

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 Федоров Дмитро Михайлович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-19ск-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 технологічних ланок з виробництва стиролу

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро
 2022

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

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

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Федоров Д.М.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-19ск-1
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація технологічних ланок з виробництва стиrolу
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 217-с від 26.04.2022 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

ст. викл. Шевченко В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2022

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Федоров Д.М.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу з виробництва стиролу.

Об'єкт дослідження – двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

Автоматизація двоступінчастого адіабатичного реактору дозволить підвищити якість продукції і уникнути аварійних режимів роботи обладнання - підвищить безпечність виробництва в цілому.

Двоступінчастий адіабатичний реактору це апарат, який призначений для дегідратації етилбензолу з застосуванням каталізатора. При цьому тиск отриманого контактного газу (відповідно і температура) є меншим, ніж тиск (відповідно і температура) його складових. На його вхід подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари. Ця суміш надходить на контактування з каталізатором при оптимальній температурі 630 °С. На виході отримують продукт реакції – контактний газ, якій має температуру 565 °С.

Система керування має підтримувати оптимальну температуру на каталізаторі спираючись на опосередкований показники температури контактного газу на виході реактору.

Для створення підсистеми автоматичного керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120, обрано один із головних каналів керування– «масова витрата пари на вході реактора → температура контактного газу виході з реактора».

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, проведено активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування.

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

ЕТИЛБЕНЗОЛ, ХІМІЧНИЙ РЕАКТОР, ПЕРЕГРІТА ПАРА, ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, ЗАСУВКА, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	9
1.1 Загальна інформація	9
1.1.1 Теоретичні основи процесу виробництва стиролу	9
1.2 Технологічна схема виробництва	10
1.2.1 Реактори дегідрування етилбензолу	10
1.2.2 Опис промислової технологічної схеми виробництва стиролу з етилбензолу	12
1.2 Об'єкт керування	13
1.3 Структура об'єкту керування	15
1.4 Принцип функціонування об'єкту керування	17
1.5 Структура системи керування	17
1.6 Формулювання задачі дослідження	18
1.7 Висновки за розділом	18
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	20
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	20
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	21
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	22
2.3.1 Вибір датчиків	22
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	23
2.3.3 Вибір пристроїв керування	24
2.3.4 Вибір джерел живлення	29
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	31
2.5 Розробка схеми електричної принципової	32
2.6 Висновки за розділом	33
3 Визначення моделі об'єкта керування	34

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	35
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	37
3.3 Виконання експерименту	39
3.4 Обробка результатів експерименту	42
3.4.1 Підготовка даних	42
3.4.2 Структурна ідентифікація	44
3.4.3 Параметрична ідентифікація	49
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	54
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	56
3.5 Висновки за розділом	58
4 Економічна частина	60
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	60
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	60
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	61
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	61
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	64
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	65
4.4.1 Амортизація основних фондів	66
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	66
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	67
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	67
4.4.5 Витрати на електроенергію	68
4.4.6 Інші витрати	68
4.5 Висновки за розділом	69
5 Охорона праці	70
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів та інженерно-технічні заходи з охорони праці	71
5.1.1 Шум	71

	6
5.1.2 Електронбезпека	72
5.2 Пожежна небезпека	74
5.5 Висновки по розділу	76
Висновки	77
Перелік посилань	79
Додаток А	83
Додаток Б	84
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	85
Відгук	87
Рецензія	89

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

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

ВСТУП

Мета функціонування будь-якого хіміко-технологічного виробництва – одержання цільових продуктів у необхідній кількості та якості з використанням оптимальних об'ємів ресурсів.

Продукти органічного синтезу є основою, на якій базуються найважливіші галузі сучасної промисловості: виробництво високомолекулярних сполук (пластмаси, синтетичний каучук, хімічні волокна), синтетичних барвників, пестицидів, детергентів та ін. Стирол був і є однією з найважливіших речовин основного (важкого) органічного синтезу, який у значних кількостях використовують для виробництва синтетичних каучуків та пластмас (бутадієнстирольні та дивінілстирольні каучуки, полістирол, пінополістирол, співполімери стиролу з іншими мономерами).

Стирол ($C_6H_5CH = CH_2$) – ароматичний вуглеводень, рідина з характерним запахом, температурою кипіння $145,2\text{ }^\circ\text{C}$, температурою кристалізації $30,6\text{ }^\circ\text{C}$ та густиною при $20\text{ }^\circ\text{C}$ $0,906\text{ г/см}^3$.

Під час виробництва стиролу методом дегідратації потрібно максимально знизити вихід побічних продуктів реакції, яких як бутан і толуол, оскільки з ними стирол утворює нерозчинні сполуки і це значно знижує його якість. Отже, виробництво стиролу є актуальною темою.

Дуже важливо розробити схему автоматизації, яка б забезпечила дотримання тех технологічних вимог виробництва та продукції, знизила вплив людського фактору на якість продукції та забезпечить високий рівень безпеки виробництва.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальна інформація

Стирол - безбарвна легко полімеризуюча рідина з характерним солодкуватим запахом. Пари стиrolу можуть викликати подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів.

Стирол був виділений в 1839 році від стираксу (смоли амбергріса) Саймоном. Виробництво стиrolу почалося в США після Другої світової війни.

Стирол використовується як розчинник органічних речовин, мономер при виробництві полістиролу і сополімерів з вінілхлоридом, бутадієном, акрилонітрилом та іншими мономерами. Полімери, отримані зі стиrolу, мають ряд корисних характеристик і широко використовуються в промисловості, тому виробництво стиrolу займає важливе місце в промисловому органічному синтезі.

Сировиною для виробництва стиrolу в промисловості є етилбензол, який видобувається з продуктів нафтопереробки або вугілля. Етилбензол також отримують шляхом алкілування бензолу реакцією Фріделя - Крафтса.

Основним методом виробництва є зневоднення етилбензолу за допомогою каталізатора. Таким чином, виробляють 90 % світового виробництва стиrolу.

1.1.1 Теоретичні основи процесу виробництва стиrolу

Стирол утворюється і при термічному дегідруванні етилбензолу без каталізатора, але вихід стиrolу в цьому випадку не перевищує 50...55 %. Для зрушення рівноваги в сторону продукту реакції, згідно з принципом Ле-Шательє, потрібно збільшувати температуру, вміст вихідної речовини (етилбензолу) у реакційній суміші, зменшувати тиск, а також вводити інертні домішки (водяну пару). При зміні тиску від 1 до 0,1 атм ступінь перетворення етилбензолу збільшується з 0,25...0,33 до 0,70...0,88. На практиці пари етилбензолу змішують з водяною парою у співвідношенні 1 : 2,6, що знижує парціальний тиск пари етилбензолу до 0,1 атм. Підвищення температури понад 650 °C прискорює

процес і зміщує рівновагу в бажаний бік, але при цьому відбувається підсилення побічних реакцій з утворенням толуолу, бензолу та смолоподібних речовин [7].

