

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 Полушкін Антон Олегович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19-1

(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 системи керування процесом виробництва моторного мастила

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем  
(повна назва)  
\_\_\_\_\_ Бубліков А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

студенту Полушкін А.О. академічної групи 151-19-1  
(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 системи керування процесом виробництва моторного мастила  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с від 08.05.2023 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	01.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	10.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	15.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	25.05.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	31.05.2023

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_ (підпис керівника)

**Дата видачі**

**Дата подання до екзаменаційної комісії**

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

**ас. Воскобойник Є.К.**

(прізвище, ініціали)

**01.05.2023**

**10.06.2023**

**Полушкін А.О.**

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 101 стор., 52 рис., 23 табл., 2 дод.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування випарною колоною INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення оливо відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Об'єкт дослідження - вакуумна випарна колона INT-OCIRZ040 продуктивністю переробки 660 т/г оливо-глиняної суспензії.

Предмет дослідження – модель вакуумної випарної колони INT-OCIRZ040.

Мета роботи - розробка моделі об'єкта керування для регульованої продуктивності продуктів випаровування базової суспензії в залежності від витрати гострої пари, яка подається у колону. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

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

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті протипожежні заходи.

ОЛИВА, ГЛИНА, ГОСТРА ПАРА, ВИПАРОВУВАННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ДАТЧИК, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДНИЦЬКА СИСТЕМА, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Загальні відомості	9
1.1.1 Ринок мастильних матеріалів	9
1.1.2 Класифікація мастильних матеріалів	10
1.2 Технологія базових олив	13
1.2.1 Загальні відомості	13
1.3 Об'єкта керування	17
1.3.1 Шебелинський НПЗ	17
1.3.1 Очищення нафтопродуктів	18
1.3.3 Технологія безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами	19
1.3.3 Характеристика об'єкта керування	23
1.3.4 Структура об'єкту керування	24
1.4 Формулювання задачі дослідження	25
1.5 Висновки за розділом	26
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	28
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	28
2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	30
2.2.1 Вибір датчиків	30
2.2.1.1 Датчики температури	30
2.2.1.2 Датчики тиску	31
2.2.1.3 Датчики витрати	32
2.2.1.3.1 Датчики витрати газу і рідини	32
2.2.1.3.2 Датчики витрати суспензії	33
2.2.1.4 Датчик положення засувки	35
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	36
2.2.2.1 Частотні перетворювачі	36

	5
2.2.2.2 Засувка клинова	37
2.2.2.3 Твердотільне реле	38
2.2.3 Вибір пристроїв керування	39
2.2.4 Вибір джерел живлення	47
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	49
2.4 Розробка схеми електричної принципової	52
2.5 Висновки за розділом	54
3 Визначення моделі об'єкта керування	55
3.1 Загальні відомості	55
3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	57
3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування	59
3.4 Виконання експерименту	60
3.5 Обробка результатів експерименту	64
3.5.1 Підготовка даних	64
3.5.2 Структурна ідентифікація	66
3.5.3 Параметрична ідентифікація	69
3.5.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	73
3.5.5 Перевірка моделі на адекватність	75
3.6 Розробка схеми моделі засувки	75
3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування	77
3.8 Висновки за розділом	77
4 Економічна частина	79
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	79
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	81
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	82
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	82
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	84
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	85
4.4.1 Амортизація основних фондів	86
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	86

	6
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	87
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	87
4.4.5 Витрати на електроенергію	88
4.4.6 Інші витрати	88
4.5 Висновки за розділом	89
5 Охорона праці	90
5.1 Небезпечні та шкідливі фактори процесу виробництва масел	90
5.2 Оцінка ефективності модернізації та заходів щодо охорони праці	93
5.3 Пожежна профілактика	93
5.5 Висновки за розділом	95
Висновки	96
Перелік посилань	99
Додаток А	102
Додаток Б	103
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	104
Відгук	106
Рецензія	108

## ВСТУП

Активне застосування технічних засобів у всі галузі народного господарства України є енергонасиченим і високопродуктивним обладнанням тісно пов'язано з розробкою і використанням нових видів мастильних матеріалів, що забезпечують їх надійну і довговічну роботу. Одночасне використання мастильних матеріалів нових сортів вимагає пошуку нових оптимальних методів їх використання. Вирішити ці завдання можна, тільки оволодівши знаннями з хімії, технології мастильних матеріалів, автоматизації, враховуючи реальні умови роботи машин і вибираючи методи використання мастильних матеріалів на науковій основі.

У зв'язку з різноманіттям моделей двигунів і різними умовами експлуатації, розробка, підбір і застосування мастильних матеріалів для забезпечення високої експлуатаційної надійності і довговічності є дуже важливою і в той же час складною. У зв'язку з цим комплексні знання законів поведінки моторних олиव по відношенню до характеру роботи і технічного стану двигунів є важливим завданням для створення перспективних нових типів олив, технологій їх отримання, сучасних методів автоматизації. За останні роки накопичився великий науковий і практичний досвід виробництва і використання цих мастильних матеріалів, а їх номенклатура, сортність і якість кардинально змінилися за останнє десятиліття. Значні зміни відбулися у створенні нових технологій паливно-мастильних матеріалів і високоефективних технічних рідин, систем автоматизації для них [4].

Системи автоматичного керування використовуються для автоматизації складних систем. Фізична база електронних систем автоматичного керування на більшості підприємств України застаріла. Модернізація такого обладнання, поперши за все зводиться до використання сучасної елементної бази в системах автоматичного керування технологічними процесами і контролю параметрів, наукових досліджень. Велика вартість таких систем керування і замкнуті на виробників цих систем алгоритми їх роботи не дозволяють повністю оновлювати ці системи для вирішення нових поставлених перед цим приладом завдань. Тому

застосування засобів автоматизації на сучасній елементній базі, що відповідає вимогам - швидше, точніше і дешевше є актуальним завданням при модернізації існуючого технологічного процесу.

Сучасна елементна база дозволяє створювати системи вимірювання інформації та керування технологічними процесами, використовуючи її конфігурацію не тільки аналогових, але і цифрових первинних перетворювачів. Це значно розширює можливості контролю, збору та обробки інформації. Це також дає можливість впроваджувати системи автоматичного керування з використанням інтелектуальних вимірювальних систем і віртуальних машин [5].



## 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Загальні відомості

#### 1.1.1 Ринок мастильних матеріалів

Частка мастильних матеріалів в продукції нафтопереробки складає всього 1...2 %, але вони відрізняються широким спектром і колом споживачів. Обсяг світового ринку мастильних матеріалів оцінюється в 42 млн тон (з них олив – близько 38 млн. тон, мастильних матеріалів – понад 1,4 млн. тон, мастильних охолоджувальних матеріалів – до 2,6 млн тон). Україна виробляє лише близько 20 тисяч тон мастильних матеріалів (рис 1.1). Потреби української економіки сьогодні покриваються за рахунок власної продукції лише на 20 %, а решта 80 % покриваються з імпорту мастильних матеріалів з розвинених країн, більшість з країн Європи.

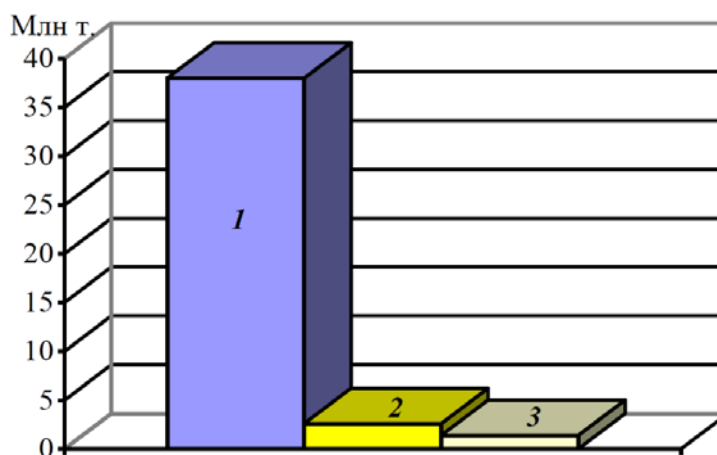


Рисунок 1.1 - Світове виробництво мастильних матеріалів, рік:

1 – оливи; 2 – мастила; 3 – мастильні- охолоджуючі засобів

Сьогодні, коли скорочення шкідливих викидів енергії займає основне місце серед екологічних та економічних проблем, мастильні матеріали привертають все більше уваги громадськості. Основною функцією мастила є зменшення тертя і зносу. Аналіз результатів наукових досліджень показує стійку закономірність в даній сфері, яка полягає в тому, що в промислово розвинених країнах шляхом застосування відповідних знань і навичок в області хімії, тертя, зносу і змащення, при змащенні фрикційних елементів вдається знизити енергоспоживання на величину, еквівалентну 0,5% від ВВП цих країн. Сьогодні в світі налічується

близько 1 400 компаній різних розмірів від дрібних до великих, які випускають мастильні матеріали.

З одного боку, є вертикально інтегровані нафтові компанії, основною діяльністю яких є розвідка, видобуток і переробка нафти, а мастильні матеріали складають лише малу частину їх бізнесу. 1 200 незалежних нафтових компаній спрямовують свої зусилля на виробництво і збут мастильних матеріалів, що є їх основним видом діяльності. У той час як великі та інтегровані компанії зосереджуються на виробництві двигунів, трансмісій та гідравлічних олив з великим навантаженням, багато незалежних компаній зосереджуються на спеціальних продуктах та виробництві спеціальних мастильних матеріалів на вимогу під час надання послуг клієнтам. Ефективність мастильних матеріалів, по-перше, визначається конструктивними особливостями вузла тертя (типом, розмірами, характером руху поверхонь тертя і т. д.), По-друге, системою змащення і типом матеріалу контактних поверхонь, з якими вона стикається в процесі роботи, а також умовами експлуатації вузла тертя і термінами заміни мастила. Крім двигунів внутрішнього згоряння і трансмісій для автомобілів, промислової техніки, компресорів, турбін і гідравлічних систем, існує безліч інших застосувань, для яких потрібні спеціально розроблені мастильні матеріали, наприклад, технологічні процеси обробки металу і т. д. [1].

### **1.1.2 Класифікація мастильних матеріалів**

Мастильні матеріали - це продукти переробки нафти або різних синтетичних матеріалів. Вони використовуються між поверхнями тертя для зменшення сили тертя і зносу. За походженням мастило буває органічним, неорганічним, синтетичним (що складається з органічних і неорганічних речовин), а за агрегатним станом - рідким, консистенційним, твердим і газоподібним (рис. 1.2).

Зазвичай під згадкою «мастильні матеріали» мається на увазі мінеральні мастильні матеріали. Мінеральні компоненти досі кількісно складають найважливішу основу сучасних вироблених мастильних матеріалів.

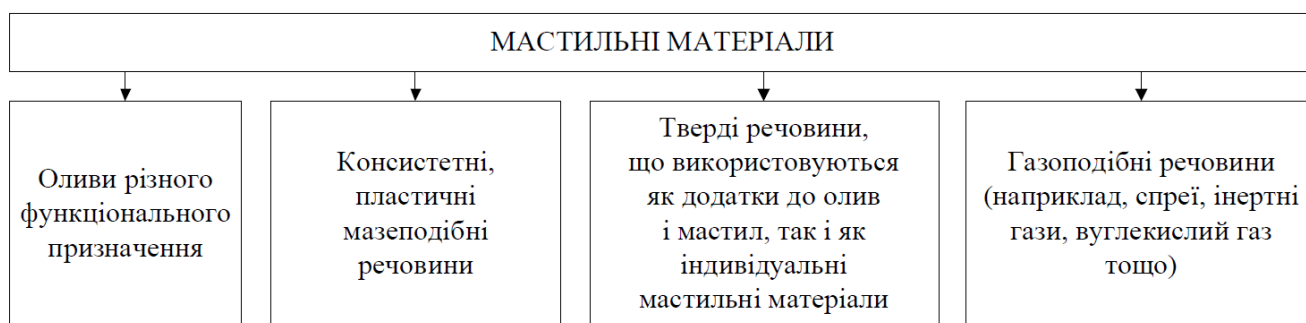


Рисунок 1.2 - Узагальнення класифікація мастильних матеріалів

Нафтохімічні компоненти і, все частіше, похідні продуктів нафтопереробки все частіше використовуються для нафтової промисловості завдяки своїй екологічності і деяким технічним перевагам. Мастильні матеріали, на частку яких припадає понад 90 % загального споживання, складаються в середньому на 93 % з ефірних олів і 7 % з хімічних присадок та інших компонентів (але може коливатися в межах діапазону 0,5...40 % для різного асортименту продукції).

В якості конструкційного матеріалу для вузла тертя масла виконуються наступні функції:

- зменшити тертя, що виникає між деталями технічного блоку;
- зменшити знос і запобігти задирів поверхонь тертя;
- відведення тепла від механічних компонентів тертя;
- захист поверхні контактних пар та інших неізольованих деталей від корозійного впливу зовнішнього середовища;
- закриття зазорів між відповідними деталями;
- видалення із зони тертя продукти корозії, зносу та інші забруднення.

За призначенням масла класифікуються на наступні групи:

- моторні масла (карбюраторні, дизельні, авіаційні двигуни);
- трансмісійні масла (тракторне, трансмісійне, масло для гідравлічного зчеплення, гідротрансформатори, автоматичних коробок поничення передач);
- енергетичні оливи (турбінні, компресорні, електроізоляційні);
- індустріальні оливи для консервації;
- оливи спеціального призначення.

Найпоширенішим в загальному балансі використання мастильних матеріалів є двигуни. Виробництво моторних олів і мастил з точки зору наукоємності часто порівнюють з сучасними виробами машинобудування. Моторні оливи є основною технічною рідиною в будь-якій машині і призначені для зменшення зносу і тертя між сполученими деталями двигуна, герметизації їх і захисту від корозії, а також утримання продуктів неповного згоряння палива. У зв'язку з тенденцією підвищення екологічності та безпеки транспорту за рахунок технологічного вдосконалення двигунів внутрішнього згоряння посилюються вимоги і до моторної оливи. Моторна олива повинна забезпечувати чистоту, роботу агрегату, надійність, економію палива та енергоефективність. Одним з найпопулярніших олів є гідравлічні рідини, що виправдано їх універсальністю і функціональністю.

На додаток до гідравлічних олів, трансмісійні оливи і мастила є ще одним необхідним експлуатаційним матеріалом. Вони використовуються для змащування деталей і вузлів редукторів для захисту їх від зносу в процесі експлуатації, а також осей, коробок передач, редукторів, ланцюгів і шестерень різного типу. Мастильні матеріали, що застосовуються для змащення підшипників, допоміжних механізмів парових і водяних турбін, турбонасосів, турбокомпресорів (повітряних, газових, охолоджувальних) називаються засобами дії в різних промислових механізмах з турбінними циркуляційними системами. В авіаційній техніці турбінні масла використовуються для змащування газотурбінних двигунів і вертолітних агрегатів.

В цілому авіаційні моторні мастильні матеріали («авіаційні масла») умовно поділяють за областями використання: оливи для поршневих двигунів і газових турбін, а також мастила для деталей, вузлів і агрегатів вертольотів. Зростаюча загроза глобальної екологічної кризи, зокрема через неухильне зростання технологічного навантаження через роботу транспортної сфери, було виділено окремий вид мастильних матеріалів – «біологічні», як сучасні можливості в розробки мастильних матеріалів для раціонального і екологічного використання обладнання.

Згідно з законами хімії, експлуатаційні характеристики паливно-мастильних матеріалів визначаються хімічним складом складових речовин, структурою і енергетичним станом їх молекул. Ці закони вказують на те, що надійність, ефективність і екологічність технології визначаються її якістю.

Якість сучасних мастильних матеріалів робить істотний вплив на надійність роботи машин і механізмів. Якість - це міра відповідності властивостей масла технічним характеристикам автомобіля і умовам експлуатації [1].

## **1.2 Технологія базових олив**

### **1.2.1 Загальні відомості**

Мастила нафтового дистиляту отримують вакуумною перегонкою мазуту. Нафтова мастила отримують змішуванням основних дистилятів і залишкових мастил. Синтетичні оливи і мастила отримують синтезом з хімічної сировини, нафти і газу. Рослинні мастильні матеріали отримують на основі сировини рослинного походження. Змішані масла містять компоненти нафтового, промислового і рослинного походження.

Виробництво нафтових компонентів з первинних фракцій нафти засноване на методах видалення таких небажаних компонентів, як кислотні сполуки, ненасичені вуглеводні, сірка, смолоподібні сполуки, коротколанцюгові поліциклічні ерини і тверді парафіни. Для цього використовується лужна або кислотна очистка, а також процеси депарафінізації і видалення асфальту. Моторні оливи складаються з основних ефірних речовин – ефірної оливи (75...95 %) і активних домішок (типове значення 5...25 %), поліпшивши його експлуатаційні характеристики. Якість товарної оливи залежить від первинного мастила (з нафтопереробного процесу), способу отримання базового мастила, глибини хімічного перетворення і очищення. Хімічний склад маслянистої сировини є основним фактором, що визначає вибір найбільш раціональних способів отримання і використання олив і мастил.

При виробництві мастильних матеріалів використовуються дистилятні частини нафти (з температурою кипіння 320...450 °С), а залишком вакуумної

перегонки мазуту є смола (бітум і гудрон з температурою кипіння 450 °С). Ефірні мастильні матеріали повинні мати в'язкість, яка відповідає технічним вимогам конкретного виду оливи або мастила. Як правило, в'язкість ефірних мастильних матеріалів регулюється синтезом дистилляту і залишкових компонентів. Більшість ефірних мастильних матеріалів є сумішами дистилянтних і залишкових компонентів, за винятком деяких типів моторних і турбінних олій і мало-в'язких індустриальних мастил. Моторні оливи часто містять синтетичний компонент певної в'язкості.

Фракції нафти - це складне поєднання сполук, які відрізняються будовою і складом молекул, фізичними, хімічними, фізичними і хімічними властивостями. Вони містять у складі смолистих асфальтобетонних матеріалів переважно вуглеводні гібридної структури всіх однорідних ланцюгових та неуглеводневих сполук – сірки, азоту, кисню та металовмісних мінералів. Тому, як правило, хімічний склад групи оцінюється тільки в оливах.

Виробництво товарних мастильних матеріалів складається з двох етапів - виробництва ефірних олив мастил і змішування компонентів (з'єднання). Виробництво великої кількості видів мастильних матеріалів технічно і економічно недороге. Щоб цього уникнути, нафтопереробна промисловість випускає обмежену кількість базових олив і мастил, які можна змішувати між собою і з присадками в масло-змішувальних установках для отримання товарних олив і мастил з необхідними експлуатаційними характеристиками.

Ефірні мастильні матеріали відрізняються в'язкістю, хімічним складом і деякими іншими властивостями. Синтез нафти - відносно простий технологічний процес, який може виконуватися на відносно невеликих масло-змішувальних установках. На рис. 1.3 представлена діаграма загального технологічного процесу отримання ефірних мінеральних олив. Вона складається з ряду технологічних процесів:

– атмосферна перегонка, яка відокремлює низько-киплячі фракції (світлі нафтопродукти) від атмосферних залишків або мазуту, який є сировиною для вакуумної перегонки для виробництва мастильних матеріалів;

- вакуумна перегонка атмосферних залишків (мазуту) відбувається при набагато більш низьких температурах у вакуумі, що дозволяє перегонку в'язких продуктів;
- отримують нафтові фракції – вакуумний дистилят різної в'язкості і вакуумний залишок, з якого отримують ефірні олії високої в'язкості;
- очищення вакуумних дистиляційних фракцій екстракцією, за допомогою якої розчинниками відділяються непотрібні сполуки;
- видалення воску з фракцій, в яких розділені парафіни;
- інші технологічні процеси для поліпшення якості ефірних масел: гідрування, каталітичний гідрокрекінг, очищення відбілюючою глиною, кристалічним силікатом алюмінію або цеолітом і ін.

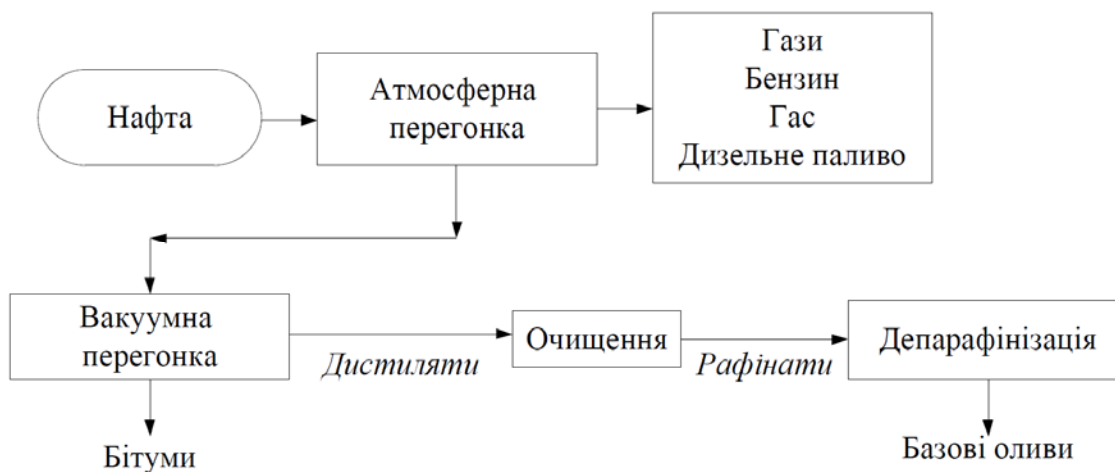


Рисунок 1.3 - Узагальнена технологічна блок-схема виробництва базових олив

Класичною технологією виробництва мінеральних олив і мастил є поступове очищення оливкових частин, попередньо виділених базових мінеральних олив і мастил. Детальна схема технологічного процесу отримання товарних мастильних матеріалів показана на рис. 1.4.

За цією технологією виробляють до 85 % всіх мінеральних мастильних матеріалів. Порівняно невелика група мінеральних мастильних матеріалів, вироблених з нафти без будь-яких добавок, сьогодні називається ефірними мастильними матеріалами (маслами).

