослідження – реактор змішування безперервної дії для гомогенних процесів з ізотермічним режимом теплообміну.

Предмет дослідження – розробка моделі хімічного реактору JHENTEN Tanks SS304 SS316 з поверхневим теплообмінником, регульованому по каналу «витрати перегрітої пари – температура суміші мастила і присадок».

Температура перегрітої пари, яка подається у теплообмінник хімічного реактора підтримується на рівні 260 °С відповідною підсистемою керування парогенератором, та стабільна у межах ± 10 °С у всьому можливо-необхідному діапазоні паропродуктивності 6,5...11,5 кг/с.

Підсистема керування має підтримувати температура суміші на виході хімічного реактора, яка має бути стабільною, значення якої визначено в залежності від технологічної кари виготовлення мастила.

Підсистема керування включає датчики температури, витрати пару, пристрої керування електродвигунами. Система керування під'єднана до загально промислової мережі. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Підсистема дослідження формує керуючий вплив, у якості якого виступає витрата пари, за рахунок якого виконується нагрів суміші до заданої температури.

Така система може бути затребувана для будь-яких технологічних процесів з виготовлення мастил, які використовують хімічний реактор змішування безперервної дії для гомогенних процесів з ізотермічним режимом теплообміну.

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

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

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Козарь М.В.

___.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників»,
студент гр. 151-18-1 Гринь Олександр Костянтинович

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

Рецензент, _____

____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу виробництва мастил на основі мильних загусників», здобувача вищої освіти, групи 151-18-1, Гринь Олександр Костянтинович.

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

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011438517

Дата перевірки:
02.06.2022 19:23:30 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
02.06.2022 19:26:37 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-18_Гринь_О_К_- ПЗС

Кількість сторінок: 88 Кількість слів: 15483 Кількість символів: 114601 Розмір файлу: 2.27 MB ID файлу: 1011318186

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

24.9% Схожість

Найбільша схожість: 10.5% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158789/%D0%9A%D..>)

24.9% Джерела з Інтернету

143

Сторінка 90

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

28.9% Вилучень

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

Немає вилучених Інтернет-джерел

28.9% Вилученого тексту з Бібліотеки

19

Сторінка 90

Модифікації

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

Замінені символи

128

Підозріле форматування

17
сторінок