Тому в умовах промислового виробництва температура суміші газоподібного етилбензолу з водяною парою коливається в межах 600...630 °С.

1.2 Технологічна схема виробництва

1.2.1 Реактори дегідрування етилбензолу

У промисловості органічного синтезу процес дегідрування етилбензолу проводять у трубчастих або шахтних контактних реакторах.

Трубчасті реактори – це реактори-теплообмінники (рис. 1.1 а). Каталізатор завантажується у труби з хромонікелевої сталі $\varnothing 150...200$ мм. Тепло, необхідне для проведення реакції дегідрування етилбензолу, передається через поверхню теплообміну (поверхню труб) гарячими паливними газами, які рухаються у міжтрубному просторі протічно (паралельнотічно) руху реакційної суміші у трубах з каталізатором. При проведенні процесу дегідрування при масовому співвідношенні водяної пари до етилбензолу 1,2 і температурі 600 °С та часі контактування 0,6 с, ступінь перетворення етилбензолу дорівнює $X_{e.б.} = 0,4$, а вибіркова дія каталізатора $\varphi_{ст.} = 0,9$ [8].

Умови проведення процесу у трубчастому реакторі наближаються до ізотермічних. Недоліки трубчастого реактора – ускладнена конструкція реактора, висока металоємкість та невисока продуктивність.

У даний час в промисловості частіше використовують адіабатичні контактні реактори, що являють собою циліндричні шахтні апарати, в яких на решітці викладено шар кілець, а поверх нього – шар каталізатора. Ендотермічна реакція дегідрування етилбензолу здійснюється на каталізаторі за рахунок тепла, що надходить з перегрітою водяною парою. У односекційному реакторі дегідрування етилбензолу (рис. 1.1 б), при проходженні реакційної суміші скрізь шар каталізатора температура її зменшується, що негативно впливає на хід реакції дегідрування і не дає можливості досягти високих показників цього процесу.

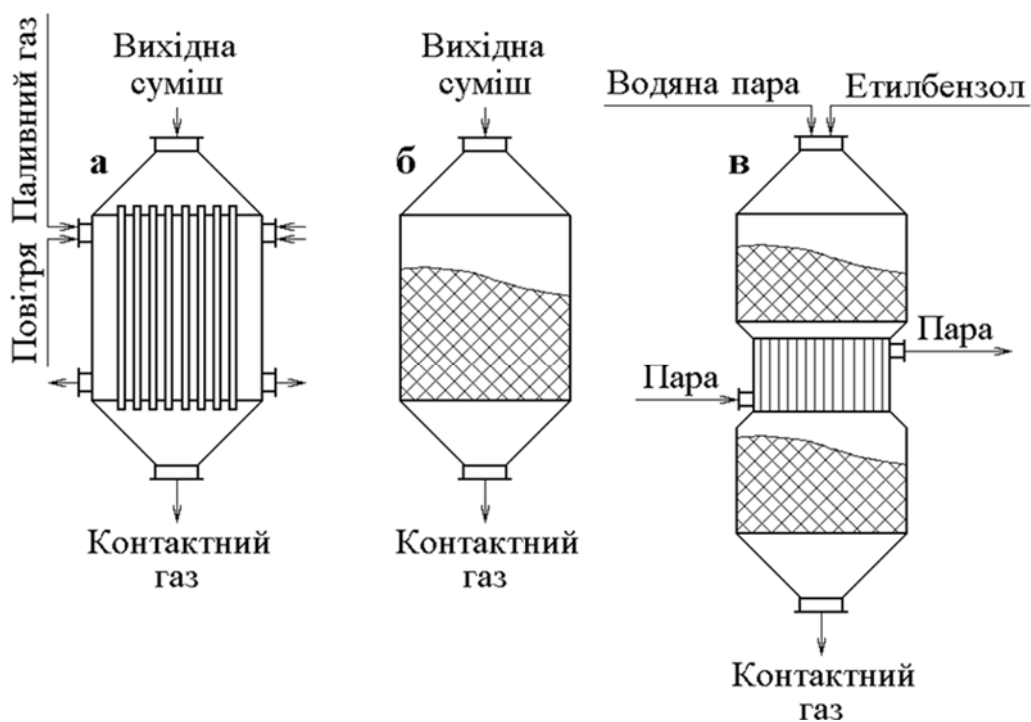


Рисунок 2.1 - Реактори дегідрування етилбензолу:

а – трубчастий ізотермічний реактор;

б – одноступінчастий адіабатичний реактор;

в – двоступінчастий адіабатичний реактор з підгрівом реакційної суміші між ступенями контактування

Останнім часом починають використовувати двоступінчасті реактори дегідрування етилбензолу (рис. 1.1 в) з проміжним збільшенням температури суміші до 620...630 °С, що дозволяє збільшити ступінь конверсії з 0,4 до 0,6...0,7 і зменшити питомі витрати перегрітої водяної пари на виробництво стиролу і збільшити продуктивність каталізатора [9].

Регенерацію каталізатора здійснюють у реакторах, для чого припиняють надходження етилбензолу у реактор, продувають його водяною парою, а потім – гарячим повітрям, що сприяє випалюванню коксу з поверхні каталізатора. Утворені при цьому гази відводять, знову продуваючи реактор водяною парою, а потім відновляють подачу етилбензолу.

1.2.2 Опис промислової технологічної схеми виробництва стиролу з етилбензолу

На рисунку 1.2 наведена технологічна схема виробництва стиролу дегідруванням етилбензолу з використанням односекційного адіабатичного реактора.