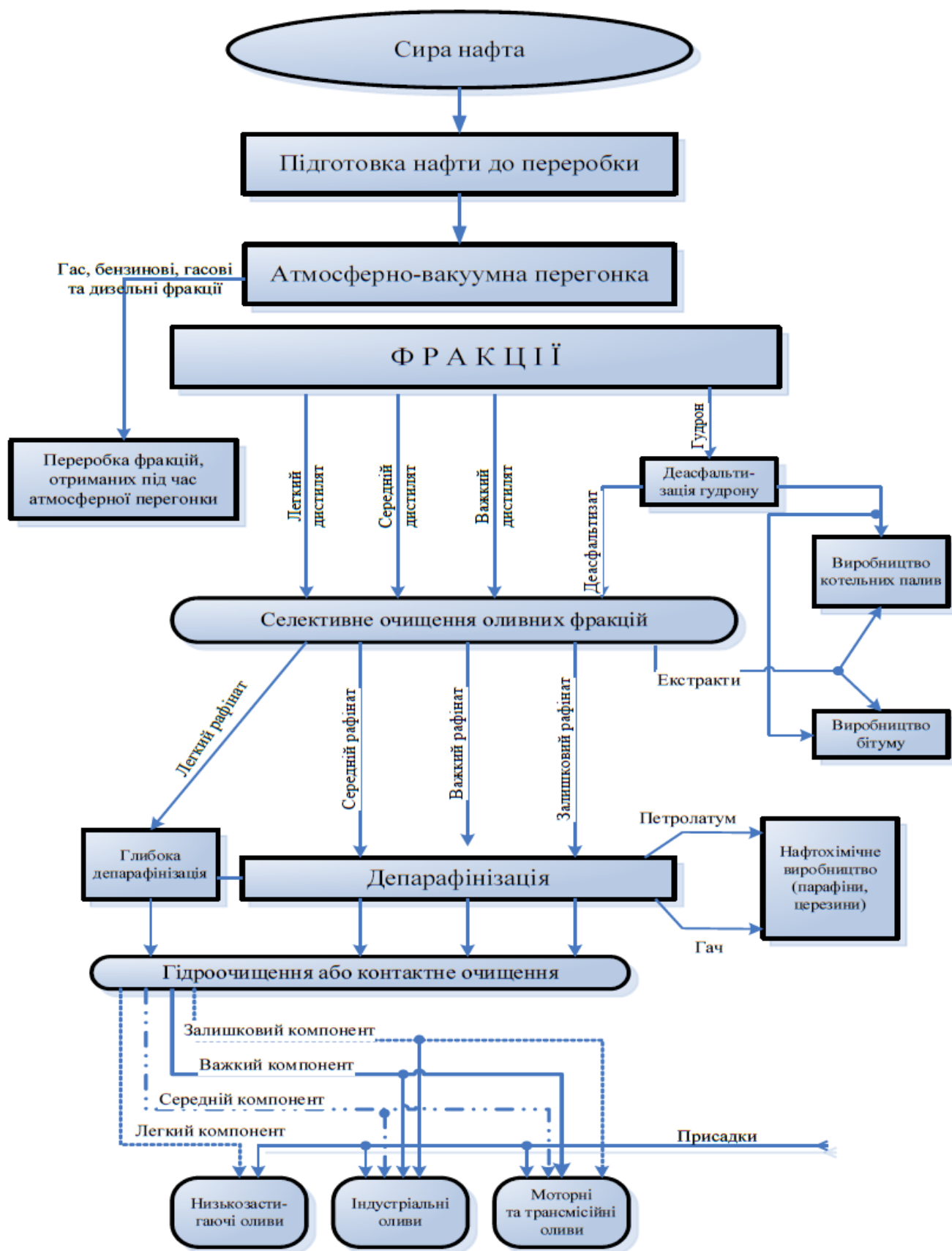


Рисунок 1.4 - Загальна технологічна схема виробництва олив

Основні фракції вакуумної перегонки атмосферних залишків (мазут):  
 – легке вакуумне масло (температура кипіння 300...350 °С);



- масло середнього скидання (температура кипіння 350...420°C);
- важка нафта (температура кипіння 420... 500°C).

За фракційним складом ефірні масла діляться на дистилятні, складові і залишкові. Дистилятні масла являють собою окремі фракції або їх суміші. Складові масла отримують змішуванням дистилятних і залишкових масел. Решта масла мають хороші показники змащувальних властивостей. Його стійкість до окислення краще, ніж у дистилятних масел. Легкі індустриальні оливи і трансформатори отримують з легких дистилятів, індустриальні оливи і моторні - з середніх і важких дистилятів, двигунів, трансмісій, важких індустриальних мастил, балонів та інших композитних і залишкових масел. Суть сучасного виробництва масла полягає в підборі необхідних сфер застосування і ретельному їх змішуванні з базовим маслом. Причому сфери застосування можуть бути індивідуальними, посилювати ту чи іншу властивість або вводити базове масло в великий асортимент - пакет додатків. Таким чином, товарна нафта набуває необхідні експлуатаційні характеристики [1].

### **1.3 Об'єкта керування**

#### **1.3.1 Шебелинський НПЗ**

Шебелинський НПЗ (Šhebel) — один з двох нині діючих нафтопереробних заводів в Україні. Його потужність становить до 1,2 млн. тон переробки сировини на рік, типовий показник вдвічі менший. З 2018 р. пальне виробництва Шебелинського НПЗ реалізується на ринку під торговою маркою Šhebel.

Шебелинський завод розташовано в селищі Андріївка Балаклійського району, біля місті Балаклія Харківської області.

Наразі переробка нафтопродуктів на завод призупинена у зв'язку з російською війною в Україні, але на заводі тривають ремонтні та підготовчі роботи з модернізації технологічного обладнання в тому числі і технологічної лінії з виробництва олів [2].

В роботі бакалавра детально розглядається автоматизація технологічного обладнання для контактної очистки мастильного матеріалу.



Рисунок 1.5 - Шебелинський нафтопереробний завод

### 1.3.1 Очищення нафтопродуктів

Очищення (адсорбція) оливи засновано на здатності адсорбенту вибірково витягувати з оливи смолисті і сірковмісні сполуки, а також органічні кислоти, залишки сірчаної кислоти і розчинники. В результаті очищення поліпшується колір і стабільність оливи, показник в'язкості і коксову здатність.

Природна відбілювальна глина і синтетичні алюмосилікати використовуються в якості адсорбентів при очищенні оливи, а також при очищенні палива. Натуральну глину перед використанням активують сірчаною або соляною кислотою і сушать.

У технології виробництва оливи (і парафінів) адсорбенти широко застосовуються для попередньої обробки продуктів від залишків небажаних компонентів: солей нафтових і сульфокислот, кислотних шламів, сірчаної кислоти, селективних розчинників і смол.

У промисловості широкого поширення набули такі способи очищення:

- контактне очищення тонкоподрібненими сорбентами;
- фільтрація або фільтрація через шар гранульованих адсорбентів.

При контактному очищенні масла змішують з дрібно вибіленою глиною. Оскільки активність адсорбованого матеріалу залежить від ступеня його подрібнення, використовується занадто дрібна глина. Для зменшення в'язкості

масла і поліпшення його проникнення в пори адсорбентного матеріалу оливу підігривають.

Температура процесу залежить від якості сировини, характеру адсорбенту і ступеню, необхідного для очищення готового продукту.

Найчастіше світлі дистилатні оливи контактують при 80...120 °С, середні - при 140...170 °С, залишкові при 180...220 °С. На ефективність процесу впливає також тривалість контакту оливи з відбілювальною глиною. Найчастіше час контакту становить 20...25 хв.

До переваг процесу можна віднести можливість легко регулювати ступінь очищення, яка визначається кольором готового продукту, шляхом зміни температури процесу і співвідношенням адсорбтор - масло. Сировина постійно очищається, шкідливі домішки витягуються відразу.

До недоліків процесу можна віднести: труднощі в заповненні адсорбуючого матеріалу, втрати масла з адсорбентами (30...40% адсорбентів), часткове розкладання нафти через те, що природні алюмосилікати при високих температурах проявляють коригуючу здатність. Крім того, в деяких випадках контактну чистка не дозволяє отримати оливу досить якісного кольору. Адсорбенти в заводських умовах не оновлюються.

### **1.3.3 Технологія безперервного контактного доочищення оливо відбілювальними глинами**

Технологічний процес контактного доочищення є завершальною стадією виробництва оливо. Цей технологічний процес і призначений для поліпшення кольору оливи або мастила та зниження коксівності. В основу цього технологічного процесу покладено гарна здатність природних глин до адсорбції на своїй поверхні різні речовини.

Для контактного доочищення застосовують щільно-дисперсний адсорбент, частки глини з номінальним розміром близько 0,1 мм.

Цільовий продукт цього технологічного процесу є отримання доочищеної базової олива, а побічний ефект це відгін суміші легких оливофракцій та

продуктів розкладання. Відходом є відпрацьована глина, просочена доочищеною оливою, масова частка якої коливається залежно від її в'язкості і, як правило становить, значення в межах 15...50 % від масових показників адсорбенту. Масова частка виходу доочищеної оливи становить 96...98 % від сировини (базової оливи).

Технологічна лінія безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами містить наступні секції технологічних апаратів:

- контактування (основні апарати - холодний змішувач, трубчаста піч, випарна колона);
- фільтрування (основні апарати - гарячий змішувач, дискові та рамні фільтри).

Технологічна схему установки показано на рис. 1.6.

Сировина – депарафінована олива – насосом 1 подається через паровий підігрівник 2 у холодний змішувач 3. У змішувачі, обладнаному турбомішалкою, вона змішується з розмеленою відбілювальною глиною, яка транспортується шнековим дозатором. Зі змішувача суспензія насосом 4 через теплообмінник 5 надходить у змійовик печі 6 і далі у випарну колону 7.

Для поліпшення процесу перемішування випарну колону 7 та видалення легких компонентів у низ колони 7 подається гостра водяна пара.

У випарній колоні 7 від оливи та глини відпарюються суміш води, продуктів розкладання оливи, залишків виборчих розчинників та газів розкладання. Виведена з верху колони суміш парів спочатку надходить у конденсатор 9, де охолоджуються до температури близько 105°C. При цьому у апарату 9 конденсуються лише вуглеводні, які частково подаються потім у приймач 10, з низу якого частина рідкого відгону (конденсату) насосом 11 повертається на зрошення колони 7, у середню її частину, для запобігання випаданню глини у мул з оливи. Основна кількість сконденсованих у апарату 9 вуглеводнів відводиться з цієї установки на подальші технологічні апарати.

Водяна пара конденсується в конденсаторі змішування 12.

З колони 7 суспензія оливи з глиною подається насосом 8 через теплообмінник 5 у гарячий змішувач 13, у якому передбачено рециркуляцію частини суспензії.

Секція фільтрування, що обслуговується насосами 14 і 18, має два типи фільтрів: дискові фільтри грубого очищення 15 і рамні фільтри тонкого очищення 19. Зі змішувача 13 насосом 14 суспензія подається спочатку на дискові фільтри 15. Очищена від глини олива через холодильник 16 надходить у приймач 17, звідки насосом 18 подається в рамні фільтри 19. Очищена олива надходить у приймач 20, а звідти – у резервуари зберігання.

Технологічний режим установки:

1. температура, °С:
  - суспензії в холодному змішувачі 70...80;
  - суспензії на виході зі змішувача печі 140...170;
  - у дискових фільтрах 130...170;
  - у рамних фільтрах 70...110;
2. тиск, МПа:
  - у дискових фільтрах 0,40;
  - у рамних фільтрах 0,35;
  - гостра пара 0,4...0,6;
3. Продуктивність оливи тис. т/рік 180...210;
4. Типові техніко-економічні показники на 1т очищеної оливи:
  - адсорбент, кг 30...50;
  - пар, ГДж 155...210;
  - вода зворотна, м<sup>2</sup> 2,1...2,8;
  - електроенергія, МДж 19,8...23,4;
  - паливо, кг 0,1...0,3 [3].

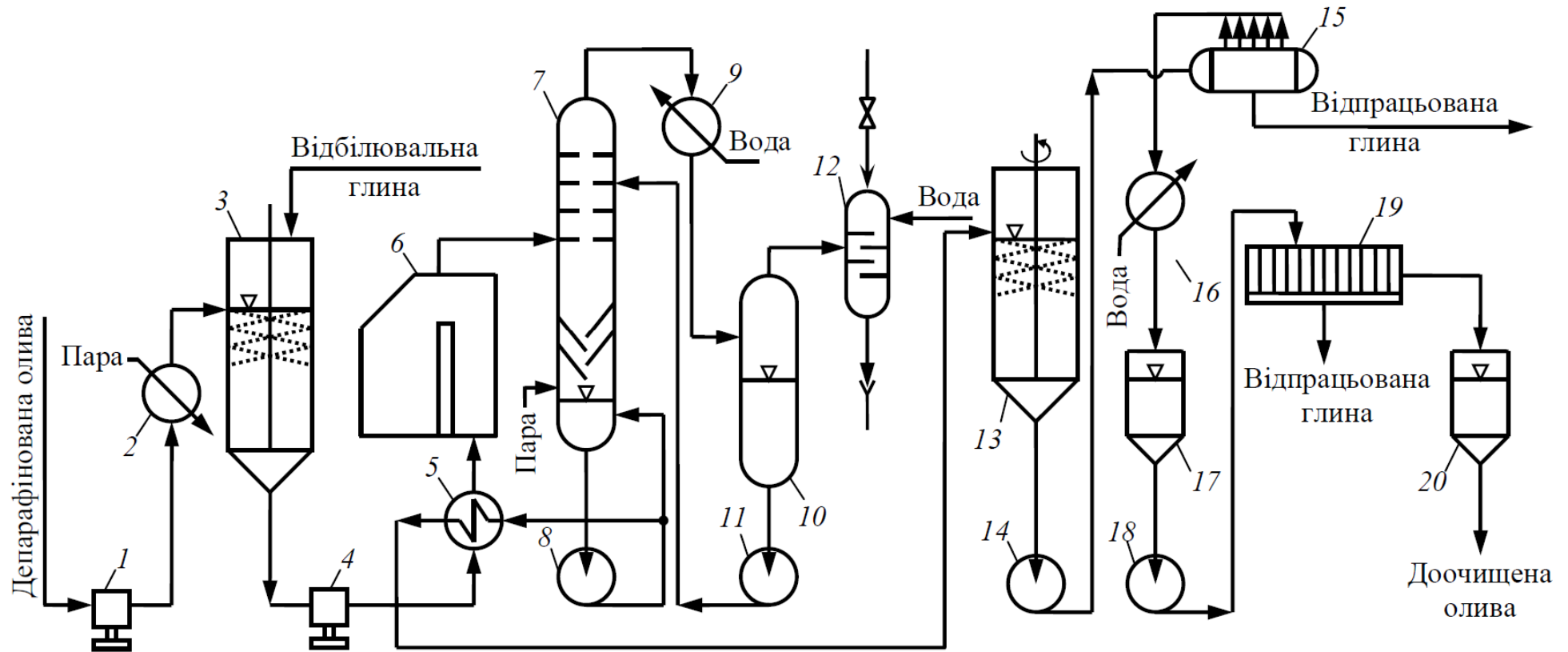


Рисунок 1.5 - Технологічна схема установки контактної доочищення олив відбілювальними глинами:

1, 4, 8, 11, 14, 8 – насоси; 2 – підігрівник; 3, 13 – змішувачі; 5 – теплообмінник; 6 – піч; 7 – випарна колона; 9, 12 – конденсатори;  
10, 17, 20 – приймачі; 15, 19 – фільтри; 16 – холодильник

### 1.3.3 Характеристика об'єкта керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - Випарна колона INT-OCIRZ040

У випарній колоні від оливи та глини відпаровується суміш води, продуктів розкладання оливи, залишків виборчих розчинників та газів розкладання.

Технологічні показники випарної колони INT-OCIRZ040:

- температура подачі суспензії, °С 140...170;
- продуктивність подачі суспензії, т/г 540...660;

– температура випаровування, °С	180...220;
– продуктивність випаровування, т/г	35...85;
– тиск гострої пари, МПа	0,4...0,6;
– продуктивність гострої пари, т/г	30...72;
– температура відкачуваної суспензії, °С	120...140;
– продуктивність насоса відкачування суспензії, т/г	355...505.

### 1.3.4 Структура об'єкту керування

У випарну колону суспензія глини і оливи подається насосом.

Для поліпшення процесу перемішування та видалення легких компонентів у низ колони подається гостра водяна пара.

У випарній колоні від оливи та глини відпарюються суміш води, продуктів розкладання оливи, залишків виборчих розчинників та газів розкладання. Виведена з верху колони суміш парів надходить у наступні технологічні апарати лінії контактної очистки оливи.

Частково випаровуванні з водою вуглеводи відділяються від води і конденсуються у відповідному технологічному апараті і насосом подаються на зрошення у середню частину випарної колони. Це робиться для запобігання випаданню глини з оливи.

З колони суспензія оливи з глиною подається насосом у наступні технологічні апарати, з яких передбачено рециркуляцію частини суспензії знов у випарну колону, у нижню її частину.

На рис. 1.9 представлена структурна схема випарної колони INT-OCIRZ040, де зазначені необхідні датчики та виконавчі пристрої.

На об'єкті розташовані наступні датчики:

- температура подачі суспензії;
- продуктивність подачі суспензії;
- температура випаровування;
- продуктивність випаровування;
- тиск гострої пари;



- продуктивність гострої пари;
- температура відкачуваної суспензії;
- продуктивність відкачуваної суспензії.

На об'єкті розташовані наступні виконавчі пристрої:

- насос подачі суспензії ;
- засувка гострої пари;
- насос відкачування суспензії.



Рисунок 1.9 – Структура об'єкту керування - схема випарної колони INT-OCIRZ040

Датчики збирають інформацію про технологічний процес у випарній колоні INT-OCIRZ040.

В залежності від показників датчиків відбувається керування випарною колоною INT-OCIRZ040 у відповідності до заданих технологічних показників роботи.

#### 1.4 Формулювання задачі дослідження

Система керування випарною колоною INT-OCIRZ040 має підтримувати технологічні параметри, які необхідні здійснення якісного з заданою

продуктивністю відділення від оливи та глини суміші води, продуктів розкладання оливи, залишків виборчих розчинників та газів розкладання.

Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі суспензії – продуктивність випаровування»;
- «тиск гострої пари – продуктивність випаровування»;
- «продуктивність гострої пари – продуктивність випаровування»;
- «продуктивність подачі суспензії – температура випаровування»;
- «тиск гострої пари – температура випаровування»;
- «продуктивність гострої пари – температура випаровування»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання температури суспензії на вході;
- нестабільність тиску гострої пари.

Для розробки система керування випарною колоною INT-OCIRZ040 обрано варіант побудови за каналом «продуктивність гострої пари – температура випаровування» як більш впливового на якість роботи випарної колони.

Для побудови системи керування за обраним каналом маємо наступні показники:

- температура випаровування, °C 180...220;
- продуктивність гострої пари, т/г 30...72;

Система керування випарною колоною INT-OCIRZ040 має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його огляді і обов'язково бути виконана за допомогою стандартних компонентів, які мають відповідні сертифікати відповідності.

## 1.5 Висновки за розділом

Об'єктом керування виступає випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Автоматизація випарної колони INT-OCIRZ040 включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація випарної колони INT-OCIRZ040 повинна забезпечувати надійний і ефективний процес очищення первинної оливи. Система керування також має забезпечити для обслуговуючого персоналу безпечні умови праці. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Керування роботою випарної колони INT-OCIRZ040 повинно здійснюватися за основним каналом «продуктивність гострої пари – тиск (температура) випаровування».

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами треба модернізувати систему керування випарною колоною INT-OCIRZ040. Таким чином є гостра потреба у математичній моделі об'єкту керування, працюючого у допустимих технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування цим технологічним об'єктом керування.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - випарною колоною INT-OCIRZ040 для регульованої температури випаровування, в залежності від продуктивності подачі гострої пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

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

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

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

У випарну колону суспензія глини і оливи подається насосом.

Для поліпшення процесу перемішування та видалення легких компонентів у низ колони подається гостра водяна пара.

У випарній колоні від оливи та глини відпарюються суміш води, продуктів розкладання оливи, залишків виборчих розчинників та газів розкладання. Виведена з верху колони суміш парів надходить у наступні технологічні апарати лінії контактної очистки оливи.

Частково випаровуванні з водою вуглеводи відділяються від води і конденсуються у відповідному технологічному апараті і насосом подаються на зрошення у середню частину випарної колони. Це робиться для запобігання випаданню глини з оливи.

З колони суспензія оливи з глиною подається насосом у наступні технологічні апарати, з яких передбачено рециркуляцію частини суспензії знов у випарну колону, у нижню її частину.

На об'єкті керування розташовані наступні датчики:

– температура подачі суспензії, °С:	140...170;
– продуктивність подачі суспензії, т/г	540...660;
– температура випаровування, °С:	180...220;
– продуктивність випаровування, т/г:	35...85;
– тиск гострої пари, МПа:	0,4...0,6;
– продуктивність гострої пари, т/г:	30...72;
– температура відкачуваної суспензії, °С	120...140;

– продуктивність відкачуваної суспензії, т/г: 355...505.

На об'єкті розташовані наступні виконавчі пристрої:

- насос подачі суспензії, кВт (~380 В): 90;
- засувка гострої пари, т/г: 80;
- насос відкачування суспензії, кВт (~380 В): 90.

Призначення відповідних датчиків и виконавчих пристроїв описано у попередньому розділі.

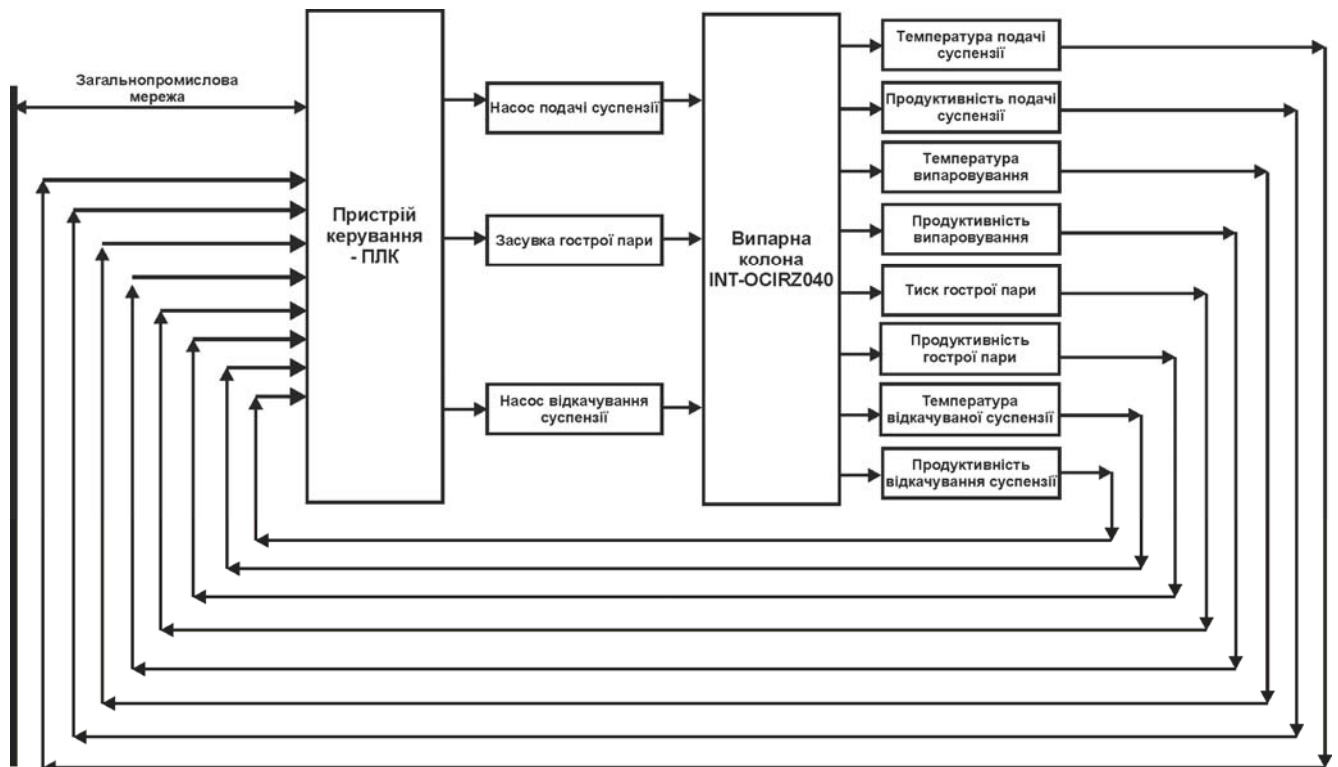


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі суспензії – продуктивність випаровування»;
- «тиск гострої пари – продуктивність випаровування»;
- «продуктивність гострої пари – продуктивність випаровування»;
- «продуктивність подачі суспензії – температура випаровування»;
- «тиск гострої пари – температура випаровування»;
- «продуктивність гострої пари – температура випаровування»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання температури суспензії на вході;

- нестабільність тиску гострої пари.

Вибір компонентів автоматизації, необхідних для побудови системи керування треба здійснювати на основі існуючих пропозицій з серійних засобів автоматизації, сертифікованих в Україні. Якщо є можливість, то необхідно обирати з пристрої які вироблені в Україні, або які вже поставляються в Україну.

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

## **2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування**

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

### **2.2.1 Вибір датчиків**

#### **2.2.1.1 Датчики температури**

Для системи керування необхідно здійснювати вимірювання температури у колоні в різних точках колони:

- температура подачі суспензії, °С: 140...170;
- температура випаровування, °С: 180...220;
- температура відкачуваної суспензії, °С 120...140;

Сімейство вимірювальних перетворювачів температури фірми Siemens представлено термоперетворювачами опору і термопарами для якісного вимірювання температури в будь-яких, навіть самих екстремальних, умовах. Датчики застосовуються в хімічній, фармацевтичній, харчовій, енергетичній та інших галузях промисловості. Існують варіанти датчиків з цифровою індикацією показань. Також доступні вибухозахищене виконання датчиків. Використаємо перетворювач Siemens SITRANS T серії: TS – універсальний перетворювач з виходом 4...20 мА, з можливістю перепрограмування за допомогою персонального комп'ютеру [6].



Рисунок 2.2 – Датчик температури Siemens SITRANS T TS

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчику температури Siemens SITRANS T TS

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

### 2.2.1.2 Датчики тиску

Для системи керування необхідно здійснювати вимірювання тиску:

– тиск гострої пари, МПа: 0,4...0,6;

Для контролю тиску випаровування води і надлишкових компонентів з суспензії використаємо вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P ZD, сконструйований відповідно до особливих вимог харчової, фармацевтичної та біотехнічної промисловості. Використання високоякісних матеріалів забезпечує виконання гігієнічних вимог. Вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P ZD може замовлятися у багатьох варіантах виконання. Завдяки цьому можливе точне узгодження вимірювального перетворювача тиску з умовами у місці використання [6].



Рисунок 2.3 – Датчик тиску Siemens SITRANS P ZD

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчику тиску Siemens SITRANS P ZD

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS P ZD
2	Номинальний діапазон вимірювання, МПа	0...1,0
3	Принцип вимірювання	Тонко-плівковий техно-датчик
4	Точність, %	0,2
5	Масштабування	1:10
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...30
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура вимірювання, °С	-25...+200
9	Температура експлуатації, °С	-25...+85
10	Матеріал корпусу	нерж. сталь с класом захисту IP65
11	Різьба	G3/4В внутрішня

### 2.2.1.3 Датчики витрати

#### 2.2.1.3.1 Датчики витрати газу і рідини

Для системи керування необхідно здійснювати вимірювання продуктивності подачі матеріалу в колону, та витрати видачі з неї:

- продуктивність випаровування, т/г: 35...85;
- продуктивність гострої пари, т/г: 30...72;

Для вимірювання витрати розглянемо сімейство витратомірів Siemens SITRANS F X, призначений для вимірювання об'ємної і масової витрати пари, газу, струмопровідних і непровідних рідин за допомогою єдиного приладу з



можливістю компенсації температури і тиску. Основні переваги: 2-х провідна схема підключення; вимірювання як об'ємних, так і масових витрат пари, газу і струмопровідних і непровідних рідин навіть при коливаннях температури і тиску; можливість виконання пристрою двома перетворювачами [7].



Рисунок 2.4 – Витратомір Siemens SITRANS FX300

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики витратоміра Siemens SITRANS FX300

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

#### 2.2.1.3.2 Датчики витрати суспензії

Для системи керування необхідно здійснювати вимірювання продуктивності подачі матеріалу в колону, та витрати видачі з неї:

- продуктивність подачі суспензії, т/г 540...660;
- продуктивність відкачуваної суспензії, т/г: 355...505.

Для вимірювання витрати розглянемо сімейство витратомірів серії SITRANS F US Inline контактуючих з речовиною. Оберемо витратомір SONO 3300/FUS060 - комбінація датчика SONO 3300 та вимірювального перетворювача FUS060 оптимальна для загальнопромислового використання. Вимірювання не залежать від температури, щільності, тиску та провідності рідини.



Рисунок 2.5 – Витратомір SONO 3300/FUS060

Переваги:

- міцний віддалений вимірювальний перетворювач FUS060
- міцна конструкція для використання в промисловості.
- вимірювання всіх рідин в'язкістю до 350 сСт, провідних або непровідних;
- відсутність перепадів тиску;
- надійний та точний вимір;
- довготривала стабільність;
- дозвіл АТЕХ.

Основне застосування ультразвукового витратоміра SONO 3300/FUS060 - вимірювання об'єму, він може використовуватися з водою, нафтою та зрідженими газами, суспензіях та емульсіях. Конструкція датчика складається з литого датчика (DN 50...150), зварних труб (DN 200...300) та вимірювального перетворювача FUS060. Внутрішні сигнальні кабелі, що йдуть від перетворювачів

до з'єднувальної коробки датчика, захищені від корозійного середовища трубами з нержавіючої сталі [8].

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики витратоміра Siemens SONO 3300/FUS060

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS FX300
2	Номінальний діапазон вимірювання, т/г	0...800
3	Точність, %	0,5
4	Вихідний сигнал, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	14...36
6	Потужність споживання, Вт	4
7	Температура експлуатації, °С	-20...+85
8	Температура потоку, °С	-20...+160
9	Номінальний тиск, мПа	1...10
10	Матеріал корпусу	Сталь 1.4404/316L
11	З'єднання	Фланець DN 250

#### 2.2.1.4 Датчик положення засувки

Ступінь відкриття засувок будемо контролювати за допомогою енкодера E40H 012 2000 2 N 24 з 2 000 імпульсами на обороті і напругою живлення 24 В (рис. 2.6) які будуть змонтований на кожну з засувок [15].



Рисунок 2.6 – Енкодер E40H-012-2000-2-N-24

В табл. 2.5 наводяться технічні характеристики енкодера.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики енкодера E40H-012-2000-2-N-24

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

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

Таблиця 2.7 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Споживання, Вт
1	Температура подачі суспензії	Cu25 ... Cu1000	Аналоговий	0...300 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
2	Температура випаровування	Cu25 ... Cu1000	Аналоговий	0...300 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
3	Температура відкачуваної суспензії	Cu25 ... Cu1000	Аналоговий	0...300 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
4	Тиск гострої пари	Тонкоплівковий	Аналоговий	0...1 МПа	0,2 %	4...20 мА	0,1 с	12...30 В	2
6	Продуктивність випаровування	Витратомір	Аналоговий	0...60 т/г	±0,0 5 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
7	Продуктивність гострої пари	Витратомір	Аналоговий	0...60 т/г	±0,0 5 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
6	Продуктивність подачі суспензії	Витратомір	Аналоговий	0...800 т/г	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
7	Продуктивність відкачуваної суспензії	Витратомір	Аналоговий	0...800 т/г	±0,5 %	4...20 мА	0,1 с	14...36 В	2
8	Положення засувки подачі пари	Фазоімпульсний	Дискретний	0...100 %	Лінійний	24 В	0,1 с	24 В	1 Вт

## 2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

### 2.2.2.1 Частотні перетворювачі

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

- насос подачі суспензії, кВт (~380 В): 90;
- насос відкачування суспензії, кВт (~380 В): 90.

Для насосів використовуються асинхронний трьох фазний електропривод потужністю по 90 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності їх роботи. Таким чином керування цими електроприводами повинно бути лінійним (безперервним), тобто треба забезпечувати пропорційне керування.

Таким чином для керування електроприводами цих насосів насосу обрано трьох фазний частотний перетворювач Schneider ATV630C11N4-IP00 потужністю 110 кВт (~380...480 В) з аналоговим входом керування 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.8) [9].



Рисунок 2.7 – Частотний перетворювач Schneider ATV630C11N4-IP00

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики частотного перетворювача Schneider ATV630C11N4-IP00

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~380...~480
Потужність, кВт	100
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу керування, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

#### 2.2.2.2 Засувка клинова

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

– засувка гострої пари, т/г:

80.

Для керування продуктивністю подачі гострої пари будемо використовувати засувку клинову ЗКЛ 15-80-01 з електроприводом, яка представлена на рис. 2.8, а технічні параметри у табл. 2.9 [10].

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики засувки клинової ЗКЛ 15-80-01

Найменування параметра	Значення
Тип	клиновий
Напруга живлення, В	~220 В
Потужність, кВт	0,75 кВт
Діаметр, Ду	80
Час відкриття закриття, с	30



Рисунок 2.8 – Засувка клинова ЗКЛ 15-80-01

### 2.2.2.3 Твердотільне реле

Керування електродвигуном засувки клинової ЗКЛ 15-80-01 (~220 В/ 0,75 кВт) - продуктивності подачі води, будемо здійснювати за допомогою однофазного твердотільного реле змінного струму Jotta SSR 60DA, ~220 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [11].



Рисунок 2.9 – Твердотільне реле SSR-240A10 (1x~220 В, 0...24 В)

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики твердотільне SSR-240A10

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

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

Таблиця 2.11 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Насос подачі суспензії	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
2	Насос відкачування суспензії	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
3	Продуктивність гострої пари (збільшення)	Час відкриття 30 с	Дискретний	0...100 %	Лінійний	24 В	0,1 с	24 В	1 Вт
4	Продуктивність гострої пари (зменшення)	Час відкриття 30 с	Дискретний	0...100 %	Лінійний	24 В	0,1 с	24 В	1 Вт

### 2.2.3 Вибір пристроїв керування

В якості пристрою керування випарною колоною INT-OCIRZ040, обрано програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера 100 мс, контролер має 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування. Контролер має модульну структуру, яка забезпечує підключення обраного обладнання і має легке розширення подальшого функціоналу.

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

- температура подачі суспензії;
- продуктивність подачі суспензії;

- температура випаровування;
- продуктивність випаровування;
- тиск гострої пари;
- продуктивність гострої пари;
- температура відкачуваної суспензії;
- продуктивність відкачуваної суспензії.

2. До контролеру повинні бути підключено енкодер положення засувки подачі гострої пари з типом вихідного сигналу – фазо-імпульсні сигнали.

3. До контролеру мають бути підключено два аналогових виконавчих пристрою з типом входу керування 4...20 мА:

- насос подачі суспензії;
- насос відкачування суспензії.

4. До контролеру має бути підключено два дискретних виконавчих пристрою з типом входу керування 0;24 В:

- відкриття засувки гострої пари;
- закриття засувки гострої пари.

Система керування випарною колоною INT-OCIRZ040 інтегрується у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі, завдяки використанню інформаційного протоколу MODBUS з послідовним цифровим каналом зв'язку типу RS-485.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33.

Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485.

Основні технічні показники програмованого логічного контролера VIPA 214-2BS33 (рис. 2.'10) наведено у табл. 2.12.



Таблиця 2.12 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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



Рисунок 2.10 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

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

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6



Рисунок 2.11 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведено на рис. 2.12.

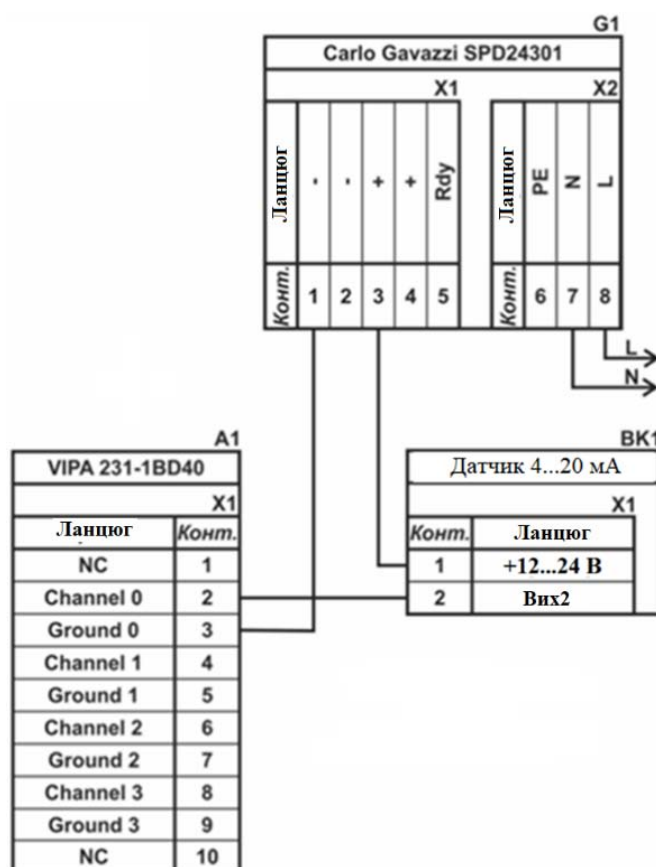


Рисунок 2.12 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру є бути підключено два аналогових виконавчій пристрої з типом входу керування 4...20 мА.

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

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу 232-1BD40

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



Рисунок 2.13 – Модуль аналогового виводу 232-1BD40

Схема підключення частотного перетворювача, для здійснення пропорційного керування електродвигуном, до модуля аналогового виводу наведена на рис. 2.14.

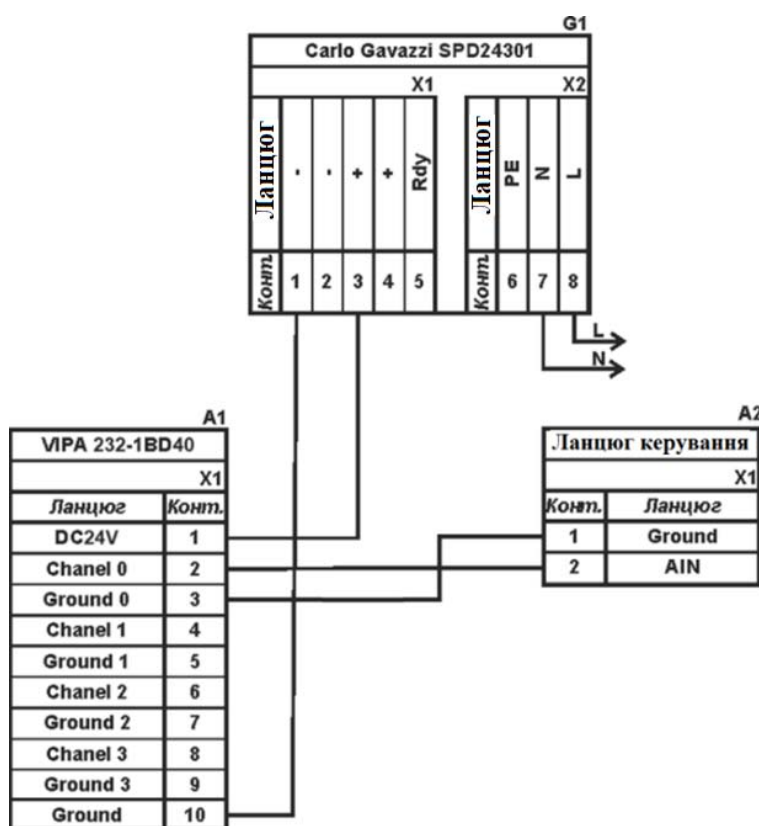


Рисунок 2.14 – Схема підключення частотного перетворювача

До контролеру повинні бути підключені два дискретних каналів керування клинковою засувкою (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цих пристроїв обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00, який має по вісім незалежних каналів керування (рис. 2.15). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.15.



Рисунок 2.15 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.15 – 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 рис. 2.16.

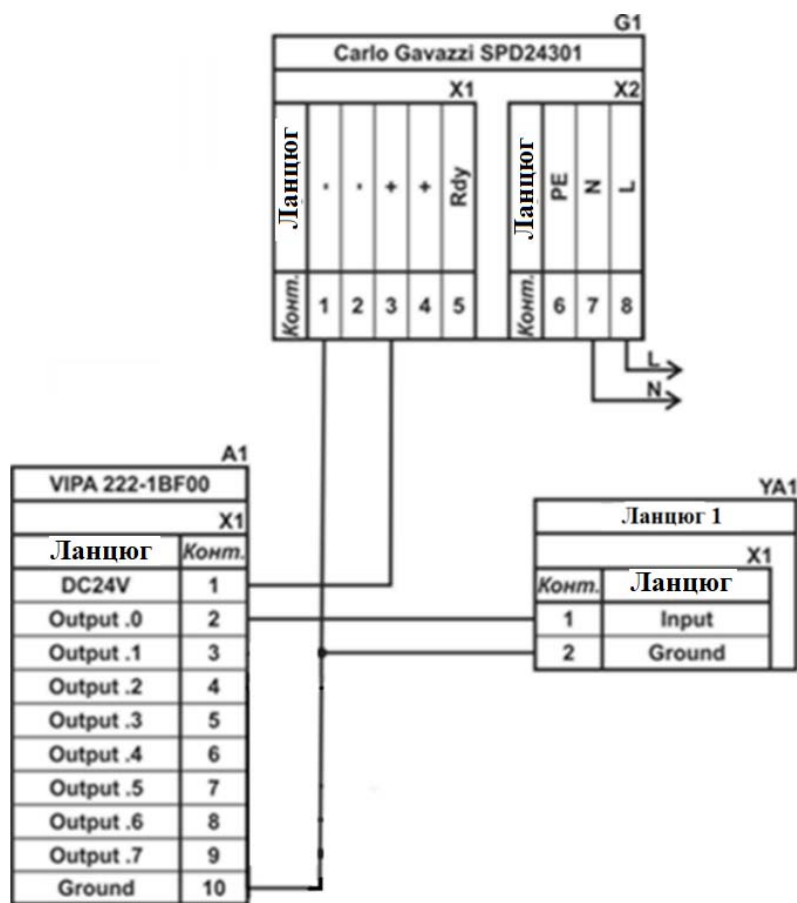


Рисунок 2.16 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим

пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Для прикладу показана схема підключення умовного ланцюга 1 (одного з двох). Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено інші ланцюги пристроїв узгодження навантаження, але до відповідних до виходів цього модуля.

Датчики контролю положення засувки здійснено за допомогою енкодера E40H-012-2000-2-N-24 для підключення якого до системи керування обрано функціональний модуль лічильника VIPA 250-1BA00 (рис. 2.17). Технічні характеристики модулю наведені в табл. 2.16.



Рисунок 2.17 – Функціональний модуль 250-1BS00

Таблиця 2.16 – Технічні характеристики функціонального модуля 250-1BS00

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

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

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

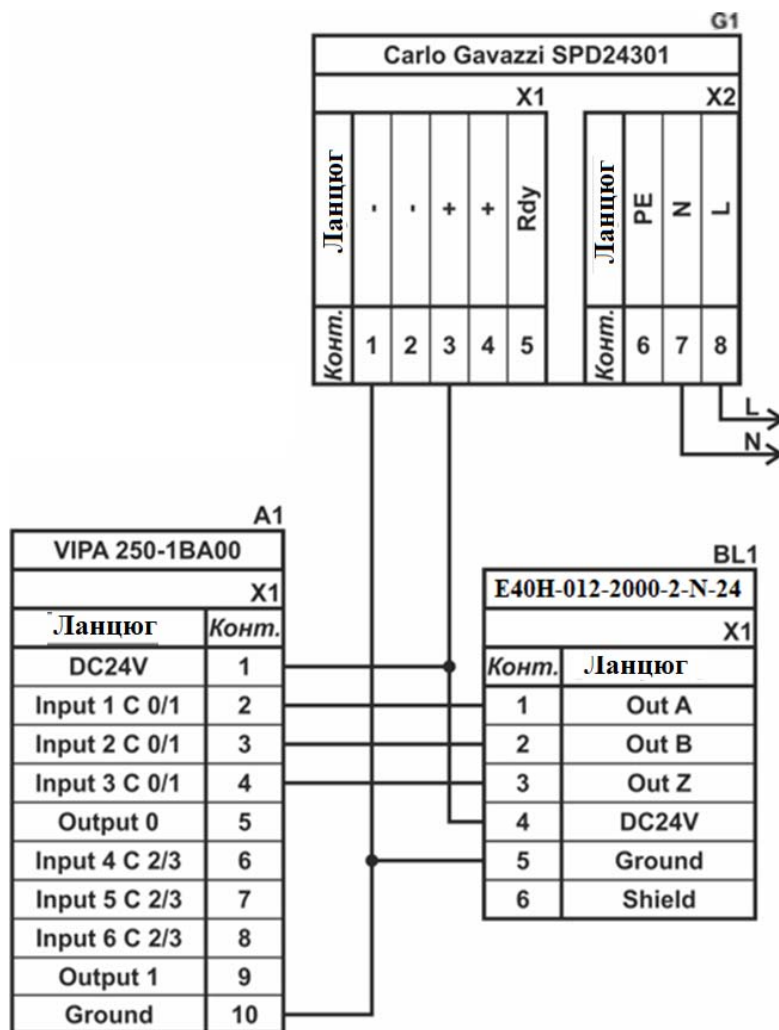


Рисунок 2.18 – Схема підключення датчика положення засувки

Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру за допомогою інтерфейс RS-485 наведена на рис. 2.19.