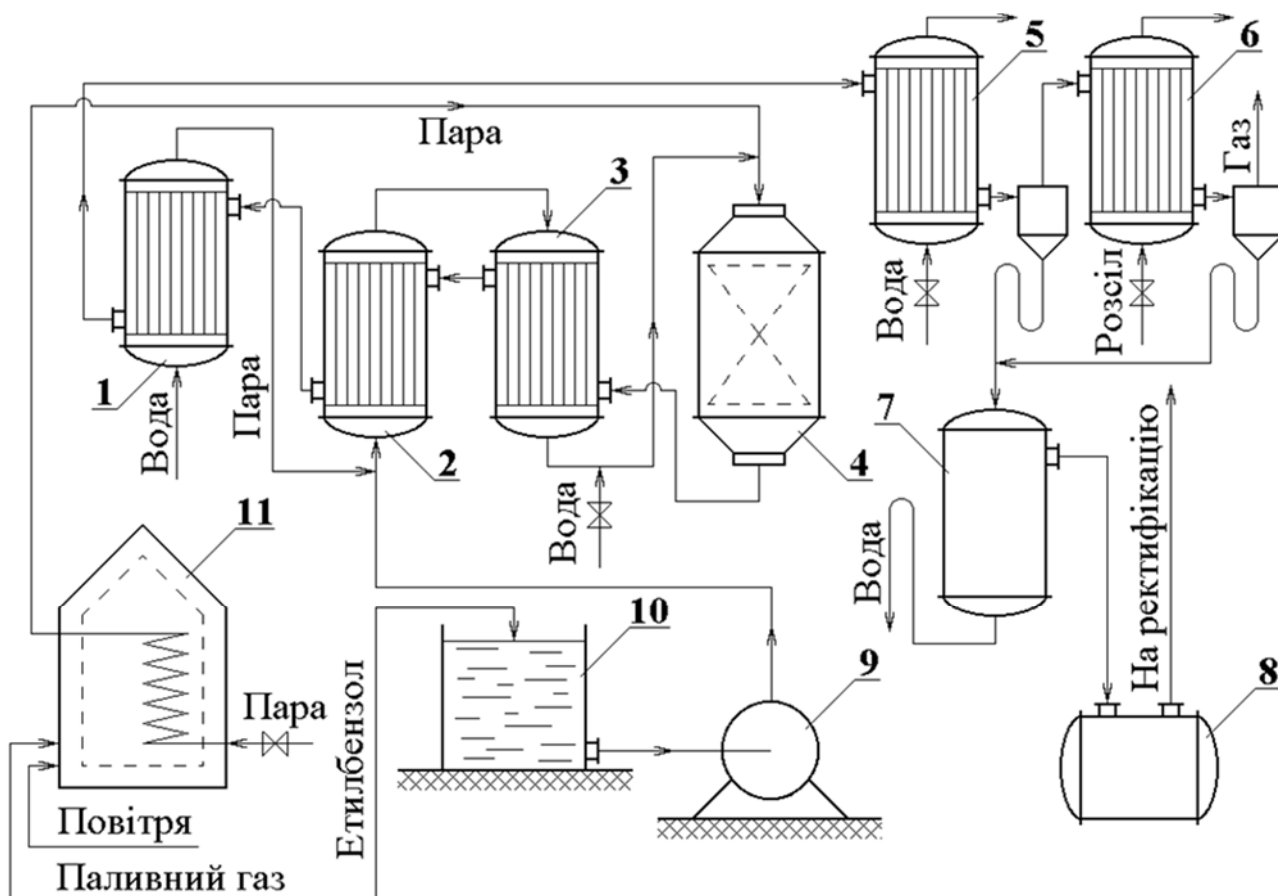


Рисунок 1.2 - Технологічна схема виробництва стиролу:

- | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------------|--------------|
| 1 – котел-утилізатор; | 2 – випарник; | 3 – перегрівник; | 4 – реактор; |
| 5, 6 – холодильники; | 7 – сепаратор; | 8 – проміжна ємність; | 9 – насос; |
| 10 – сховище | | | |

Рідкий етилбензол із збірника 10 насосом 9 подають до випарника 2, де він випаровується, а звідти до перегрівника 3, який обігрівається контактними газами. Перед випарником до етилбензолу додається водяна пара, яку добувають у котлу-утилізаторі 1. З перегрівника 3 суміш етилбензолу з водяною парою надходить до адіабатичного реактора 4. В реактор 4 надходить також додаткова кількість водяної пари, перегрітої у печі 11 до 700...750 °С. Температура газів після реактора 4 дорівнює 565...580 °С. Щоб запобігти

термічному розкладанню вуглеводнів, у ці газу подається вода для різкого їх охолодження до 450 °С («загартування»). Далі парогазова суміш надходить до перегрівника 3, випарника 2, а потім до котла-утилізатора 1, де додатково охолоджується. З котла-утилізатора контактні газу подаються в холодильники-конденсатори 5 і 6, які охолоджуються водою і розсолу. Конденсат збирається у сепараторі 7, де вуглеводні відокремлюють від води. З сепаратора 7 вуглеводні надходять до збірника 8, а потім подаються на ректифікацію. За допомогою ректифікації добувають 99,8 % стирол. Вихідні газу дегідрування стиролу використовують як паливо.

Основними шляхами вдосконалення виробництва стиролу є:

- використання багатосекційних адіабатичних реакторів;
- поліпшення властивостей каталізаторів;
- використання нових технологій з окислювальним дегідруванням етилбензолу у присутності каталізаторів.

1.2 Об'єкт керування

В якості об'єкта керування обрано перспективний елемент технології з виготовлення стиролу - двоступінчастий адіабатичний реактор з підігрівом реакційної суміші між ступенями контактування.

Адiabатний процес (грец. *αδiabατος* - неперехідний) - в термодинаміці зміна стану тіла без обміну теплом з навколишнім середовищем. Його можна здійснити, проводячи стискання чи розширення тіла (наприклад, газу) дуже швидко. Під час адіабатного стискування тіла внутрішня енергія його збільшується, а при адіабатному розширенні — зменшується. Виконана робота при цьому дорівнює за величиною і протилежна за знаком зміні внутрішньої енергії системи.

Міжступінчастий перегрівач продуктів реакції це апарат, який призначений для перегріву продуктів реакції дегідратації перед надходженням до другого шару каталізатора. При цьому тиск отриманого контактного газу (відповідно і температура) є меншим, ніж тиск (відповідно і температура) його складових — перегрітої пари та етилбензолу.



Рисунок 1.3 – Технологічне обладнання

Слід зазначити, що автоматизація двоступінчастий адіабатичний реактору дозволить підвищити якість продукції і уникнути аварійних режимів роботи обладнання, тобто підвищити безпечність всього виробництва в цілому.

Таблиця 1.1 – Технічні рапараметри двоступінчастого адіабатичного реактору ІКЕО-8.55-2.120

Назва	Позначення	Числове значення	Розмірність
Висота апарата	H	3,5	м
Діаметр апарата зовнішній	DA	1,96	м
Діаметр трубок зовнішній	DT	0,07	м
Кількість трубок	N	157	
Об'єм апарата	VA	8.55	м ³
Об'єм трубок	VT	2,11	м ³
Масова витрата продуктів на вході вапарат	$G_{pr.r}$	0,5	кг/с
Масова витрата пари на вході в апарат	G_p	2,02	кг/с
Температура пари на вході в апарат	Θ_{pv}	630	°C
Коефіцієнт тепловіддачі	α	200	Вт·год/(кг °C)
Питома теплоємність пари	C_p	8698	Дж/(кг °C)
Питома теплоємність продуктів	$C_{pr.r}$	1620	Дж/(кг °C)
Густина пари	ρ_p	0,67	кг/м ³
Густина продуктів реакції	$\rho_{pr.r}$	0,58	кг/м ³
Площа трубок	F	120,78	м ²

1.3 Структура об'єкту керування

На рисунку 1.4 показано схематично конструкція двоступінчастого адіабатичний реактора. На його вхід подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари, суміш надходить на контактування при температурі 630 °С. На виході отримують продукт реакції, якій має температуру 565 °С.