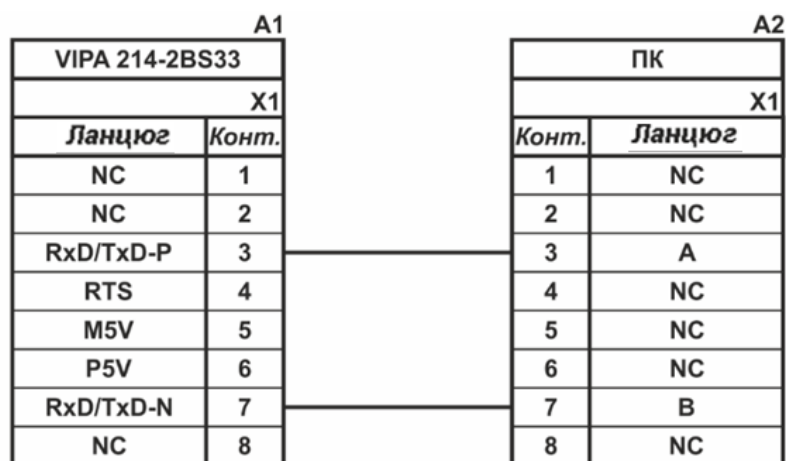


Рисунок 2.19 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

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

Таблиця 2.17 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	<b>Центральний процесорний модуль</b>	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок з АСК ТП и СК газовим пальником		
2	VIPA 231-1BD40	<b>Модуль аналогового вводу 1</b>	24 В	0,6 Вт
		Температура подачі суспензії	24 В	2,0 Вт
		Температура випаровування	24 В	2,0 Вт
		Температура відкачуваної суспензії	24 В	2,0 Вт
3	VIPA 231-1BD40	<b>Модуль аналогового вводу 2</b>	24 В	0,6 Вт
		Продуктивність гострої пари	24 В	2,0 Вт
		Продуктивність випаровування	24 В	2,0 Вт
		Продуктивність подачі суспензії	24 В	4,0 Вт
		Продуктивність відкачуваної суспензії	24 В	4,0 Вт
4	VIPA 232-1BD40	<b>Модуль аналогового виводу 1</b>	24 В	1,5 Вт
		Насос подачі суспензії	24 В	1,0 Вт
		Насос відкачування суспензії	24 В	1,0 Вт
5	VIPA 250-1BS00	<b>Функціональний модуль 1</b>	24 В	2,5 Вт
		Енкодер засувки подачі гострої пари	24 В	2,0 Вт
6	VIPA 222-1BF00	<b>Модуль дискретного виводу 1</b>	24 В	2,0 Вт
		Відкриття засувки гострої пари	24 В	1,0 Вт
		Відкриття засувки гострої пари	24 В	1,0 Вт

#### 2.2.4 Вибір джерел живлення

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

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

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

Таблиця 2.18 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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



Рисунок 2.20 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.21.

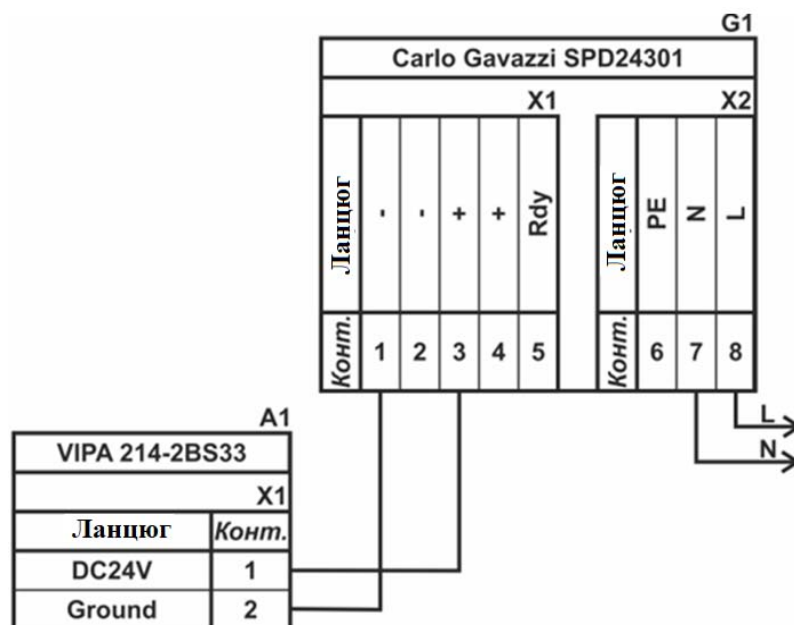


Рисунок 2.21 – Схema підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для восьми аналогових датчиків, двох



аналогових ланцюгів керування, одного фазо-імпульсного датчика, двох цифрових ланцюгів керування, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 6 * 2,0 + 2 * 4,0 + 2 * 1,0 + 1 * 2,0 + 2 * 1,0 = 26,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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.

### **2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації**

Виходячи з вимог до підсистеми керування випарною колоною INT-OCIRZ040 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.22.

У якості пристрою керування технологічним процесом використовується програмований логічний контролер (UY 14) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер в складі підсистеми керування підключено до АСУ ТП, за що відповідає контролер більш високого рівня (UY 15), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Температура сировини (на вході колони) вимірюється у вхідному трубопроводі подачі суспензії за допомогою датчика температури (TE 1-1 – Siemens SITRANS T TS), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (TT 1-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура випаровування у верхній частині колони вимірюється у відповідному вихідному паропроводі за допомогою датчика температури (TE 2-1 – Siemens SITRANS T TS), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (TT 2-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура відкачуваної з колони суспензії у самій нижній частині колони вимірюється у відповідному вихідному трубопроводі за допомогою датчика

температури (TE 3-1 – Siemens SITRANS T TS), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 3-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

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

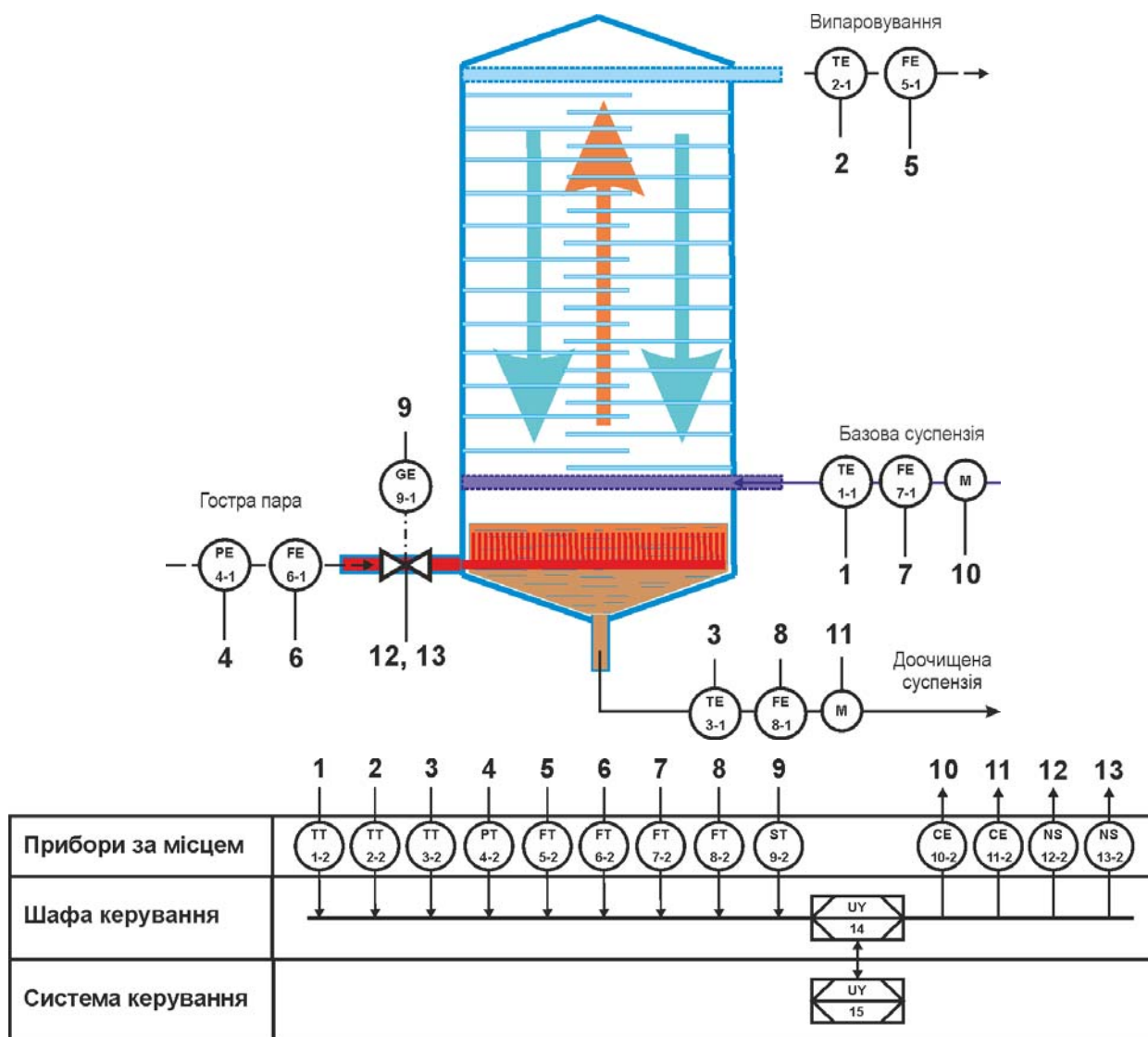


Рисунок 2.22 – Функціональна схема автоматизації випарною колоною INT-OCIRZ040

Витрати випаровування вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на паропроводі у верхній частині колони (FE 5-1 – Siemens SITRANS FX300), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика

перетворювача (FT 5-2 – Siemens SITRANS FX300) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати подачі гострої пари вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на відповідному паропроводі (FE 6-1 – Siemens SITRANS FX300), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 6-2 – Siemens SITRANS FX300) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати подачі у колону суспензії вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на трубопроводі подачі (FE 7-1 – Siemens SITRANS SONO 3300/FUS060), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 7-2 – Siemens SITRANS SONO 3300/FUS060) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати видалення з колони суспензії вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на трубопроводі видалення (FE 8-1 – Siemens SITRANS SONO 3300/FUS060), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 8-2 – Siemens SITRANS SONO 3300/FUS060) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Ступінь відкриття / закриття засувки подачі у колону гострої пари контролюється енкдером (GE9-1 E40H 012 2000 2 N 24) спеціалізованим перетворювачем (GT9-2 E40H 012 2000 2 N 24).

Регулювання продуктивності насоса подачі суспензії здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (CE 10-2 – Schneider ATV630C11N4-IP00 ).

Регулювання продуктивності насоса видалення суспензії здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (CE 11-2 – Schneider ATV630C11N4-IP00 ).

Регулювання продуктивності подачі гострої пари у колону здійснюються за допомогою засувки клинної ЗКЛ 15-80-01 з реверсивним керуванням, виконаним за допомогою дискретних модулів твердотільних реле (NS 12-2 - SSR-240A10) та (NS 13-2 - SSR-240A10).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 14 – VIPA 214-2BS33) за допомогою виконавчих пристроїв формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи випарної колони INT-OCIRZ040.

#### **2.4 Розробка схеми електричної принципової**

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040, яка наведена на рис. 2.23.

У системі керування використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до двох модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3, A1 – X4), до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), до спеціалізованого модулю роботи с енкодером VIPA 250-1BA00 (A1 – X6), до модулю аналогового виводу VIPA 233-1BD40 (A1 – X7), к усім восьми аналоговим датчикам (BK1...BK8), енкодеру (BK9), цифровими каналам керування твердотільними реле (YA1, YA2) та аналоговим каналам керування частотними перетворювачами (YA3, YA4).

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

Керування продуктивністю насосів здійснюється по каналам керування 4...20 мА, які підключено до підключено до модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X5) до каналу 0, 1.

Керування засувкою подачі гострої пари здійснюється за принципом дискретного реверсивного керуванням за часом подачі керуючого сигналу, які подаються за допомогою твердотільних реле (YA1, YA2), які підключені до дискретного модуля VIPA 231-1BF40 (A1 – X5) до каналів 0, 1.

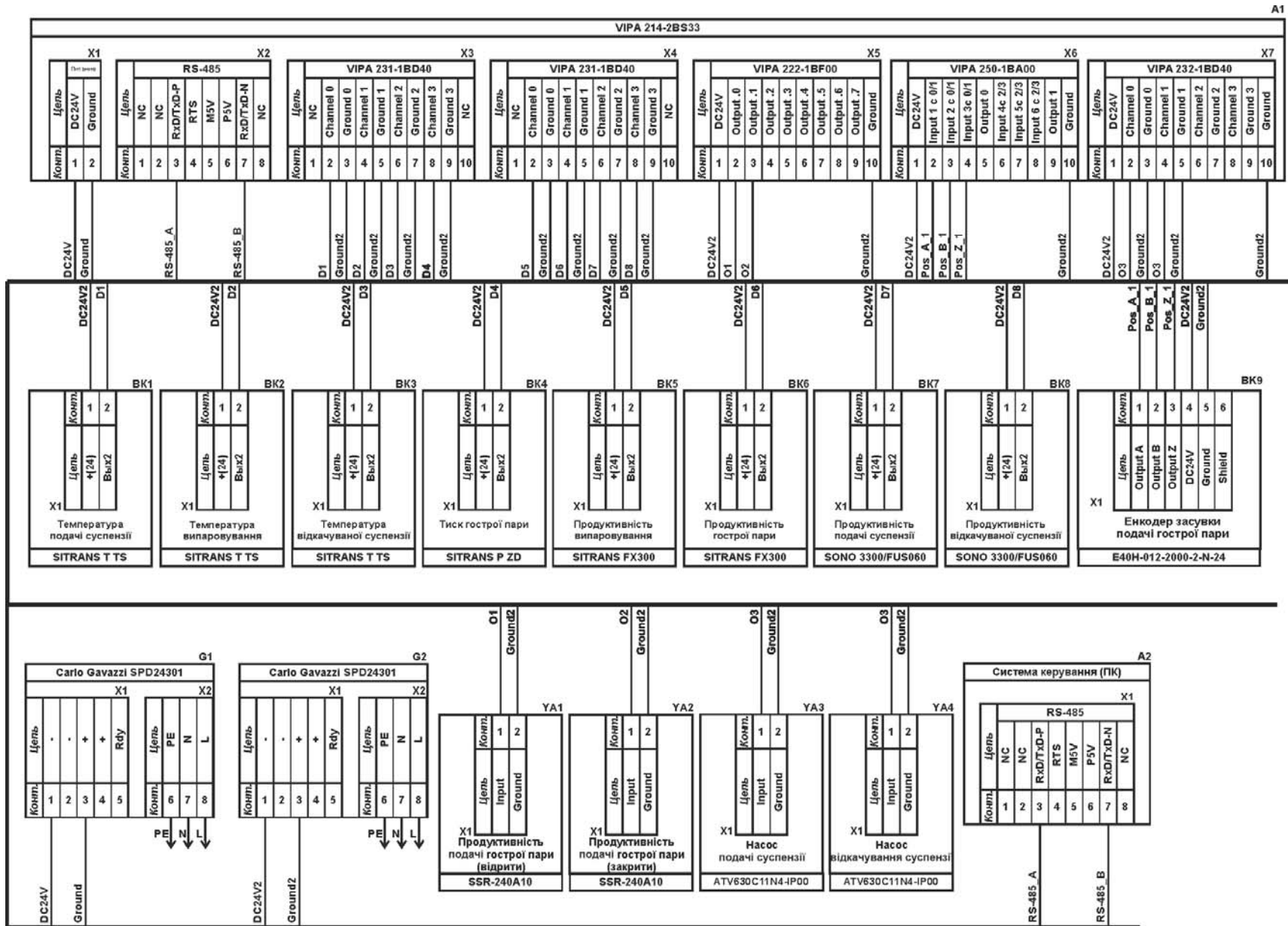


Рисунок 2.23 – Схема електрична принципова системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040

Ступінь відкриття / закриття засувки контролюється енкодером BK9 за допомогою спеціалізованого модуля A1 – X6 типу VIPA 250-1BA00.

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

## **2.5 Висновки за розділом**

Для синтезу апаратної частини системи керування випарною колоною INT-OSIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення оливок відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі були обрані необхідні технічні засоби, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Технологічний процес контактного доочищення є завершальною стадією виробництва олив. Цей технологічний процес призначений для поліпшення кольору оливи (мастила) та значного зниження показника коксівності.

В основу цього технологічного процесу покладена гарна здатність природних глин до адсорбції на своїй поверхні різних речовини. Для контактного доочищення застосовують щільно-дисперсний адсорбент - частки глини з номінальним розміром близько 0,1 мм.

Цільовий продукт цього технологічного процесу є отримання доочищеної базової оливи, а побічний ефект це відгін суміші корисних легких оливних фракцій та продуктів розкладання. Відходом є відпрацьована глина, просочена доочищеною оливою, масова частка якої коливається залежно від її в'язкості і, як правило становить, значення в межах 15...50 % від масових показників адсорбенту. Масова частка виходу доочищеної оливи становить 96...98 % від сировини (базової оливи).

У випарну колону подається попередньо підігріта базова суспензія, яка складається з суміші глини і базової оливи. Базова суспензія у колону подається шнековим насосом.

Для поліпшення процесу перемішування та видалення легких компонентів у низ колони подається гостра водяна пара.

У випарній колоні від оливи та глини відпарюються суміш води, продуктів розкладання оливи на леткі фракції, розчинників та інші гази розкладання (залишки від попередніх виборчих процесів). Виведена з верху колони суміш продуктів відпаровування надходить у наступні технологічні апарати лінії контактної очистки

оливи. Частково випаровуванні з водою леткі фракції вуглеводів відділяються від води і конденсуються у відповідному технологічному апараті і далі насосом подаються на зрошення у середню частину випарної колони. Це робиться для запобігання випаданню в осад глини з оливи.

З колони доочищена суспензія з оливи і глини подається шнековим насосом у наступні технологічні апарати, з яких також передбачена рециркуляція частини доочищеної суспензії знов у випарну колону, у нижню її частину.

Для розробки системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040 обрано варіант побудови за каналом керування «продуктивність гострої пари – температура випаровування», як найбільш впливового на якість роботи випарної колони.

Для побудови системи керування за обраним каналом маємо наступні номінальні значення технічних показників:

- |                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| – температура випаровування, °C    | 180...220; |
| – продуктивність гострої пари, т/г | 30...72;   |

Для синтезу системи керування, моделювання її роботи з метою перевірки її працездатності, перш за все треба мати модель самого об'єкта керування – випарної колони INT-OCIRZ040, яка є регульованою за продуктивністю випаровування, в залежності від продуктивності подачі гострої пари. При цьому всі інші вхідні і вихідні параметри об'єкта керування мають бути зафіксованими і знаходитись у номінальному стані.

Регулювання продуктивності подачі гострої пари у колону здійснюються за допомогою засувки ЗКЛ 15-80-01 з реверсивним керуванням, виконаним за допомогою двох дискретних модулів твердотільного реле SSR-240A10. Лінеаризація параметрів керування засувкою ЗКЛ 15-80-01 здійснюється програмним шляхом. Для цього використовуються додаткові датчики - продуктивність продуктів випаровування та ступінь відкриття / закриття засувки (ці додаткові датчики датчики на рис. 3.1 не упоказані). Витрати подачі гострої пари вимірюється за допомогою витратоміру Siemens SITRANS FX300, встановленого на відповідному паропроводі, виміряне значення за допомого



вбудованого до датчика перетворювача трансформується в стандартний аналоговий сигнал 4...20 мА. Ступінь відкриття / закриття засувки подачі гострої пари у колону контролюється енкодером E40H 012 2000 2 N 24.

Температура випаровування у верхній частині колони вимірюється у відповідному вихідному паропроводі за допомогою датчика температури Siemens SITRANS T TS), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

### **3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи**

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

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040 за каналом керування «продуктивність гострої пари – температура випаровування».

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

Згідно зі структурною схемою, система дослідження має формувати керуючий вплив, в якості якого виступає значення витрати гострої пари, яка номінально змінюється у діапазоні 30...72 т/г, за рахунок чого через певний час

виконуються відповідна зміна дійсного значення – температура випаровування у межах номінальних значень 180...220°C.