Прийнято наступні позначки:

- G_p – масова витрата пари на вході та виході перегрівача (кг/с);
- Θ_{pv} – температура пари на вході в апарат (°С);
- $\Theta_{pv\text{вих}}$ – температура пари на виході з апарата (°С);
- $G_{p.r}$ – масова витрата продуктів реакції на вході та виході апарата (кг/с);
- $\Theta_{p.r.v}$ – температура продуктів реакції на вході в апарат (°С);
- $\Theta_{p.r.\text{вих}}$ – температура продуктів реакції на виході з апарата (°С).

Для забезпечення функціонування процесу отримання стиролу дегідруванням етилбензолу у режимі збереження енергоресурсів, потрібно синтезувати відповідну систему керування.

Введемо такі припущення:

- апарат теплоізольований;
- апарат герметичний;
- внутрішні джерела тепла відсутні;
- об'єкт із зосередженими параметрами (температура продукту по всій площі апарата однакова, температура пари по всій площі апарата однакова);
- теплофізичні властивості газів та матеріали корпусу не залежать від температури;
- стінки тонкі;
- об'єкт представлений 2-ма акумулюючими ємностями: пара та газова суміш продуктів реакції.

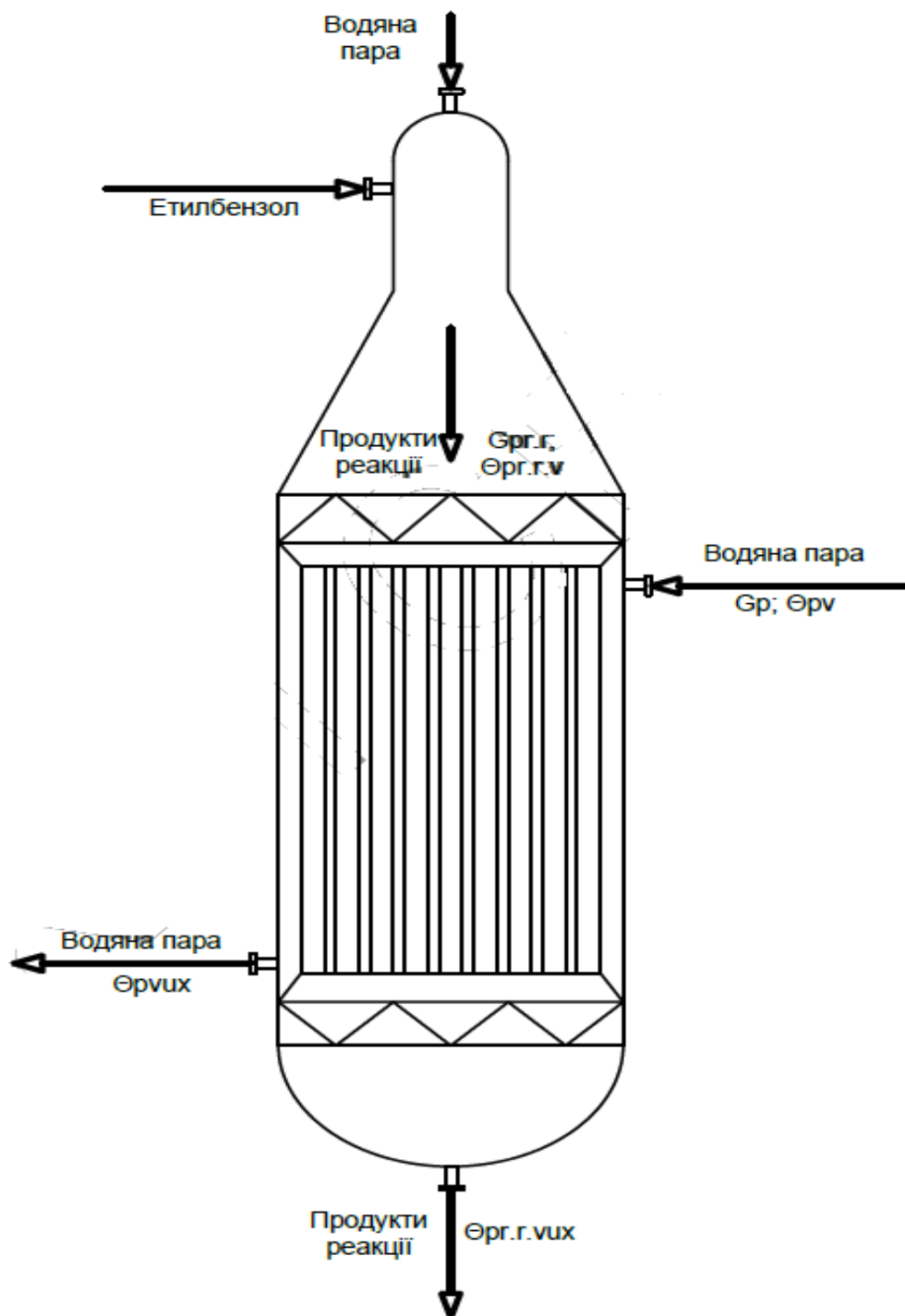


Рисунок 1.4 - Двоступінчастий адіабатичний реактор

Отримання моделі процесу є основою для побудови сучасної системи керування. Першим кроком є побудова параметричної схеми об'єкту керування. Така схема об'єкта управління з каналами впливу зображена на рисунку 1.5.

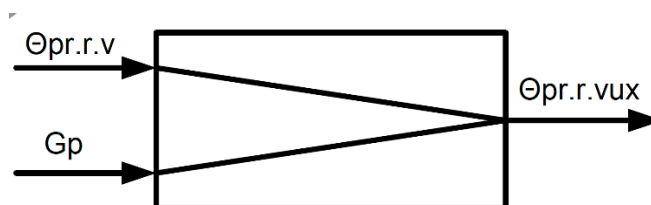


Рисунок 1.5 - Структурна схема об'єкта

G_p – масова витрата пари на вході реактора (кг/с);

$\Theta_{pr.r.v}$ – температура етилбензолу на вході реактора ($^{\circ}\text{C}$);

$\Theta_{pr.r.vux}$ – температура контактного газу на виході реактора ($^{\circ}\text{C}$).

1.4 Принцип функціонування об'єкту керування

Згідно принципу роботи об'єкту керування - двоступінчастого адіабатичного реактору ІКЕО-8.55-2.120, можна визначити основні канали керування:

- «масова витрата пари на вході реактора \rightarrow температура контактного газу виході з реактора»;
- «температура етилбензолу (або масові витрати) на вході реактора \rightarrow температура контактного газу на виході реактору».

1.5 Структура системи керування

Для забезпечення функціонування процесу отримання стиролу дегідруванням етилбензолу у режимі збереження енергоресурсів, потрібно синтезувати систему керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120.

Роботою двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120 керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати задані технологічні параметри, які визначені технологічною картою (рис. 16).

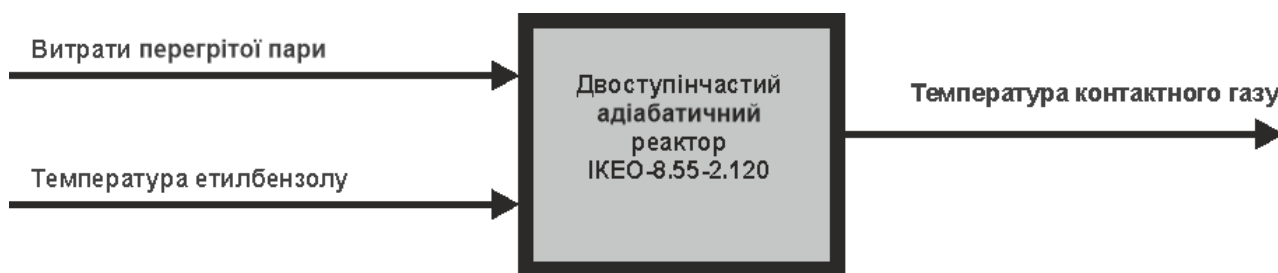


Рисунок 1.6 - Структура системи керування

На вхід об'єкту керування подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари приблизно у $630\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ця суміш надходить на контактування на каталізатор реактору. Система керування має підтримувати оптимальну температуру на каталізаторі у $630\text{ }^{\circ}\text{C}$ спираючись на опосередкований показники температури контактного газу на виході реактору, якій має при цьому бути $565\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.6 Формулювання задачі дослідження

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120, обрано один із головних каналів керування – «масова витрата пари на вході реактора \rightarrow температура контактного газу виході з реактора».

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

Підсистема керування має підтримувати задану температуру на каталізаторі у $630\text{ }^{\circ}\text{C}$ спираючись на опосередкований показники температури контактного газу на виході реактору, якій має при цьому бути $565\text{ }^{\circ}\text{C}$ завдяки регулюючим можливостям подачі перегрітої пари. Номінальна продуктивність подачі перегрітої пари $2,02\text{ кг/с}$.

1.7 Висновки за розділом

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах хімічної промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативно контролювати значну

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

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнанням обрано двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

До складу структури підсистеми керування мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали керування:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| – температура контактного газу, °С: | 520...590; |
| – температура перегрітої пари, °С: | 590...660; |
| – температура етилбензолу, °С: | 700...750. |

Вхідні сигнали:

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| – масові витрати перегрітої пари кг/с | 1,6...2,5; |
| – масові витрати етил бензолу кг/с | 0,4...0,6; |

Роботою технологічного обладнання - двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

Підсистема керування має підтримувати задану температуру контактного газу на виході реактору межах діапазону температур 520...590 °С завдяки регулюючим можливостям продуктивності подачі перегрітої пари у межах 1,6...2,5 кг/с та етилбензолу у межах 0,4...0,6 кг/с. Інформаційні сигнали температури перегрітої пари та температури етилбензолу необхідні для корекції показників каналів керування.

Таким чином виділено два основних канали керування:

- «масова витрата перегрітої пари на вході реактора → температура контактного газу на виході реактора»;
- «масова витрата етилбензолу на вході реактора → температура контактного газу на виході реактора»;

На рисунку 2.1 показана структурна схема підсистеми керування.

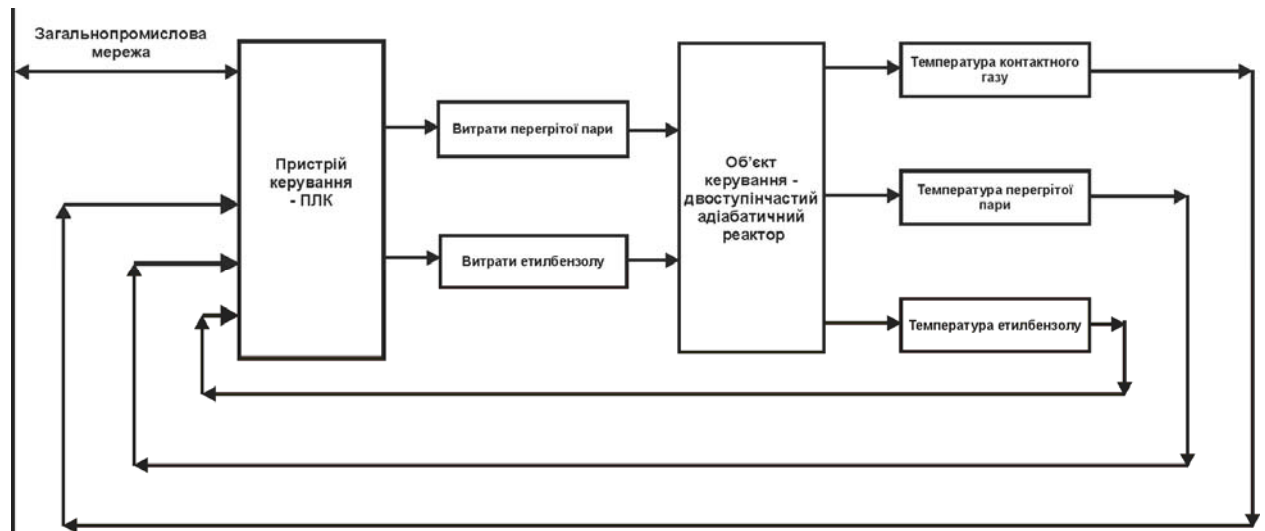


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Датчики температури забезпечують необхідною інформацією систему керування з метою підтримки режиму роботи технологічного обладнання.