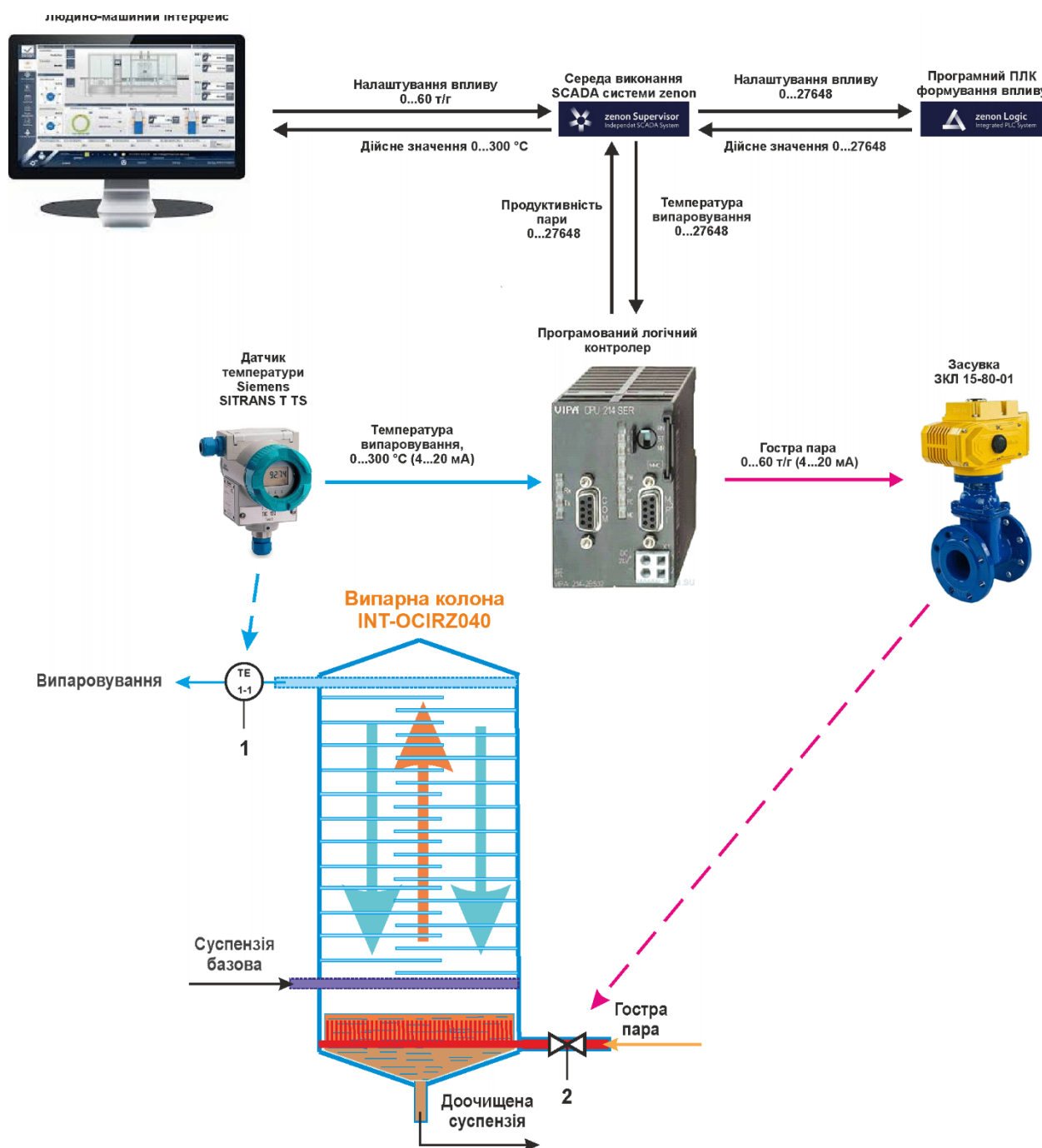


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

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

### 3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів для подання їх через систему керування на об'єкт керування. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

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

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
  - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
  - 2.2. Запустити процес реєстрування.
  - 2.3. Задати максимальну амплітуду керуючого впливу (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
  - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
  - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).
  - 3.2. Розбити весь діапазон керуючого впливу на 5...10 рівних частин. Далі запустити процес реєстрування та поетапно подавати ці значення керуючого впливу на об'єкт керування, поетапно дочекавшись усталеного режиму дійсного значення фіксувати його.
  - 3.3. Зупинити процес реєстрації.
4. Отримання даних при П-образному впливі.
  - 4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).
  - 4.2 Запустити процес реєстрування.

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

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

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

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

5.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу був бажано у 5...10 разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда керуючого впливу змінювалася дискретно (бажано випадково) в діапазоні 0...100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш ніж за 5...10 інтервалів часу перехідного процесу плюс час затримки.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

### **3.4 Виконання експерименту**

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив – витрати пари будуть змінюватися дискретно з максимально можливого значення до мінімального, а відповідне дійсне значення – температура випаровування, під впливом керуючого значення з часом буде теж поступово змінюватися з мінімального значення до максимального значення.

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

За технічними параметрами для випарної колони INT-OCIRZ040 дійсне значення - температура випаровування, лінійна регулюється у межах 180...220 °C що становить повний діапазон змін (0...100 %), під номінальним значенням керуючого впливу - продуктивність подачі гострої пари з номінальним діапазоном

змін 30...72 т/г, що становить відповідно теж повний діапазон, але вже регулювання.(0...100 %).

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні мінімально можливого значення близького до 30 т/г (0 %). Після досягнення усталеного режиму з мінімальним показником дійсного значення близько 180 °С, керуючий сигнал було встановлено на рівні максимально можливого значення у 72 т/г (100 %), а після досягнення дійсним значенням усталеного режиму – близького до максимального значення у 220 °С експеримент було закінчено.

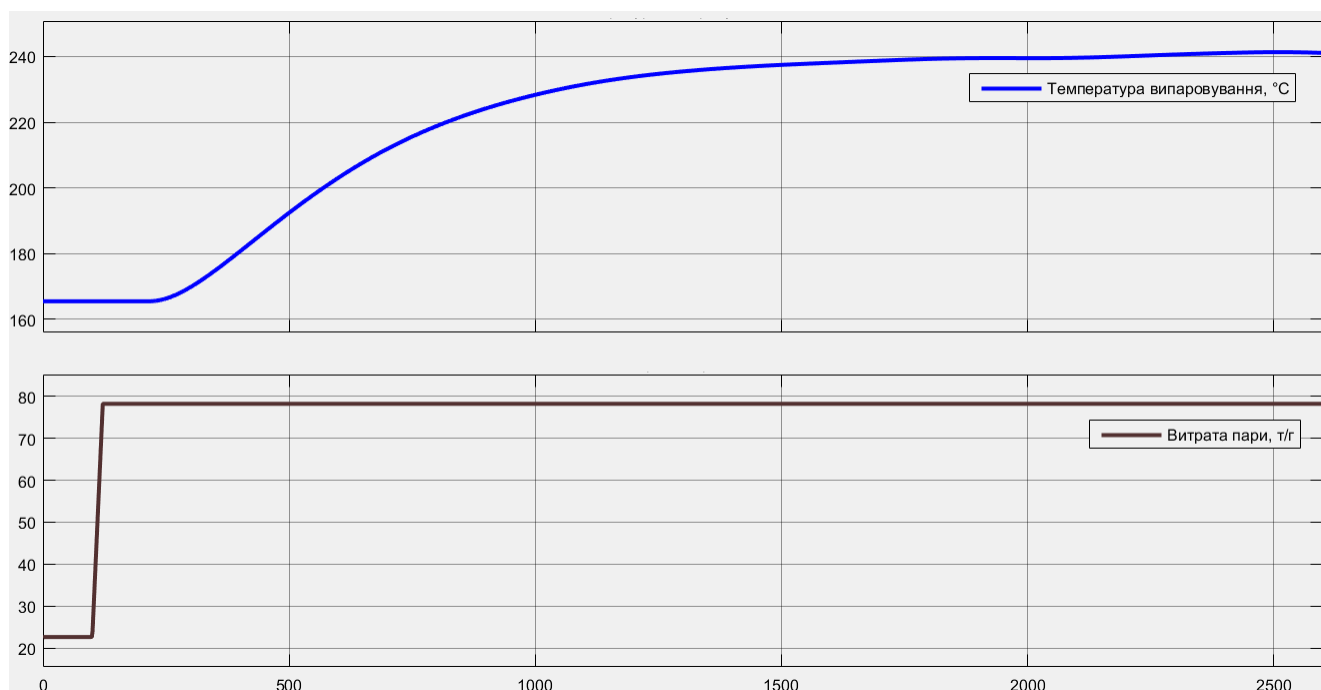


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Враховуючі реальний максимальний діапазон змін керуючого впливу (витрати пари), який приблизно склав діапазон значень 22,5...78,2 т/г, що тепер становитиме діапазон можливих змін 0...100 % для керуючого впливу.

Далі цей діапазон керуючого впливу розбили на шість зон.

Спочатку було встановлено керуючий вплив на рівні мінімально можливого показника 22,5 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, перейшли до етапу отримання статичної характеристики.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 31,8 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 41,1 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 50,4 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 59,7 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

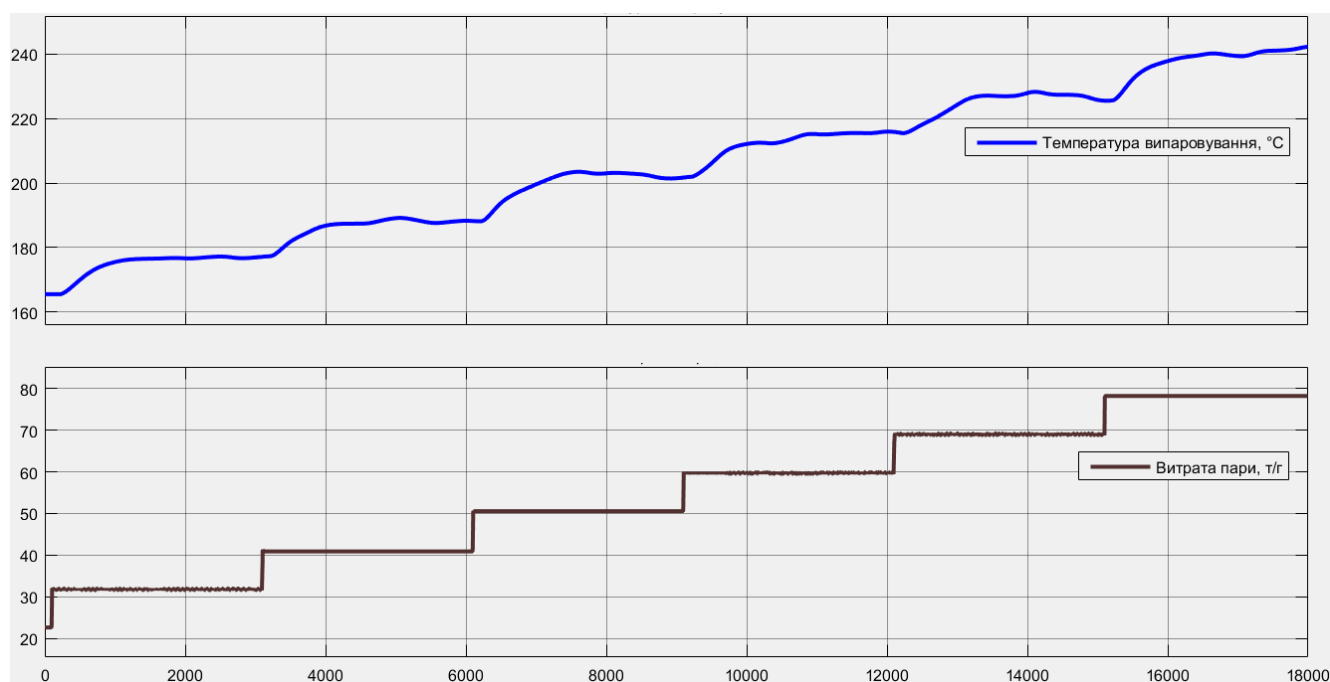


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 69,0 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні 78,3 т/г, після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Після цього експеримент було закінчено.

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

Для цього було встановлено керуючий вплив на рівні 22,5 т/г (0 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина, після досягнення усталеного режиму дійсного значення було встановлено керуючий вплив на рівні на рівні 78,3 т/г (100 %), після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на рівні 22,5 т/г (0 %), після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

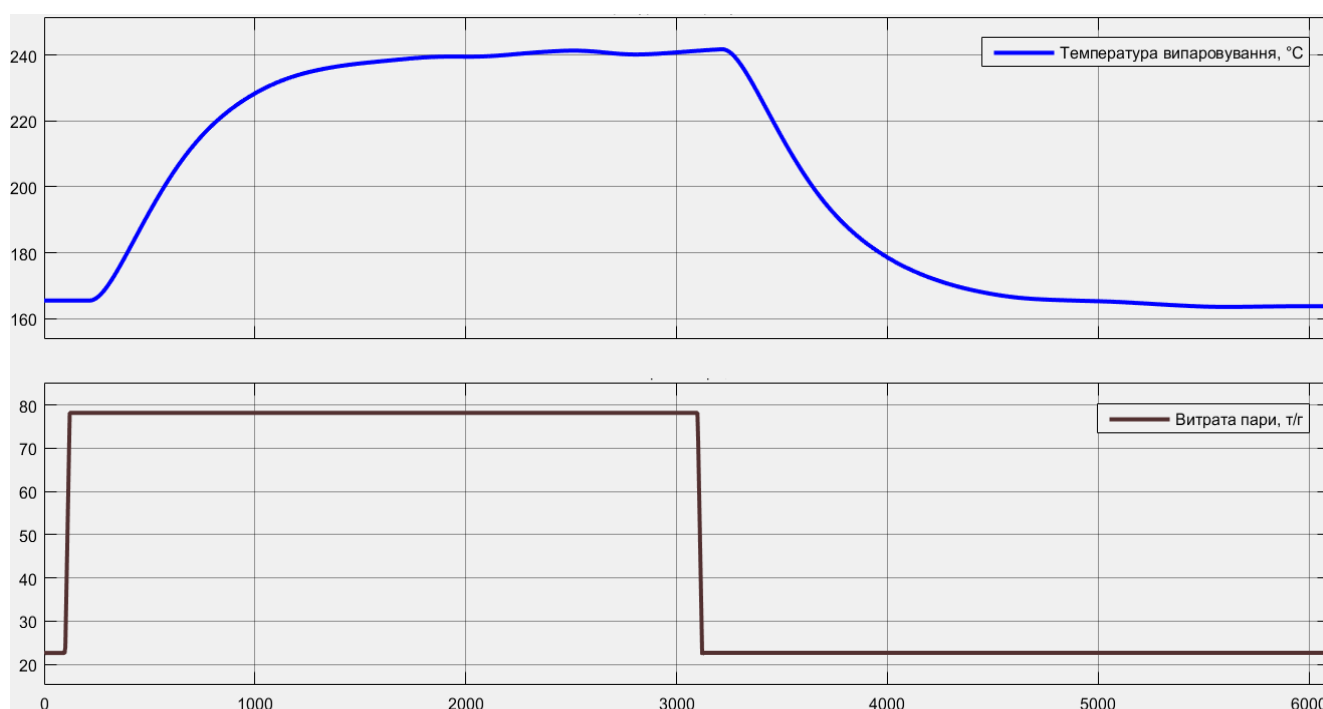


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

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

Для цього керуючий вплив було налаштовано на випадкову послідовність в діапазоні 22,5...78,3 т/г (0...100 %), з інтервалом зміни 360 с. Цей час було визначено наступним чином - час повного відкриття засувки з мінімально можливого значення витрат пари до максимального, становить близько 45 с, плюс 325 с - бажаний час зміни випадкового керуючого впливу для часу перехідного процесу у 2 500 с (рис. 3.2). Сама реєстрація відбувалася на інтервали часу, який дорівнює 7...8 перехідних процесів 20 000 с.

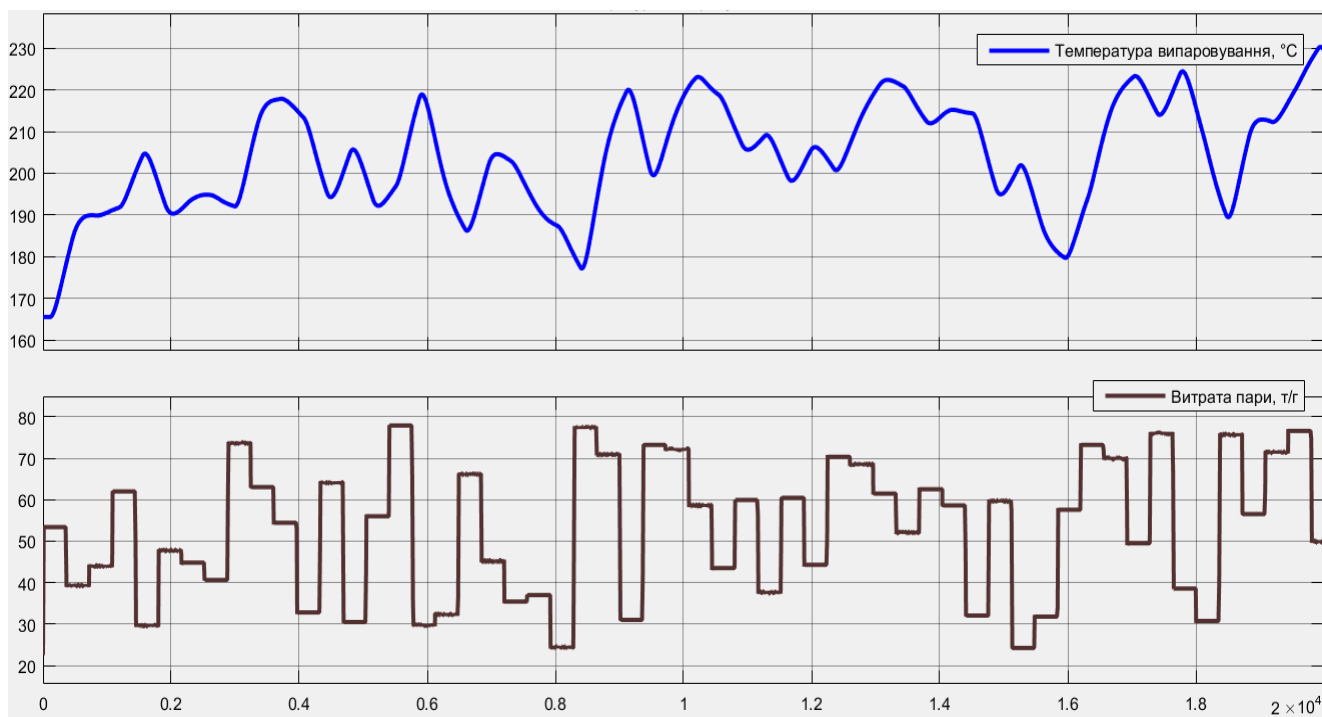


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

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

### 3.5 Обробка результатів експерименту

#### 3.5.1 Підготовка даних

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

Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic\_Input”, “Dynamic\_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static\_Input”, “Static\_Output”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “P\_Input”, “P\_Output”, перевірочним даним “Check\_Input”, “Check\_Output”. Суфікс “\_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “\_Output” дійсне значення.

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



Name	Value
Check_Input	20001x1 double
Check_Output	20001x1 double
Dynamic_Input	2601x1 double
Dynamic_Output	2601x1 double
P_Input	6001x1 double
P_Output	6001x1 double
Static_Input	18101x1 double
Static_Output	18101x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

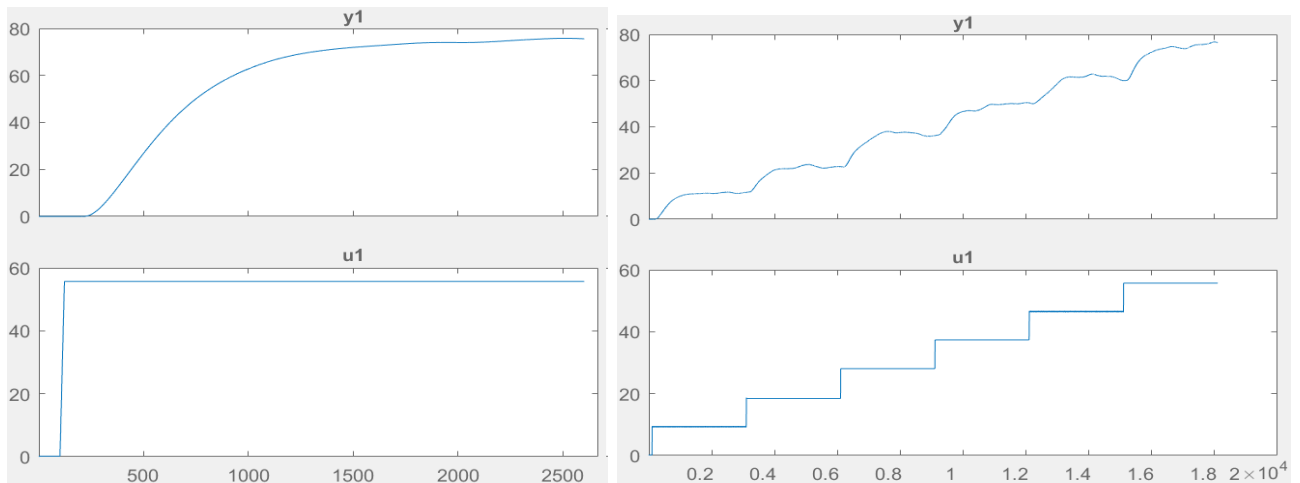


Рисунок 3.7 – Динамічна і статична характеристики з видаленими статичними складовими

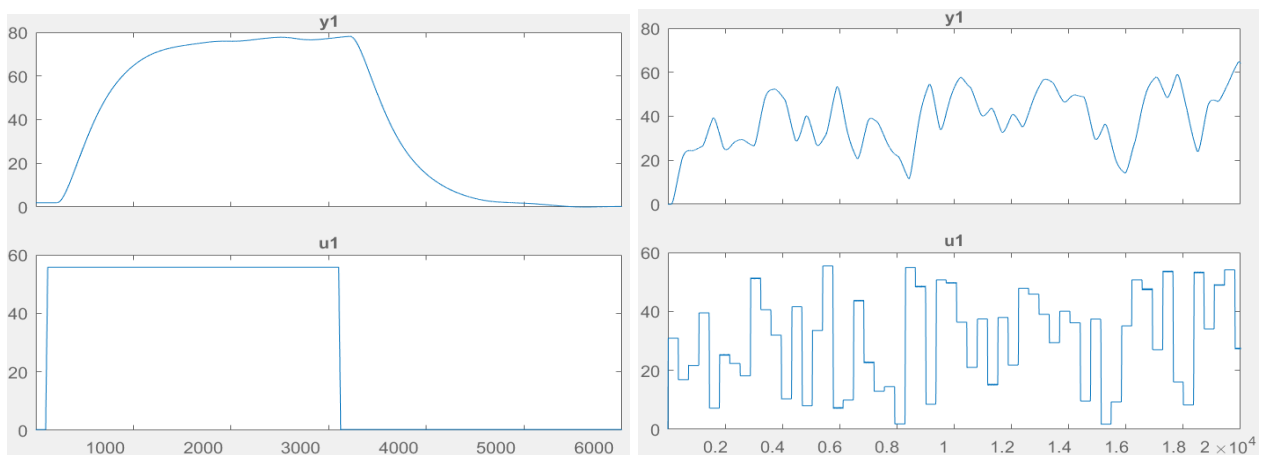


Рисунок 3.8 – П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

### 3.5.2 Структурна ідентифікація

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

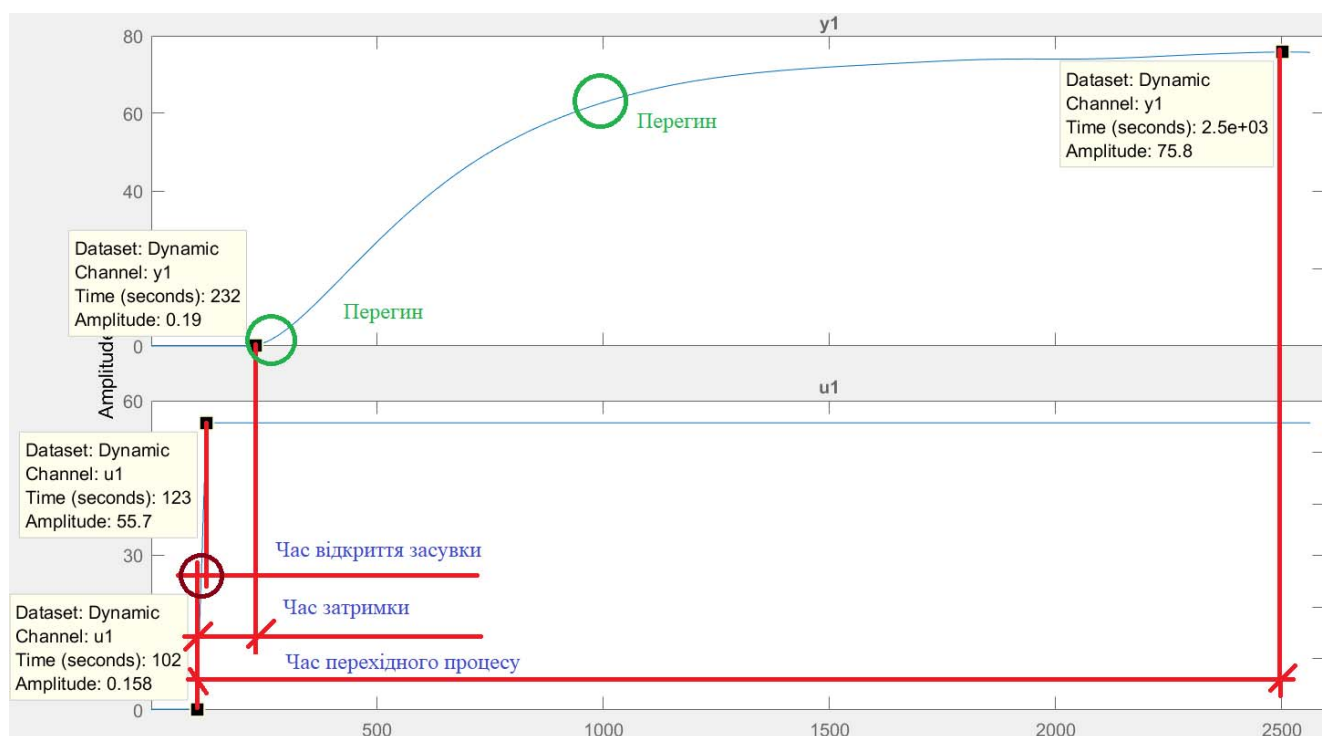


Рисунок 3.9 – Аналіз динамічної характеристики

Після подачі максимального значення керуючого впливу дійсно значне змінюється з запізненням, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням. Скоріш за все це може бути пов'язано з фізико-хімічними випаровування нафтопродуктів, часом розповсюдження летких фракцій у самій конструкції випарної колони INT-OCIRZ040.