Підсистема керування має підтримувати задану за технологічними параметрами температуру на виході двоступінчастого адіабатичного реактору ІКЕО-8.55-2.120. Роботою реактору керує автоматичний регулюючий прилад, який має вихідні сигнали керування:

- засувка перегрітої пари;
- засувка етилбензолу.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури), еталони стану обладнання (температура), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів з витрати перегрітої пари та етилбензолу для підтримки заданої температури контактного газу на виході реактору на заданому технологічному рівні. Система керування має протиаварійний захист та блок переводу до ручного режиму керування, виконавчі пристрої – електрозасувки.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами в системі керування необхідно вимірювати наступні параметри:

- температура контактного газу, °С: 520...590;
- температура перегрітої пари, °С: 590...660;
- температура етилбензолу, °С: 700...750.

Для цього використаємо датчик температури ДТПХ0555.И - термопару з вихідним сигналом 4...20 мА ЕХІА (рис. 2.3) з діапазоном вимірювання -40...800 °С, який полегшить підключення його до програмованого логічного контролера. Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 2.1 [11].



Рисунок 2.3 – Датчик ДТПХ0555.И

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури ДТПХ0555.И

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: К (ХА), N (НН), J (ЖК)
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	-40...800 °С
3	Температура навколишнього середовища, °С	-40...85 °С
4	Точність, %	±1,0
5	Тиск, МПа	5
6	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
7	Напруга живлення, В	12...36
8	Потужність споживання, Вт	1

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміння	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура контактного газу	НСХ: К (ХА), N (НН), J (ЖК)	Аналоговий	-40...800 °С	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
2	Температура перегрітої пари	НСХ: К (ХА), N (НН), J (ЖК)	Аналоговий	-40...800 °С	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт
3	Температура етилбензолу	НСХ: К (ХА), N (НН), J (ЖК)	Аналоговий	-40...800 °С	±0,5 %	4...20 мА	0.1 с	12...36 В	1 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для реалізації автоматичного керування продуктивністю подачі перегрітої пари та етилбензолу необхідна електрична засувка з поворотним затвором. Використаємо електрозасувку High performance butterfly valve HP 111-E [12].



Рисунок 2.4 - Електрозасувка High performance butterfly valve HP 111-E

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики електрозасувки High performance butterfly valve HP 111-E.

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Електромагнітний
2	Підключення, in (мм)	G3 (80)
3	Робочий тиск, МПа	1...32
4	Умовний прохід, мм	80
5	Максимальна витрата, л/г	15000
6	Температура носія, °С	-50...800
7	Керуюча напруга, В	12...24
8	Потужність споживання, Вт	8

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Період оновлення	Напруга живлення, В	Потужність споживання, Вт
1	Продуктивністю перегрітої пари	Реверсивне	Дискретний	0...100 %	Не лінійний	0,1 с	24	0,5
2	Продуктивністю етилбензолу	Реверсивне	Дискретний	0...100 %	Не лінійний	0,1 с	24	0,5

2.3.3 Вибір пристроїв керування

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

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

До контролеру повинні бути підключені датчики, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – це три датчика температури.

Для керування продуктивністю подачі перегрітої пари та етилбензолу використані електричні засувки з поворотним затвором, які мають реверсивне дискретне управління положенням засувки продуктивності (площі перетину) 0...100 % з параметрами керування 0; 24 В (0,5 Вт).

Так як підсистема керування технологічним обладнанням повинена інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням всього підприємства, то треба мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.5). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.5 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Для підключення двох аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких який має по чотири аналогові входи (рис. 2.6). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.6.



Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

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

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.7.

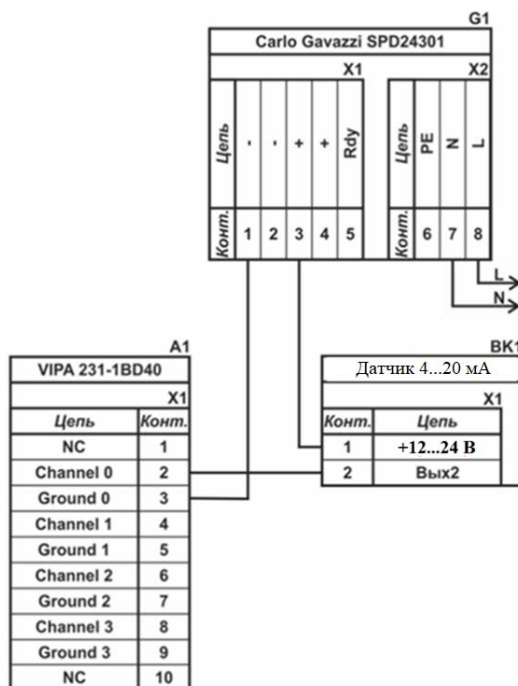


Рисунок 2.7 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру повинні бути підключені два дискретних канали керування (тип виходу 0, +24 В) – електрозасувки. Електрозасувки мають реверсивне управління, тому для підключення цих пристроїв треба по два незалежних канали керування для кожної. Для цього обрано модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.8). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.7.



Рисунок 2.7 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

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

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.8.

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

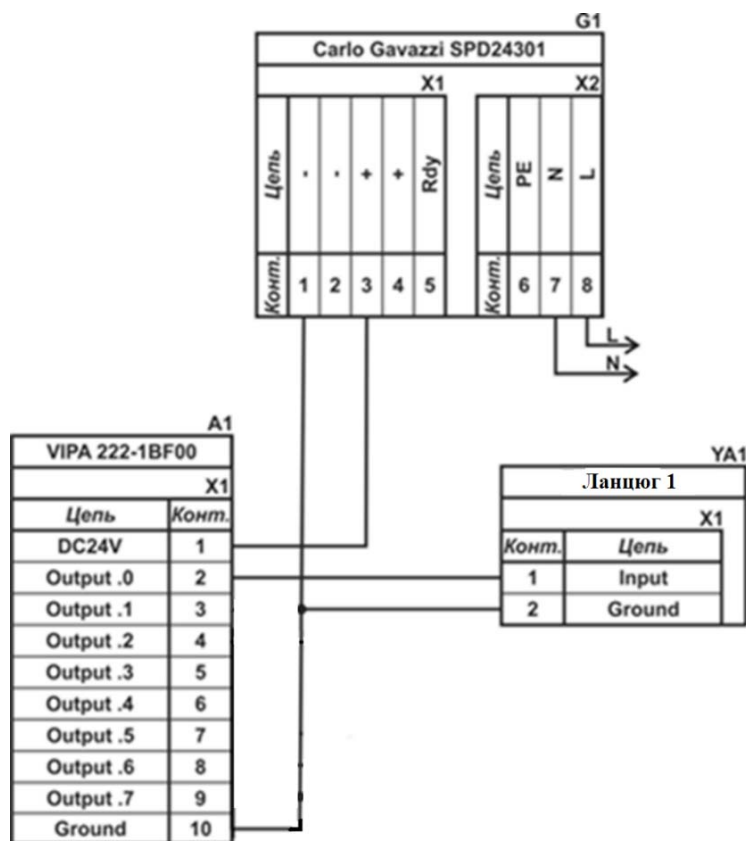


Рисунок 2.8 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, необхідно організувати мережу за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.9.