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.

Коефіцієнт посилення  $K \approx 75,8 / 55,7 = 1,36$ . Час перехідного процесу  $2\,500 - 100 = 2\,400$  с, а постійна часу  $2\,400 / 5 \approx 480$  с, затримка  $232 - 102 = 130$  с.

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

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

Static\_Gain =  
 1.3297    1.2609    1.2929    1.3369    1.3391    1.3752  
 Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.32

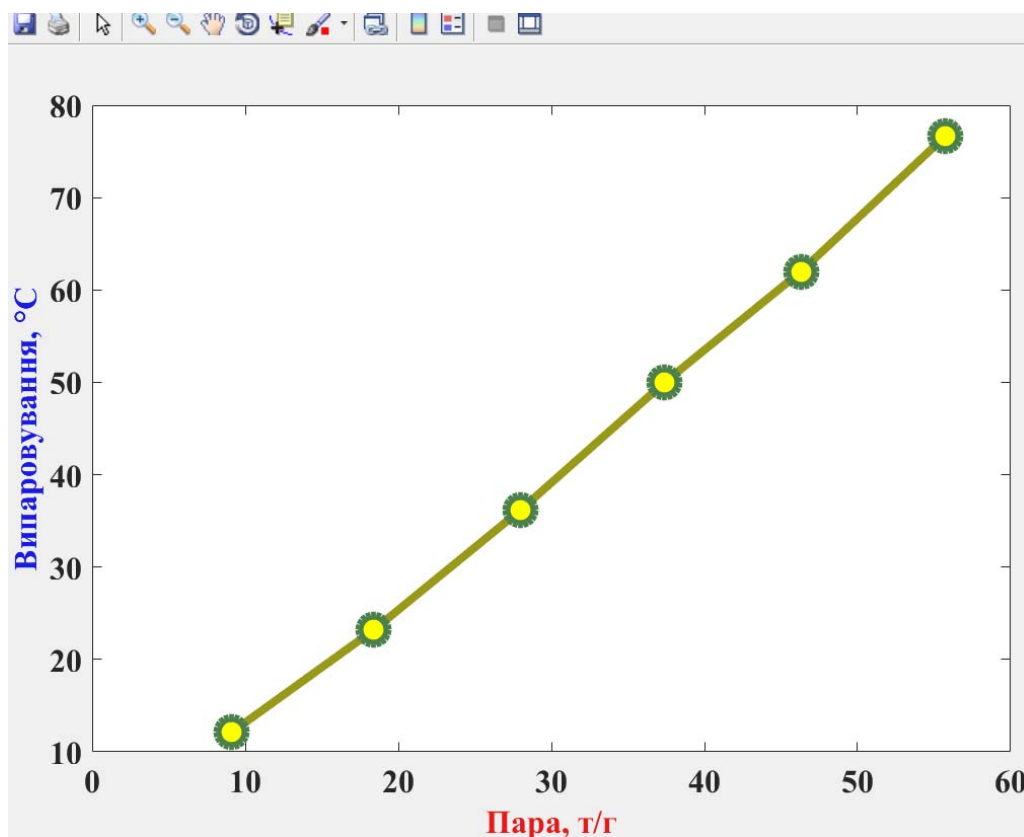
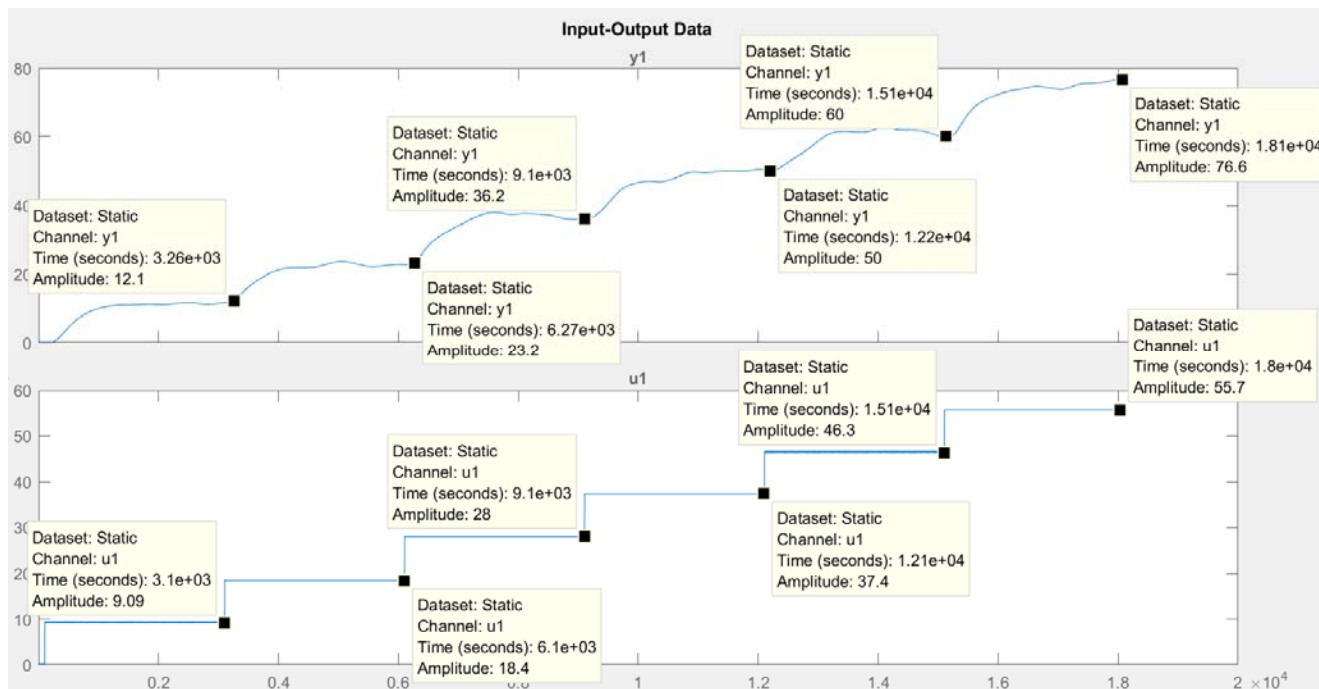


Рисунок 3.10 – Статична характеристика

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. 3.11).

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

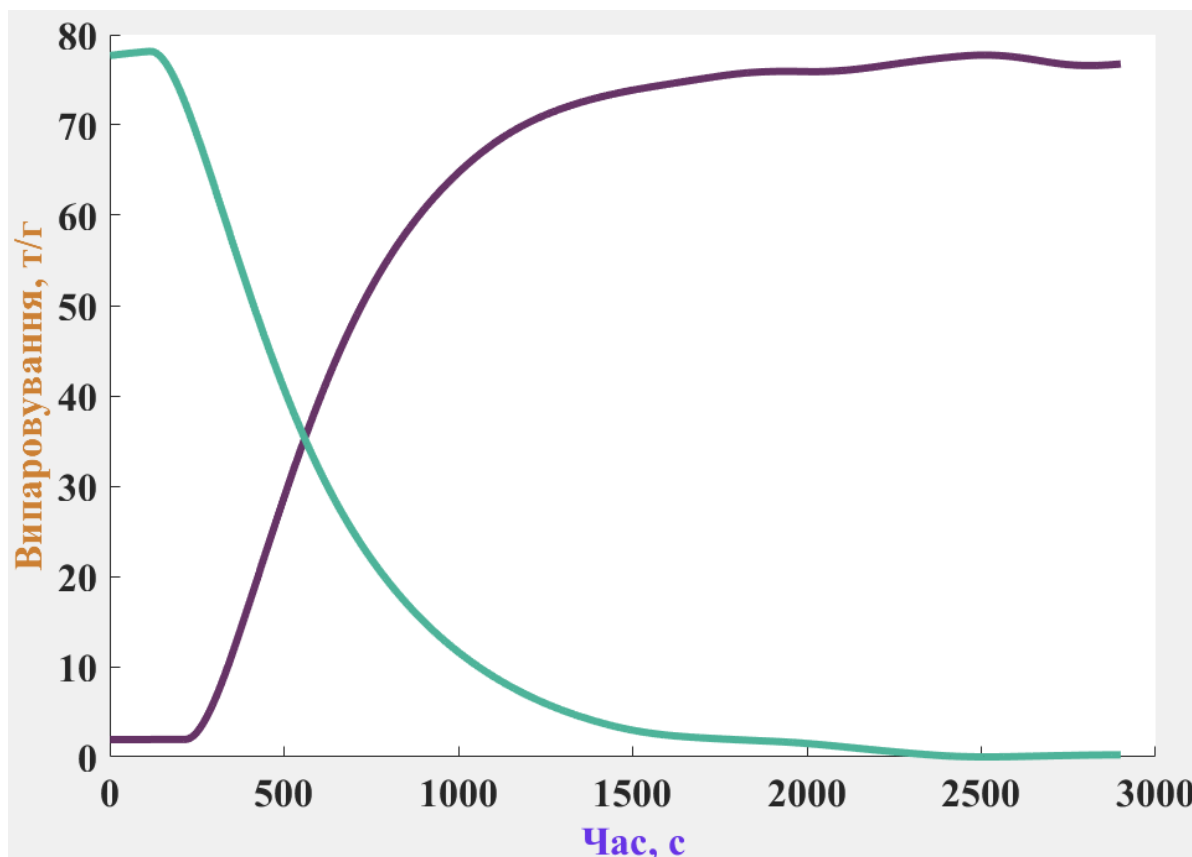


Рисунок 3.11 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

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

**Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.19 %**

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

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

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

де  $W(s)$  – передавальна функція моделі об'єкта керування;  $s$  – оператор диференціювання;  $k$  – коефіцієнт посилення;  $\tau$  – час запізнення, с;  $T_1, T_2$  – постійні часу, с.

### 3.5.3 Параметрична ідентифікація

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

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.12) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic».

Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевіірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

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

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

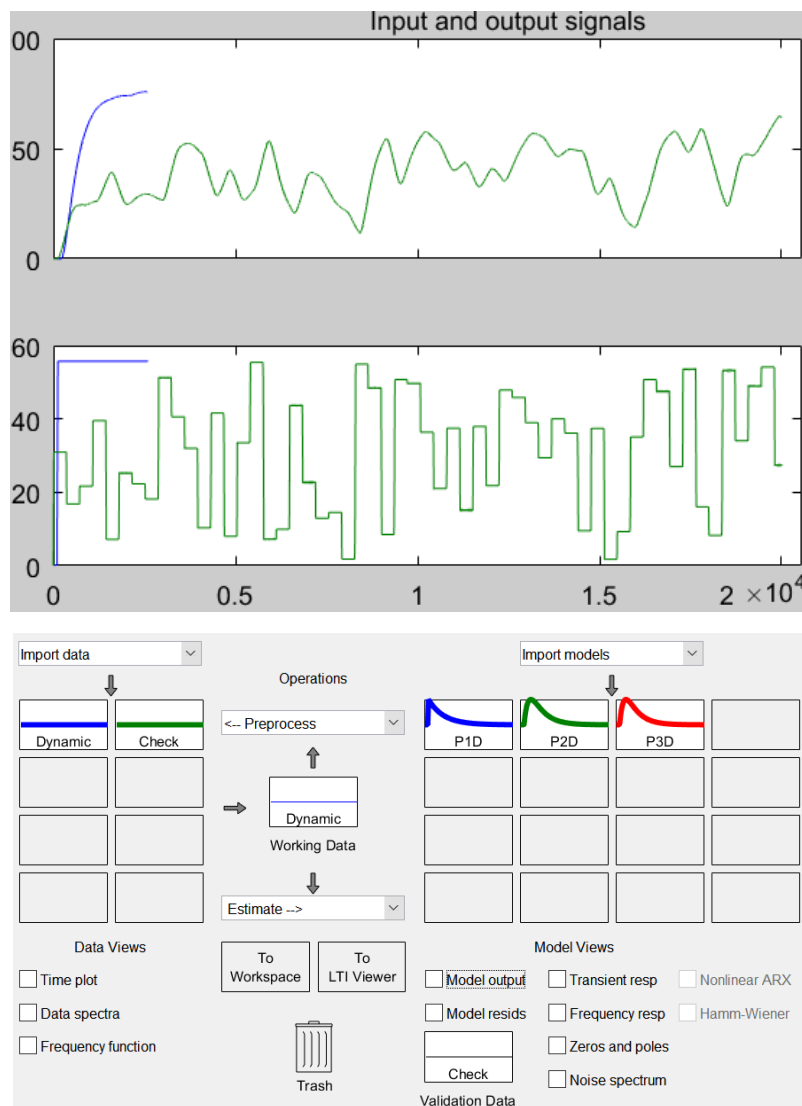


Рисунок 3.12 – Налаштування System Identification Toolbox

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

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

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

$$K_p = 1.3895 \pm 0.001661$$

$$T_{p1} = 498.37 \pm 2.3561$$

$$T_d = 105.6$$

Fit to estimation data: 90.56%

FPE: 6.176, MSE: 6.162

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

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

$$\begin{aligned} K_p &= 1.3495 \pm 0.0002225 \\ T_{p1} &= 346.96 \pm 0.75432 \\ T_{p2} &= 129.61 \pm 0.6952 \\ T_d &= 105.6 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 98.85%  
FPE: 0.09127, MSE: 0.09092

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

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

$$\begin{aligned} K_p &= 1.3498 \pm 0.00022993 \\ T_{p1} &= 349.47 \pm 0.87698 \\ T_{p2} &= 4.7137 \pm 0.88867 \\ T_{p3} &= 124.98 \pm 1.1293 \\ T_d &= 105.6 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 98.86%  
FPE: 0.09056, MSE: 0.09007

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

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

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
$k$	1,3895	<b>1,3495</b>	1,3498
$T_1, c$	498,37	<b>346,96</b>	349,47
$T_2, c$	-	<b>129,61</b>	4,713
$T_3, c$	-	-	124,98
$\tau$	105,6	<b>105,6</b>	105,6
НСКП, %	90,56	<b>98,85</b>	98,86
ПОП	6,176	<b>0,09127</b>	0,09056
СКП	6,162	<b>0,09092</b>	0,09007
НСКП, %	70,45	<b>92,25</b>	92,23

Аналіз відмінностей між оцінками отриманих моделей по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P3D (98,86 %) та P2D (98,85 %), а співвідношення помилок остаточного передбачення (ПОП) для P2D та P2D

$0,09127 / 0,09056 \approx 1$  однакове, таким чином за цими показниками попередньо ці моделі P3D та P2D є однаково підходящими.

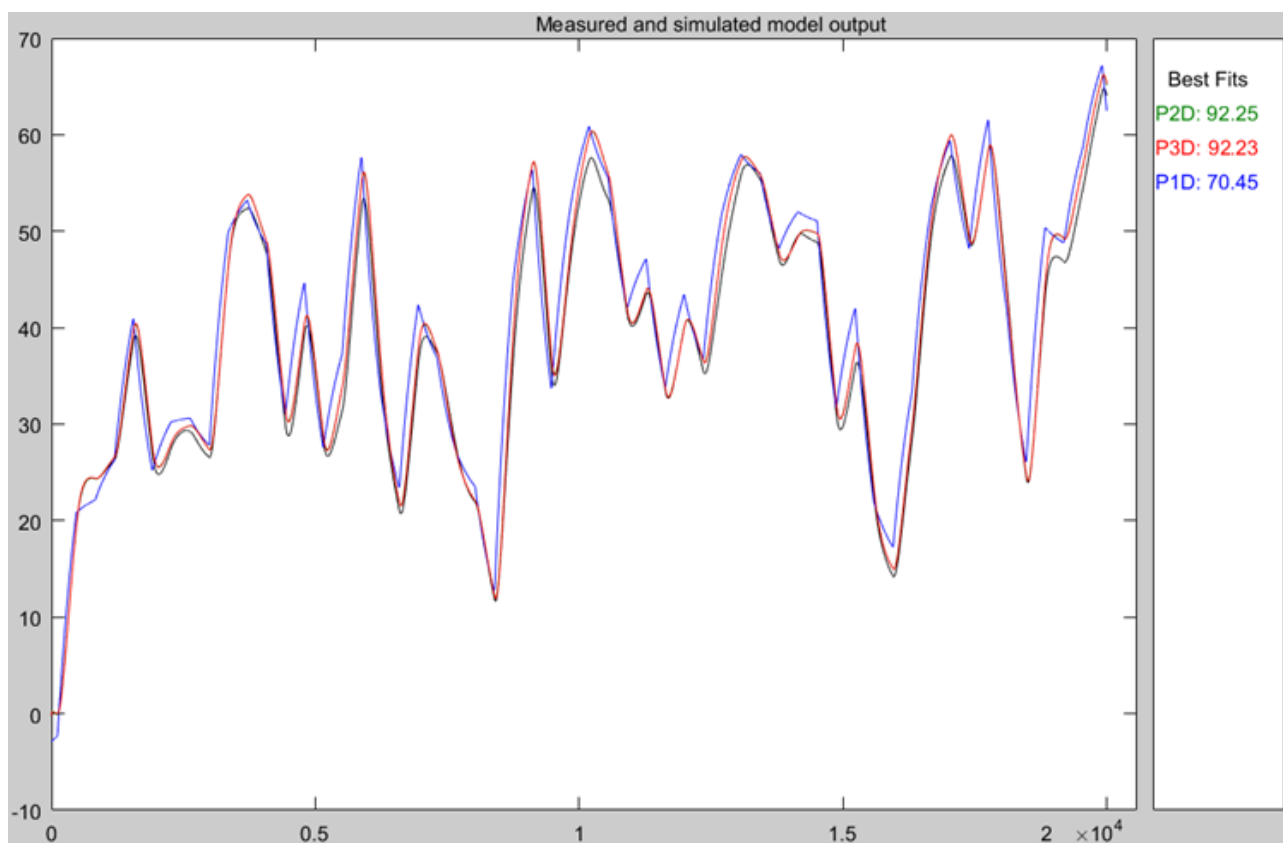


Рисунок 3.13 – Перевірка результатів розрахунків

Головним і остаточним показником для найкращого вибору між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними. Дещо найкращий показник має модель P2D з показником НСКП відповідності за перевірочними даними у 93,25 % проти 93,23 для моделі P3D. Але бачимо, що друга постійна часу ( $T_2$ ) для моделі P3D наближається до нуля – це вже фактично є модель P2D.

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

Для параметричної перевірки обраної моделі можна також звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою (рис. 3.9) - коефіцієнт посилення  $\approx 1,36$ , час перехідного процесу  $\approx 2\,490$  с,  $\approx 480$  с, затримка  $\approx 130$  с.