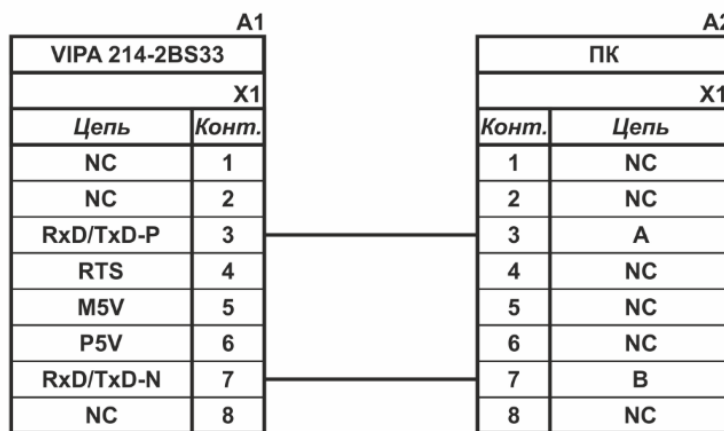


Рисунок 2.9 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.8.

Таблиця 2.8 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок - АСК ТП		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0,6 Вт
		Температура контактного газу	24 В	1,0 Вт
		Температура перегрітої пари	24 В	1,0 Вт
		Температура етилбензолу	24 В	1,0 Вт
3	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2,0 Вт
		Електрозасувка перегрітої пари - відкрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка перегрітої пари - закрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка етилбензолу - відкрити	24 В	0,5 Вт
		Електрозасувка етилбензолу - закрити	24 В	0,5 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

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

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.10). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.9.



Рисунок 2.10 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.11.

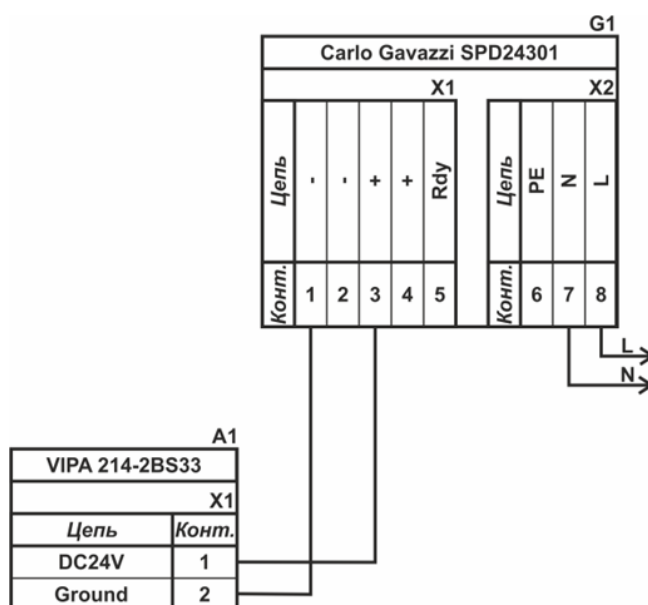


Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для трьох датчиків температури, чотирьох ланцюгів реверсивного керування для двох засувки. Таким чином потужність споживання за напругу живлення +24 В становитиме:

$$P = 4 * 1,0 + 4 * 0,5 + 2 * 8,0 = 22,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.12.