Для отриманої моделі другого порядку коефіцієнт посилення дорівнює 1,35, постійна часу становить  $347 + 130 = 477$  с, а затримка 105,6 с, що додатково підтверджує, що об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 92 %:

$$W(s) = \frac{1,35 \cdot e^{-105,6s}}{(347s + 1) \cdot (130s + 1)} \quad (3.2)$$

### 3.5.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.14).

При налаштуванні час моделювання задано 20 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

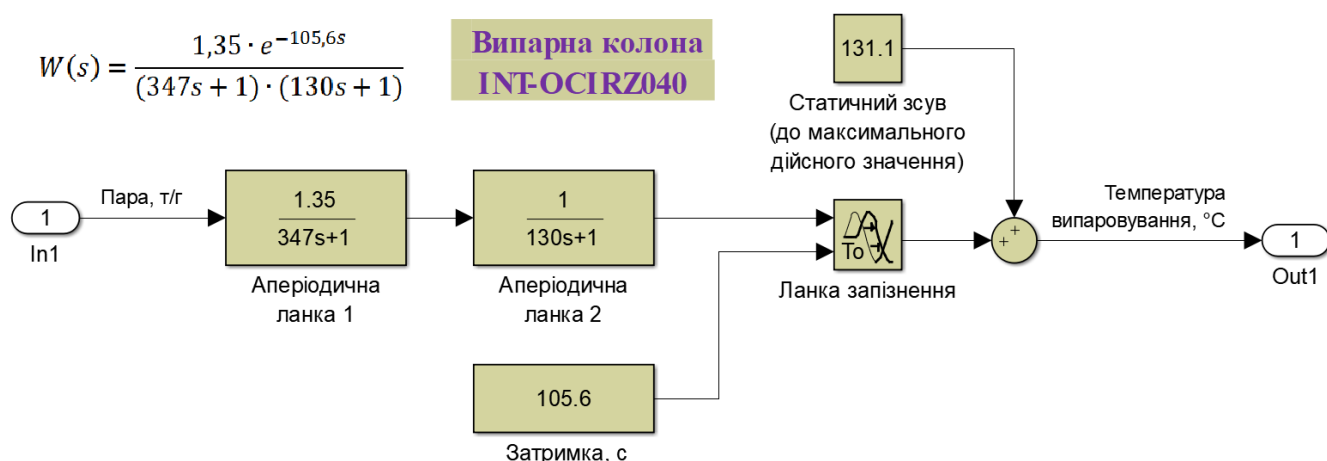


Рисунок 3.14 – Модель об'єкта керування (випарна колона INT-OCIRZ040)

На виході додано статичний зсув характеристики дійсного значення, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування - максимальне значення дійсного значення при максимальному керуючому впливі має бути 245,7 °C.

На рис. 3.15 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність. На вихід моделі P2D доданий статичний зсув дійсного значення, який також, як і раніше відповідає за кінцевий стан дійсного значення для при максимальному керуючому впливі для випарної колони INT-OCIRZ040.

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

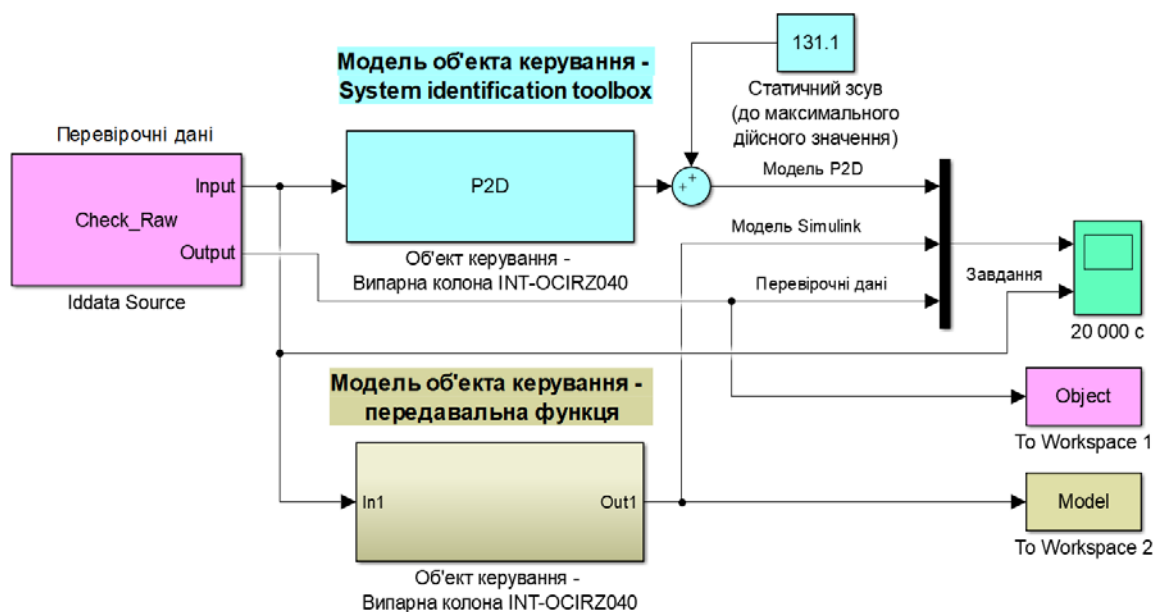


Рисунок 3.15 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

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

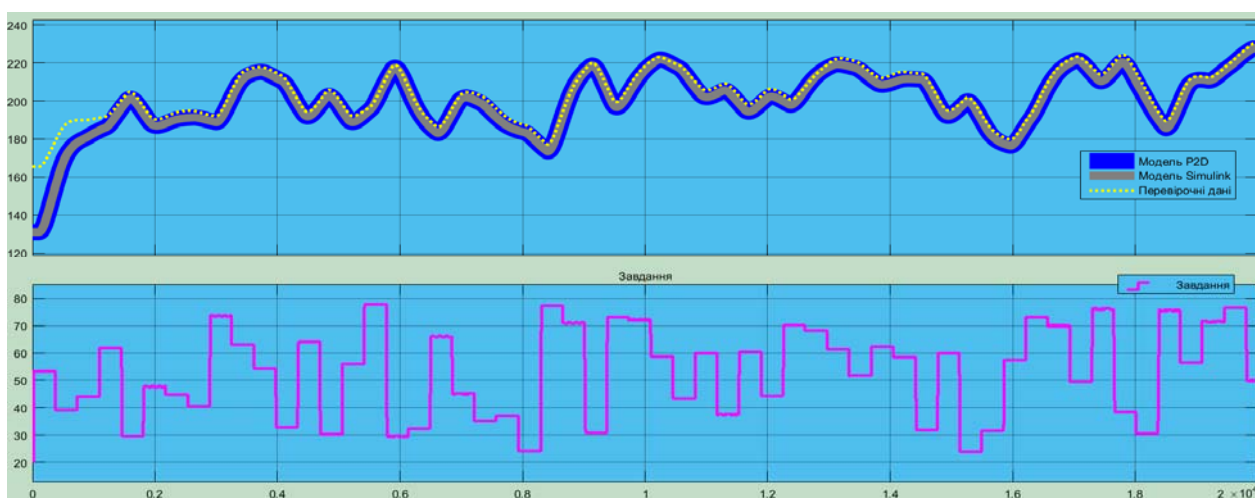


Рисунок 3.16 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

### **3.5.5 Перевірка моделі на адекватність**

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

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

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
Коефіцієнт кореляції: 0.969
Статистичний критерій Фішера: 303995.455
Критичне значення статистики Фішера: 2.706
Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.
```

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції 0,97 - близький до 1,0. Статистичний критерій Фішера 303 995 більший критичного значення 2,706, тобто модель є адекватною до об'єкта керування.

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

### **3.6 Розробка схеми моделі засувки**

Програмований логічний контролер виконує керування величиною витрат пари за допомогою електричної засувки ЗКЛ 15-80-01, тому треба розробити

схему моделі засувки і систему керування до неї, яка має підтримувати задану продуктивність подачі пари до випарної колони INT-OCIRZ040.

З технічних параметрів засувки ЗКЛ 15-80-01 відомо, що час повного відкриття її складає 30 с, а постійна часу електроприводу становить 0,15 с. Відповідно з цією інформацією складена схема засувки, яка представлена блоком інтегрування та аперіодичною ланкою першого порядку (рис. 3.17).

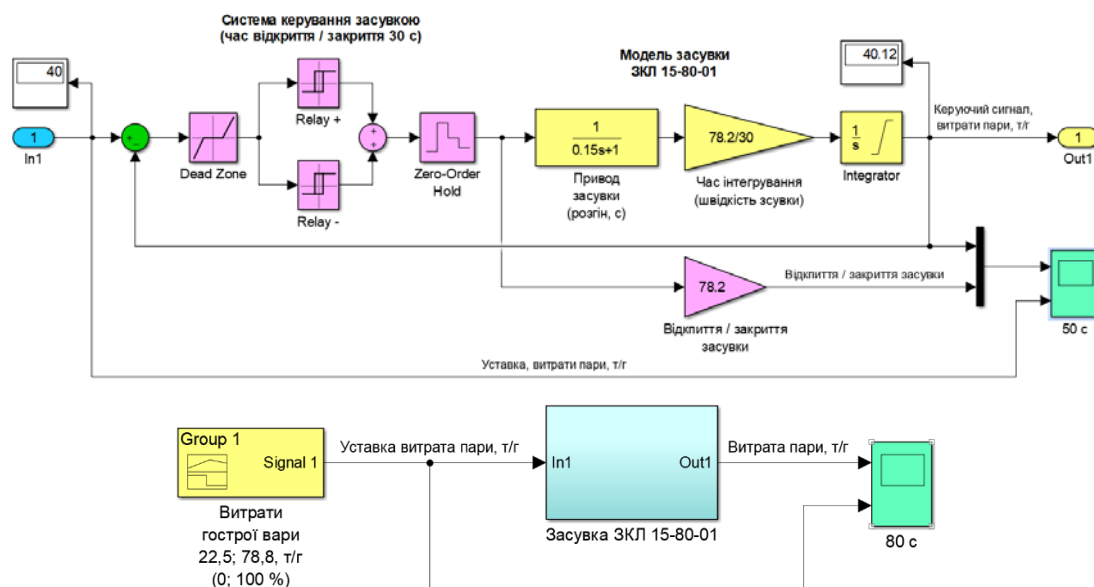


Рисунок 3.17 – Модель засувки електричної ЗКЛ 15-80-01

Спрощена модель системи керування засувкою представлена блоком з зоною нечутливості (0,5 т/г) та двома релейними блоками - реверсивними дискретними сигналами, відповідно на відкриття та закриття засувки.

Графік роботи моделі засувки представлено на рис. 3.18.

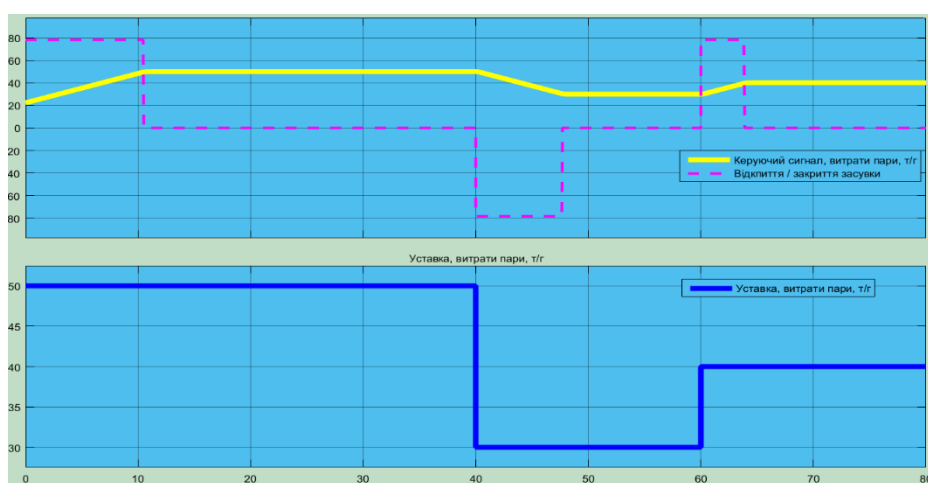


Рисунок 3.18 – Моделювання засувки електричної клинової ЗКЛ 15-80-01

### 3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування

Остаточна комплексна модель технологічного апарату у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рис. 3.19, яка складається з моделі засувки електричної ЗКЛ 15-80-01 (рис. 3.17) та моделі випарної колони INT-OCIRZ040.

Динамічні характеристики для остаточної комплексної моделі технологічного апарату керування наведено на рис. 3.20.

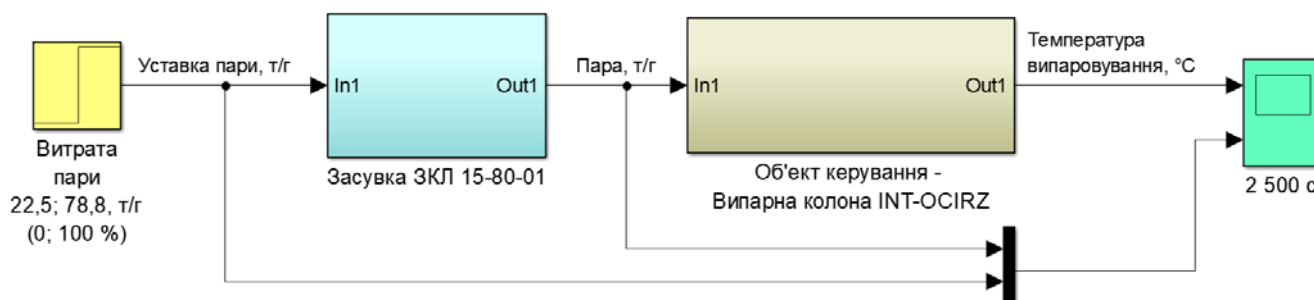


Рисунок 3.19 - Остаточна комплексна модель об'єкту керування

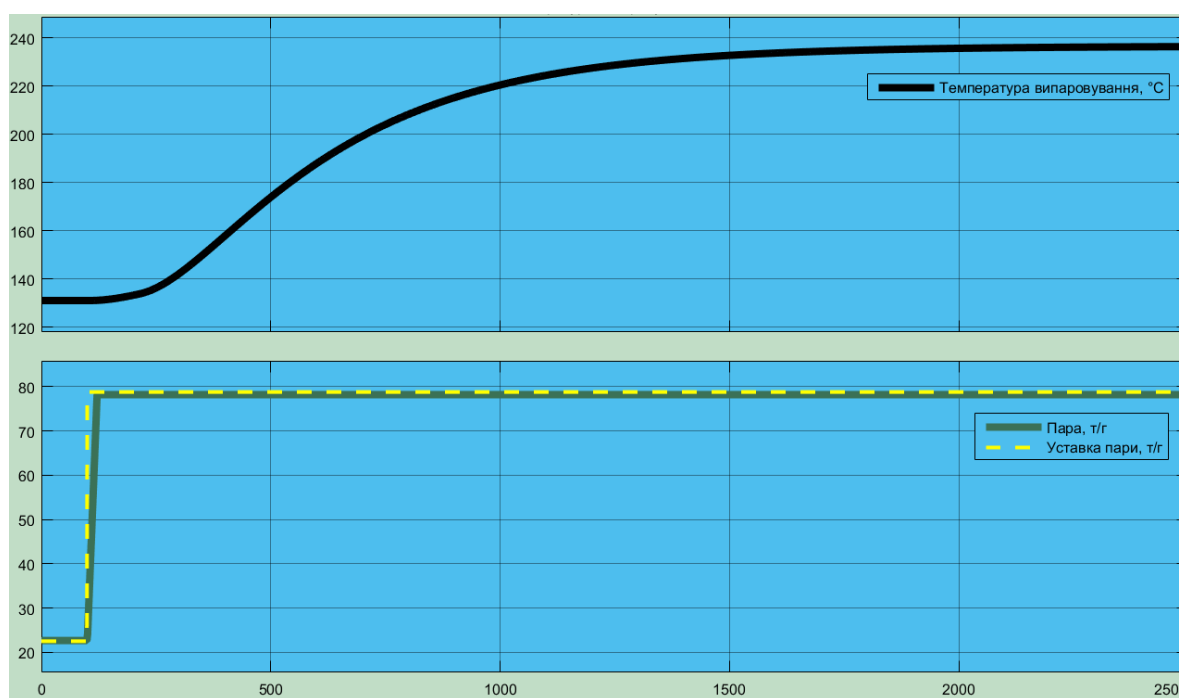


Рисунок 3.20 - Динамічна характеристика остаточної комплексної моделі об'єкту керування

### 3.8 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної

характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування – випарної колони INT-OCIRZ040 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 1,35, постійні часу 347 с та 130 с, а запізнення становить 105,6 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 92 %, сильний кореляційний зв'язок 0,97 - близький до 1,0 та статистичний критерій Фішера 303 995 значно більшу критичного значення 2,706. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Остаточна комплексна модель технологічного апарату у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink складається з моделі засувки електричної ЗКЛ 15-80-01 та моделі випарної колони INT-OCIRZ040.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, отримана модель є адекватною до об'єкта керування - випарної колони INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олів відбілювальними глинами.

Модель об'єкту керування може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом 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 системи керування.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Кожна мастило, що використовується сьогодні, виробляється з базової олива. Категорія базового олива визначає, з чого складається масло, як воно виготовляється і як мастило справляється з певними середовищами, такими як екстремальна спека.

Існує п'ять категорій базових олив: Перші три групи переробляються з сирової нафти, базові оливи IV групи – це повноцінні синтетичні (поліальфаолефінові) масла, група V застосовується до всіх інших базових олив, які не входять до груп I-IV. Перш ніж всі присадки додаються в суміш, мастила починають як одну або кілька з цих п'яти груп API.

Базові масла групи I мають діапазон індексу в'язкості 80...120. Діапазон температур 0...65 °C. Базові масла I групи є рафінованими розчинниками, що є більш простим процесом рафінування. Ось чому вони є найдешевшими базовими оливами на ринку.

Базові масла II групи мають діапазон індексу в'язкості 80...120. Вони часто виготовляються методом гідрокрекінгу, що є більш складним процесом, ніж те, що використовується для базових масел I групи. Оскільки всі молекули вуглеводнів цих масел насичені, базові масла II групи мають кращі антиоксидантні властивості. Вони також мають більш чіткий колір і коштують дорожче в порівнянні з базовими оливами I групи. Тим не менш, базові оливи групи II стають дуже поширеними на ринку сьогодні і за ціною дуже близькі до олив групи I.

Базові масла III групи мають індекс в'язкості вище 120. Ці масла рафіновані навіть більше, ніж базові масла II групи, і, як правило, сильно гідротріщинуються (більш високий тиск і тепло). Цей більш тривалий процес призначений для досягнення більш чистого базового масла. Хоча базові масла III групи виготовляються з сирової нафти, їх іноді описують як синтезовані вуглеводні. Як і базові оливи групи II, ці масла також стають все більш поширеними.

Базовими оливами IV групи є поліальфаолефіни. Ці синтетичні базові масла виробляються за допомогою процесу, званого синтезом. Вони мають набагато ширший діапазон температур і чудово підходять для використання в екстремальних холодних умовах і застосуванні з високим рівнем тепла.

Базові масла V групи класифікуються як всі інші базові масла, включаючи силіконові, фосфатний ефір, поліалкіленгліколь, поліолестер, біорозчинні та ін. Ці базові масла іноді змішуються з іншими базовими запасами для підвищення властивостей масла. Ефіри - це поширені базові масла V групи, які використовуються в різних рецептурах мастильних матеріалів для поліпшення властивостей існуючої базової оливи. Ефірні масла можуть приймати більше зловживань при більш високих температурах і забезпечать чудову миючу здатність в порівнянні з синтетичним базовим маслом, що, в свою чергу, збільшує години використання.

Ступінь очищення базового масла визначає в подальшому його належність до однієї з п'яти груп з виготовлення кінцевого товарного продукту.

Тому автоматизація технологічного процесу безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі дозволить збільшити якість продукції і об'єми виробництва, що в свою чергу позитивно вплине на економічні показники підприємства.

Сучасна система керування наступні переваги:

- підвищення якості керування технологічними параметрами;
- підвищення інформативності керування;
- підвищення надійності роботи обладнання;



- підвищення безпеки праці;
- обмін інформацією з іншими системами керування.

#### 4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування

Розрахуємо капітальні витрати:

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

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

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат  $C_{\text{ОБ}}$  [б...12]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	Модуль ПЛК VIPA 214-2BS33	од.	1	32 774,40	32 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	24 149,30	48 298,60
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	14 739,20	14 739,20
4	Функціональний модуль 250-1BS00	од.	1	18 400,20	18 400,20
5	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	28 045,50	28 045,50
6	Датчики витрат вихровий Siemens SITRANS FX300	од.	2	49 570,00	99 140,00
7	Датчик тиску Siemens SITRANS P ZD	од.	1	36 421,45	36 421,45
8	Датчик температури Siemens SITRANS T TS	од.	3	334 821,75	1 004 465,25
9	Датчики витрат Siemens SONO 3300/FUS060	од.	2	54 800,00	109 600,00
10	Енкодер E40H 012 2000 2 N 24	од.	1	3 000,00	3 000,00
11	Твердотільне реле SSR-240A10	од.	2	480,00	960,00
12	Частотний перетворювач Schneider ATV630C11N4-IP00	од.	2	127 000,00	254 000,00
13	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	42 335,80	42 335,80
14	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	2 200,00	4 400,00
15	Шафа монтажна	од.	1	14 000,00	14 000,00
16	Монтажні дроти	м	100	8,50	850,00
17	Мережний кабель	м	1500	26,60	39 900,00
18	Програмне забезпечення	разом	1	80 000,00	80 000,00
	Разом				1 831 330,40

Вартість основного та допоміжного обладнання складає  $C_{\text{ОБ}} = 1\,831\,330,40$  грн.

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

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

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 1\,831\,330,40 \cdot 0,08 = 146\,506,44 \text{ грн.}$$

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

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

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 1\,831\,330,40 \cdot 0,07 = 128\,193,13 \text{ грн.}$$

### **4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення**

#### **4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення**

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) розраховується як:

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

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

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

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ операторів} \quad (4.5)$$

де  $Q$  – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;  $q$  – кількість операторів у програмному забезпеченні (виходячи з програмного забезпечення розробленого на мові Structured Text типове значення має діапазон 350... 450, приймаємо  $q = 410$ );

$c$  – коефіцієнт складності програми, приймаємо  $c = 1,5$ ;  $p$  – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки, приймаємо  $p = 0,35$ .

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 410 * 1,5 * (1 + 0,35) \approx 831 \text{ операторів}$$

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

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

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k} \text{ люд. – год} \quad (4.6)$$

де  $B$  – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо  $B = 1,6$ );  $k$  – коефіцієнт кваліфікації програміста, приймаємо  $k = 1,35$ .

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 831 * 1,6 / (80 * 1,3) \approx 13 \text{ люд. – год.}$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \cdot \text{люд. – год} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 831 / (20 * 1,35) \approx 31 \text{ люд. – год.}$$

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

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k} \cdot \text{люд. – год} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 831 / (20 * 1,35) \approx 31 \text{ люд. – год.}$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_H = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k} \cdot \text{люд. – год} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_H = 831 / (4 * 1,35) \approx 154 \text{ люд. – год.}$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \text{ люд. - год} \quad (4.10)$$

де  $t_{др}$  – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;  $t_{до}$  – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 831 / (15 * 1,35) \approx 42 \text{ люд. - год.}$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 42 = 32 \text{ люд. - год.}$$

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

$$t_g = 42 + 32 = 74 \text{ люд. - год.}$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 64 + 13 + 31 + 31 + 154 + 74 = 367 \text{ люд. - год}$$

### 4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

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

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

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де  $t$  – час розробки ПЗ, год;  $C_{пр}$  – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо  $C_{пр} = 136,00$  грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 367 * 136,00 = 49\,912,00 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

де  $t_n$  – час налаштування ПЗ, год;

$C_{мч}$  – вартість машинного часу (приймаємо  $C_{мч} = 14,55$  грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{мі} = 31 * 14,55 = 451,05 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{пз} = 49\,912,00 + 451,05 = 50\,363,05 \text{ грн.}$$

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.

$$T = 367 / (1 * 176) = 2,08 \approx 2,0 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{пкв} = 1\,831\,330,40 + 146\,506,44 + 128\,193,13 + 50\,363,05 \approx \\ \approx 2\,156\,393,02 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_з + C_c + C_{р0} + C_{ee} + C_{інш}, \quad (4.17)$$

де  $C_e$  – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.;  $C_a$  – амортизація основних фондів, грн.;  $C_з$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;  $C_c$  – відрахування на соціальні заходи, грн.;  $C_{р0}$  – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання, грн.;  $C_{ee}$  – вартість електроенергії, грн.;  $C_{інш}$  – 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 проектованої і базової системи становить:

$$C_a = 2\,156\,393,02 \cdot 40 / 100 = 862\,557,21 \text{ грн.}$$

#### 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, днів ( $T_{\text{К}} = 365$ );  $T_{\text{ВС}}$  – вихідні дні та свята,

днів ( $T_{BC} = 114$ );  $T_B$  – відпустка, днів ( $T_B = 21$ );  $T_3$  – тривалість зміни, год ( $T_3 = 8$ ).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

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

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

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номинальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	127,05	1 840	701 316,00	56 105,28	49 092,12	806 513,40
2	Інженер-технолог	1	162,15	1 840	298 356,00	23 868,48	20 884,92	343 109,40
3	Наладчик	1	121,00	1 840	222 640,00	17 811,20	15 584,80	256 036,00
Разом								1 405 658,80

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,405\,658,80 \text{ грн.}$$

#### 4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

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

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,405\,658,80 = 309\,244,94 \text{ грн.}$$

#### 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:

$$C_{PO} = 0,05 * 2\,156\,393,02 = 107\,819,66 \text{ грн.}$$

#### 4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

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

де  $K_e$  – кількість електроенергії, спожите системою керування, приймаємо  $K_e = 1,65 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ ;

$T_3$  – кількість часу роботи за сутки,  $T_3 = 24 \text{ год.}$ ;

$K_{RD}$  – кількість робочих днів у році,  $K_{RD} = 365 \text{ день}$ ;

$T_e$  – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,86 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф  $T_e = 2,86 * 1,2 = 3,432 \text{ грн.}$

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 1,65 * 365 * 24 * 3,432 = 49\,606,13 \text{ грн.}$$

#### 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:

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{INSH} = 0,04 * 1\,405\,658,80 = 56\,226,36 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 862\,557,21 + 1\,405\,658,80 + 309\,244,94 + 107\,819,66 + 49\,606,13 \\ + 56\,226,36 = 2\,791\,113,10 \text{ грн.}$$



Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	862 557,21
2	Фонд заробітної плати	1 405 658,80
3	Відрахування на соціальні виплати	309 244,94
4	Ремонт та технічне обслуговування	107 819,66
5	Електроенергія	49 606,13
6	Інше	56 226,36
7	Загалом	2 791 113,10

#### 4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 2,2 млн. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,0 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2,8 млн. грн.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Небезпечні та шкідливі фактори процесу виробництва масел

Охорона праці є надзвичайно важливою в будь-якому виробничому процесі, включаючи виробництво моторного мастила.

Екотоксичність, неповна здатність до біологічного розкладу та високо імовірна канцерогенність базових масел, отриманих із сирової нафти, є об'єктом публічних дискусій щодо довгострокових наслідків застосування нафти та викидів для здоров'я. Шляхи проникнення отруйних речовин з масляного туману в організм людини в основному дихальні та шкірні. Масляний туман, що утворюється під час роботи пристрою з відкритою системою різання, потрапляє через дихальні шляхи, викликаючи зміни в легенях, а також у печінці, нирках, надниркових залозах і серці. Він також поглинається шкірою, викликаючи значні наслідки для здоров'я. До них відносяться подразнюючі та алергічні реакції. Люди, які піддаються тривалому контакту з масляним туманом, що виділяється під час роботи ріжучого пристрою, демонструють більшу захворюваність на рак, включаючи, найчастіше, рак шкіри.

Професійний вплив мінеральних масел може відбуватися серед працівників різних галузей промисловості, включаючи виробництво автомобілів, літаків, сталевих виробів, гвинтів, труб і трансформаторів. Працівники, які займаються виробництвом латуні та алюмінію, ремонтом двигунів, видобутком міді, газетним і комерційним друком також можуть піддаватися впливу мінеральних масел. Загальне населення може піддаватися впливу мінеральних масел, які зустрічаються в природі або є забруднювачами навколишнього середовища.

Оскільки виготовлення мастила може включати ризик для працівників, необхідно дотримуватися певних заходів безпеки та вживати заходів для забезпечення безпечного робочого середовища. Ось деякі важливі аспекти охорони праці, які повинні бути враховані в процесі виробництва моторного мастила:

Оцінка ризиків: Проведіть оцінку ризиків, щоб ідентифікувати потенційні небезпеки, пов'язані з виробництвом мастила. Це дозволить визначити необхідні заходи безпеки та захисту, які повинні бути впроваджені.

Захист від хімічних речовин: Моторне мастило містить хімічні компоненти, які можуть бути шкідливими для здоров'я. Забезпечте належний захист для працівників, які мають контакт з цими речовинами. Включайте захисні костюми, рукавиці, окуляри та респіратори, де це необхідно. Надайте належне навчання щодо користування та вибору захисного обладнання.

Загальне пожежне безпека: Забезпечте наявність пожежних засобів, таких як вогнегасники, важливих виробничих систем, як система спринклерів, а також навчання працівників з пожежної безпеки. Встановіть процедури евакуації та плани дій у разі пожежі.

Безпечність обладнання: Регулярно перевіряйте стан обладнання, що використовується для виробництва мастила.

Належне зберігання та обробка: Забезпечте належне зберігання мастила, враховуючи всі вимоги щодо температури, вентиляції та уникайте потенційних джерел запалювання. Дотримуйтесь правил щодо обробки та видалення відходів мастила, щоб запобігти забрудненню довкілля.

Навчання та свідомість працівників: Забезпечте належне навчання всіх працівників щодо безпеки та охорони праці. Особливу увагу слід приділяти правилам користування обладнанням, хімічним речовинам, екстреним ситуаціям та процедурам у разі травм.

Правила індивідуальної гігієни: Забезпечте належні умови гігієни на робочому місці, такі як доступ до чистої води, рукавичок для захисту шкіри та умивальних засобів. Пропагуйте правила профілактики відповідно до специфічних ризиків, які пов'язані з виробництвом мастила.

Моніторинг та аудит безпеки: Проводьте регулярні огляди безпекових процедур та практик, щоб забезпечити виконання встановлених стандартів охорони праці. Робіть записи про інциденти, навчальні заходи та проведені заходи безпеки.

Важливо мати на увазі, що це лише загальні рекомендації, і конкретні заходи охорони праці повинні бути встановлені відповідно до конкретного виробничого середовища та вимог законодавства щодо охорони праці у вашій країні. Рекомендується звернутися до місцевих органів регулювання та фахівців з охорони праці для одержання конкретних порад та встановлення відповідних процедур охорони праці в контексті виробництва моторного мастила. Дотримання вимог охорони праці є важливим для забезпечення безпеки працівників та запобігання можливим травмам, хворобам або негативним впливам на здоров'я.

Для захисту від випадкових дотиків до електричних частин розроблені захисні листи або закриті шафи, в котрих знаходиться електричне обладнання. Ступінь захисту електрообладнання - IP 53 (пило-, вологозахищене), підключення до мережі з напругою 220/380 В. Дроти прокладені у спеціальних захищених гофрах.

Для забезпечення безпечних умов праці при спіканні різців дотримані наступні організаційно-технічні заходи:

- навчання та інструктування з питань охорони праці;
- індивідуальний та колективний захист кожного працівника заводу;
- забезпечення контрольно-вимірювальними приладами і сигналізаторами небезпечних та шкідливих факторів;
- оснащення технологічних процесів пристроями що забезпечують термінове аварійне відключення обладнання;
- наявність системи уловлювання пилу.

Відповідно до правил улаштування електроустановок приміщення відноситься до класу нормальних якщо: температура повітря в приміщенні не перевищує 25 °С, навколишнє середовище не налічує виділень і парів від хімічно активного матеріалу, повітря сухе та немає великої кількості пилу.

Небезпека ураження електричним струмом серед інших небезпек, наприклад: рухомі частини, відкриті двері, відрізняється тим, що дистанційно електричні параметри не виявити. Для протидії травматизму від електричного

обладнання створені технічні заходи: захисне заземлення, занулення, захисне відключення, захист від дотику до електрообладнання.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення з вакуумною електричною піччю відноситься до приміщення з підвищеною.

## 5.2 Оцінка ефективності модернізації та заходів щодо охорони праці

Здійснення заходів щодо охорони праці дозволило зменшити інтегральну оцінку важкості праці ( $I_n$ ) з 45 до 35. Визначити ефективність заходів щодо охорони праці.

$$Y_1 = \frac{45 - 15.6}{0.64} = 45,9 \qquad Y_2 = \frac{35 - 15.6}{0.64} = 30,3$$

$$R_1 = 100 - 45,9 = 54,1$$

$$R_2 = 100 - 30,3 = 69,7$$

$$\Delta W = \left( \frac{69,7}{54,1} - 1 \right) * 100 * 0.2 = 5,8\%$$

$$\Delta I_i = \frac{45 - 35}{45} * 100 = 22,2\%$$

$$\Delta Y_i = \frac{45,9 - 30,3}{45,9} * 100 = 34 \%$$

## 5.3 Пожежна профілактика

Пожежна профілактика на виробництві моторного мастила є надзвичайно важливою для забезпечення безпеки працівників, запобігання виникненню пожеж та зменшення ризику поширення вогню. Ось деякі поради щодо пожежної профілактики, які можуть бути застосовані на виробництві моторного мастила:

1. План пожежної безпеки: Розробіть імплементуйте план пожежної безпеки, який включає процедури евакуації, локацію вогнегасників, контактні дані служби пожежної безпеки та навчання працівників з практичними навичками пожежної безпеки.

2. Вогнегасники: Забезпечте належну кількість та розташування вогнегасників на всіх відповідних ділянках. Періодично перевіряйте вогнегасники, щоб переконатися в їх правильному функціонуванні.

3. Електрична безпека: Дотримуйтесь правил безпеки щодо електроприладів та електрообладнання. Перевірте регулярно електричні системи, щоб виявити можливі проблеми або несправності, які можуть спричинити пожежу.

4. Освітлення: Забезпечте належне освітлення на робочих місцях та в коридорах. Це зменшить ризик випадкових подій, які можуть призвести до пожежі.

5. Розміщення легкозаймистих матеріалів: Розміщуйте легкозаймисті матеріали (наприклад, розчинники, реагенти) у спеціально відведених зонах, захищених від джерел тепла та вогню. Забороняйте куріння в цих зонах.

6. Вентиляція: Переконайтеся, що виробничі приміщення мають належну вентиляцію, особливо там, де відбувається обробка та зберігання легкозаймистих речовин. Це допоможе уникнути накопичення легкозаймистих парів, які можуть стати джерелом пожежі.

7. Запобігання перевантаженню електричних мереж: Переконайтеся, що електричні мережі та прилади не перевантажуються. Використовуйте належне розподілення електричного навантаження та уникайте підключення занадто багатьох приладів до однієї розетки.

8. Навчання та свідомість працівників: Надайте належне навчання всім працівникам щодо пожежної безпеки, включаючи правила пожежної евакуації, використання вогнегасників та поведінку у випадку виникнення пожежі. Регулярно проводьте тренування та перевірки, щоб переконатися, що працівники знають, як діяти в екстрених ситуаціях.

9. Заборона використання відкритого вогню: Забороняйте використання відкритого вогню на виробничих майданчиках, де присутні легкозаймисті матеріали. Це включає куріння, використання відкритих вогнів, свічок та інших джерел вогню.

10. Регулярне обслуговування та очищення приміщень: Регулярно очищуйте робочі приміщення від відходів та накопичень горючих матеріалів, що можуть стати потенційними джерелами пожежі. Також підтримуйте та обслуговуйте пожежні системи, такі як спринклери та пожежні тривоги.

Важливо також консультиватися з місцевими органами пожежної безпеки та експертами з пожежної безпеки для отримання конкретних порад і рекомендацій, враховуючи особливості вашого конкретного виробничого середовища та місцеві нормативні вимоги.

Крім цього, регулярно перевіряйте і оновлюйте свої процедури пожежної безпеки відповідно до змін у виробничому процесі або зміни вимог законодавства.

Не забувайте також про забезпечення наявності належних пожежних систем та обладнання, таких як спринклерні системи, пожежні тривоги, пожежні гідранти та вогнегасники. Проводьте перевірки та обслуговування цих систем на регулярній основі, щоб забезпечити їх правильну роботу.

Завжди наголошуйте на важливості свідомого ставлення до пожежної безпеки серед всіх працівників. Регулярно проводьте навчання, тренінги та інструктажі з пожежної безпеки, щоб забезпечити, що всі працівники розуміють загрози пожежі та знають, як правильно діяти в разі виникнення пожежі.

Загальний підхід до пожежної профілактики включає усвідомлення потенційних ризиків, регулярні перевірки та обслуговування, навчання та свідомість працівників та співпрацю з експертами з пожежної безпеки.

## **5.5 Висновки за розділом**

В розділі охорона праці розглянуті небезпечні та шкідливі фактори процесу виробництва масел, зроблена оцінка ефективності модернізації та заходів щодо охорони праці, розглянуті питання пожежної профілактики.

## ВИСНОВКИ

Об'єктом керування виступає випарна колона INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Автоматизація випарної колони INT-OCIRZ040 включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація випарної колони INT-OCIRZ040 повинна забезпечувати надійний і ефективний процес очищення первинної оливи. Система керування також має забезпечити для обслуговуючого персоналу безпечні умови праці. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Керування роботою випарної колони INT-OCIRZ040 повинно здійснюватися за основним каналом «продуктивність гострої пари – тиск (температура) випаровування».

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами треба модернізувати систему керування випарною колоною INT-OCIRZ040. Таким чином є гостра потреба у математичній моделі об'єкту керування, працюючого у допустимих технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування цим технологічним об'єктом керування.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - випарною колоною INT-OCIRZ040 для регульованої температури випаровування, в залежності від продуктивності подачі гострої пари. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

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



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

Для синтезу апаратної частини системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040 розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

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

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування – випарної колони INT-OCIRZ040 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 1,35, постійні часу 347 с та 130 с, а запізнення становить 105,6 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 92 %, сильний кореляційний зв'язок 0,97 - близький до 1,0 та статистичний критерій Фішера 303 995 значно більшу критичного значення 2,706. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибіркового даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Остаточна комплексна модель технологічного апарату у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink складається з моделі засувки електричної ЗКЛ 15-80-01 та моделі випарної колони INT-OCIRZ040.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, отримана модель є адекватною до об'єкта керування - випарної колони INT-OCIRZ040, яка

використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олив відбілювальними глинами.

Модель об'єкту керування може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом 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 системи керування.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 2,2 млн. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,0 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2,8 млн. грн.

В розділі охорона праці розглянуті небезпечні та шкідливі фактори процесу виробництва масел, зроблена оцінка ефективності модернізації та заходів щодо охорони праці, розглянуті питання пожежної профілактики.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість: підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Йосип Любінін, Казимир Лейда; Національний авіаційний університет. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,77 Мбайт). – Київ : Видавництво «Центр учбової літератури», 2019. – 323 с. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49649>.
2. Про завод Šhebel. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://shebel.ua/about-us/>
3. Лукінюк М. В. (Л84). Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.: іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200. ISBN 978-966-622-287-2.
4. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення Навчальний посібник під редакцією Чабанного В.Я. м. Кропивницький, Центральноукраїнський національний технічний університет, 2022.
5. А.Г. Протасов, Універсальний пристрій для збору даних з аналогових та цифрових перетворювачів/ А.Г. Протасов, А.С.Корогод, Е.Ф. Суслов // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Приладобудування. – 2015. – Вип. 49. – С. 145-152
6. SITRANS P Z, ZD и P COMPACT, [Електронний ресурс], Режим доступу: [http://www.eleten.com.ua/SITRANS\\_P\\_Z,\\_ZD\\_P\\_COMPACT.html](http://www.eleten.com.ua/SITRANS_P_Z,_ZD_P_COMPACT.html)
7. ELTA Витратомір SITRANS FX. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://eltald.com.ua/catalog/siemens-sitrans-fx300>
8. SITRANS FUS SONO 3300/ SITRANS FUS060. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/flow-measurement/ultrasonic/inline/sitrans-f-us-sono-3300-sitrans-fus060.html>

9. ATV630C11N4 Перетворювач частоти Schneider ATV630 – 110 кВт/150 л.с. - 380...480 В - IP00. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/preobrazovатели-chastoty/atv630c11n4-preobrazovatel-chastoty-atv630-110-kvt-150-l-s-380-480-v-ip00>
10. Засувки клинові. [Електронний ресурс], Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://pac-company.nt-rt.ru/images/manuals/5.pdf>
11. MOUSER, TE-Connectivity SSR-240A10 [Електронний ресурс], Режим доступу: [https://www.mouser.fr/ProductDetail/TE-Connectivity-AMP/SSR-240A50?qs=K9Yj7M8cmB7ISkZYhrRVrg%3D%3D&mgh=1&vip=1&gclid=CjwKCAiAqaWdBhAvEiwAGAQltk6Q0KIPeNgwLQRvv72kkfXBvd3ewFaMDdp5DIPLal27g2Q9\\_X1dbRoCv2YQAvD\\_BwE](https://www.mouser.fr/ProductDetail/TE-Connectivity-AMP/SSR-240A50?qs=K9Yj7M8cmB7ISkZYhrRVrg%3D%3D&mgh=1&vip=1&gclid=CjwKCAiAqaWdBhAvEiwAGAQltk6Q0KIPeNgwLQRvv72kkfXBvd3ewFaMDdp5DIPLal27g2Q9_X1dbRoCv2YQAvD_BwE)
12. E40S\_E80H\_en\_EP-KE-09-006. [Електронний ресурс], Режим доступу: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.svaltera.ua/upload/manuals/E40S\\_E80H\\_en\\_EP-KE-09-0060M\\_110526.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.svaltera.ua/upload/manuals/E40S_E80H_en_EP-KE-09-0060M_110526.pdf)
13. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
14. 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.
15. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
16. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
17. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
18. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко,

М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

19. 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.
20. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
21. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
22. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
23. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
24. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
25. 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			<b><u>Документація</u></b>								
2											
3	A4	KIBС.KBP.151.19.19.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ						
4											
5			<b><u>Графічна частина</u></b>								
6											
7	A2	KIBС.KBP.151.19.19.E2	Функціональна схема								
8			автоматизації	1	E2						
9											
10	A2	KIBС.KBP.151.19.19.E3	Схема електрична								
11			принципова	1	E3						
12											
13	A4	KIBС.KBP.151.19.19.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ						
14											
15	A4	KIBС.KBP.151.19.19.Д	Презентація		Д						
16											
17		KIBС.KBP.151.19.19.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ						
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
			Підп.	Дата	<b>KIBС.KBP.151.19.19.ТП</b>						
Зм.	Арк.	№ докум.			Автоматизація системи керування процесом виробництва моторного мастила.	Літ.	Аркуш	Аркушів			
Розробив		<u>Полушкін</u>	25.05.23							1	1
П. конс.		Воскобойник									
Н. контр.		Воскобойник			Відомість проекту	Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19-1					

## ДОДАТОК Б

## Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення		Найменування		Кількість	Примітка		
A1		ПЛК VIPA 214-2BS33		1			
A1-X3, A1-X4		Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40		2			
A1-X5		Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00		1			
A1-X6		Функціональний модуль 250-1BS00		1			
A1-X7		Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40		1			
G1, G2		Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301		2			
A2		Система керування, виконана на базі ПК		1			
BK1...BK3		Датчик температури Siemens SITRANS T TS		3			
BK4		Датчик тиску Siemens SITRANS P ZD		1			
BK5, BK6		Датчики витрат Siemens SITRANS FX300		2			
BK7, BK8		Датчики витрат Siemens SONO 3300/FUS060		2			
BK9		Енкодер E40H 012 2000 2 N 24		1			
YA1, YA2		Твердотільне реле SSR-240A10		2			
YA3, YA4		Частотний перетворювач Schneider ATV630C11N4-IP00		2			
			Підп.	Дата	<b>КІВС.КВР.151.19.19.ПЕЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.			Автоматизація системи керування процесом виробництва моторного мастила.  Перелік елементів		
Розробив		<u>Полушкін</u>		25.05.23			
Перевірив		Воскобойник					
		Воскобойник					
Н. контр.							
Перевірив		Соснін			Літ.		
					Аркуш	Аркушів	
						1	1
					НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19-1		

**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**





## ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація системи керування процесом виробництва моторного мастила», студент гр. 151-19-1 Полушкін Антон Олегович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування випарною колоною INT-OCIRZ040, яка використовується у технологічному процесі безперервного контактного доочищення олів відбілювальними глинами на шебелинському нафтопереробному заводі.

Об'єкт дослідження - вакуумна випарна колона INT-OCIRZ040 продуктивністю переробки 660 т/г оливо-глиняної суспензії.

Предмет дослідження – модель вакуумної випарної колони INT-OCIRZ040.

Мета роботи - розробка моделі об'єкта керування для регульованої продуктивності продуктів випаровування базової суспензії в залежності від витрати гострої пари, яка подається у колону. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

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

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування випарною колоною INT-OCIRZ040.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті протипожежні заходи.

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 з оформлення кваліфікаційної роботи, зауважень до роботи 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 Полушкін А.О. привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

**Керівник кваліфікаційної роботи, \_\_\_\_\_ ас. Воскобойник Є.К.**

\_\_\_\_.06.2023

## РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація системи керування процесом виробництва моторного мастила», студент гр. 151-19-1 Полушкін Антон Олегович

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

Рецензент, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_.06.2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувачем кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем

\_\_\_\_\_ Бубліковим А.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

### **ВИСНОВОК**

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація системи керування процесом виробництва моторного мастила», здобувача вищої освіти, групи 151-19-1 Полушкін Антон Олегович.

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)

Воскобойник Є.К.

\_\_\_\_\_  
(дата)