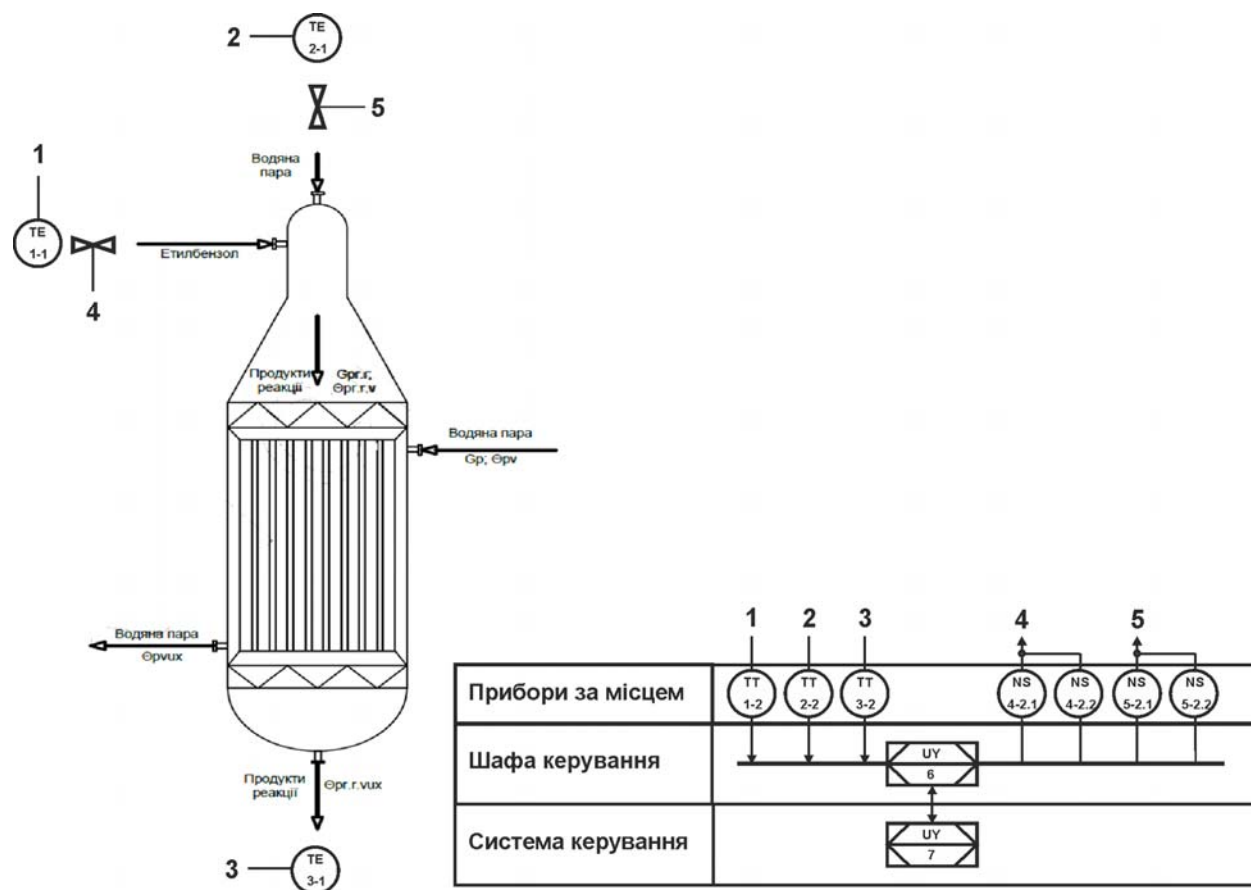


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120

У якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 6) - VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 7), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання температури етилбензолу, перегрітої водяної пари та продукції реакції (контактного газу) використовуються датчики (ТЕ 1.1, ТЕ 2.1 - ДТПХ0555.И) та перетворювачів 4...20 мА (ТТ 1.2, ТТ 2.2, - ДТПХ0555.И).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 6 - VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи.

Для керування продуктивністю подачі етилбензолу та перегрітої водяної пари та води використовуються електросасувки з реверсивним керуванням (NS-4.1, NS-4.2, N5-7.1, NS-5.2 - High performance butterfly valve HP 111-E).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми керування технологічним обладнанням - двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120 (рис. 2.13).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X4), к усім трьом датчикам температури (BK1...BK3).

Усі три аналогових датчика підключені до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0...2 за допомогою стандартного сигналу 4...20 мА – для аналогових датчиків.

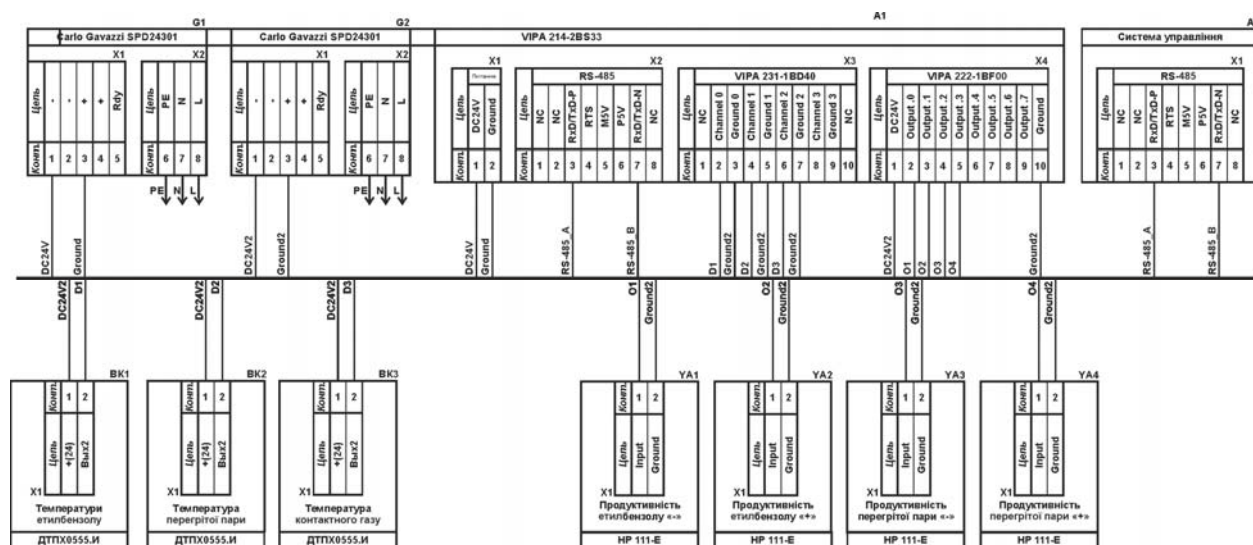


Рисунок 2.13 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Для керування електрозасувками продуктивності подачі етилбензолу YA1, YA2 та продуктивності подачі перегрітої водяної пари YA3, YA4 використовується модуль дискретного виводу VIPA 222-1BD00 (A1 – X4), керування YA1...YA4 здійснюється каналами каналів 0...3.

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

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

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

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування технологічним обладнанням з виготовлення стиролу, обрано двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

Автоматизація двоступінчастого адіабатичного реактору дозволить підвищити якість продукції і уникнути аварійних режимів роботи обладнання, тобто підвищить безпечність всього виробництва в цілому.

У даний час в промисловості частіше використовують адіабатичні контактні реактори, що являють собою циліндричні шахтні апарати, в яких на решітці викладено шар кілець, а поверх нього – шар каталізатора. Ендотермічна реакція дегідрування етилбензолу здійснюється на каталізаторі за рахунок тепла, що надходить з перегрітою водяною парою. У реакторі дегідрування етилбензолу при проходженні реакційної суміші скрізь шар каталізатора температура її зменшується, що негативно впливає на хід реакції дегідрування і не дає можливості досягти високих показників цього процесу. Тому треба підтримувати цю температуру на заданому технологічному рівні.

На вхід об'єкту керування подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари. Ця суміш надходить на контактування на каталізатор реактору. Система керування має підтримувати оптимальну температуру на каталізаторі у 630 °С спираючись на опосередкований показники температури контактного газу на виході з реактору, якій має при цьому бути 565 °С.

До складу структури підсистеми керування входять наступні сигнали.

Вхідні сигнали керування:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| – температура контактного газу, °С: | 520...590; |
| – температура перегрітої пари, °С: | 590...660; |
| – температура етилбензолу, °С: | 700...750. |

Вхідні сигнали:

- | | |
|--|------------|
| – масові витрати перегрітої пари, кг/с | 1,6...2,5; |
| – масові витрати етил бензолу, кг/с | 0,4...0,6. |

В нашому випадку, для створення підсистеми автоматичного керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120, обрано один із головних каналів – «масова витрата пари на вході реактора → температура контактного газу виході з реактора».

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

Таким чином до контуру керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120 входить засувка подачі перегрітої водяної пари, та датчик температури контактного газу. Кількість перегрітої пари, яка подається в реактор, регулюється засувкою в залежності від поточної температури контактного газу на виході реактора. Чим вище температура контактного газу, тим менше треба витрат перегрітої водяної пари і навпаки.

Отже для визначення параметрів в моделі об'єкту керування – двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120, за керуючий вплив обрано витрату перегрітої водяної пари, а дійсним значенням - температура контактного газу на виході реактору.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120, з метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування «масова витрата пари на вході реактора → температура контактного газу виході з реактора».

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для забезпечення інформаційного зв'язку з іншими системами автоматизації.

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

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

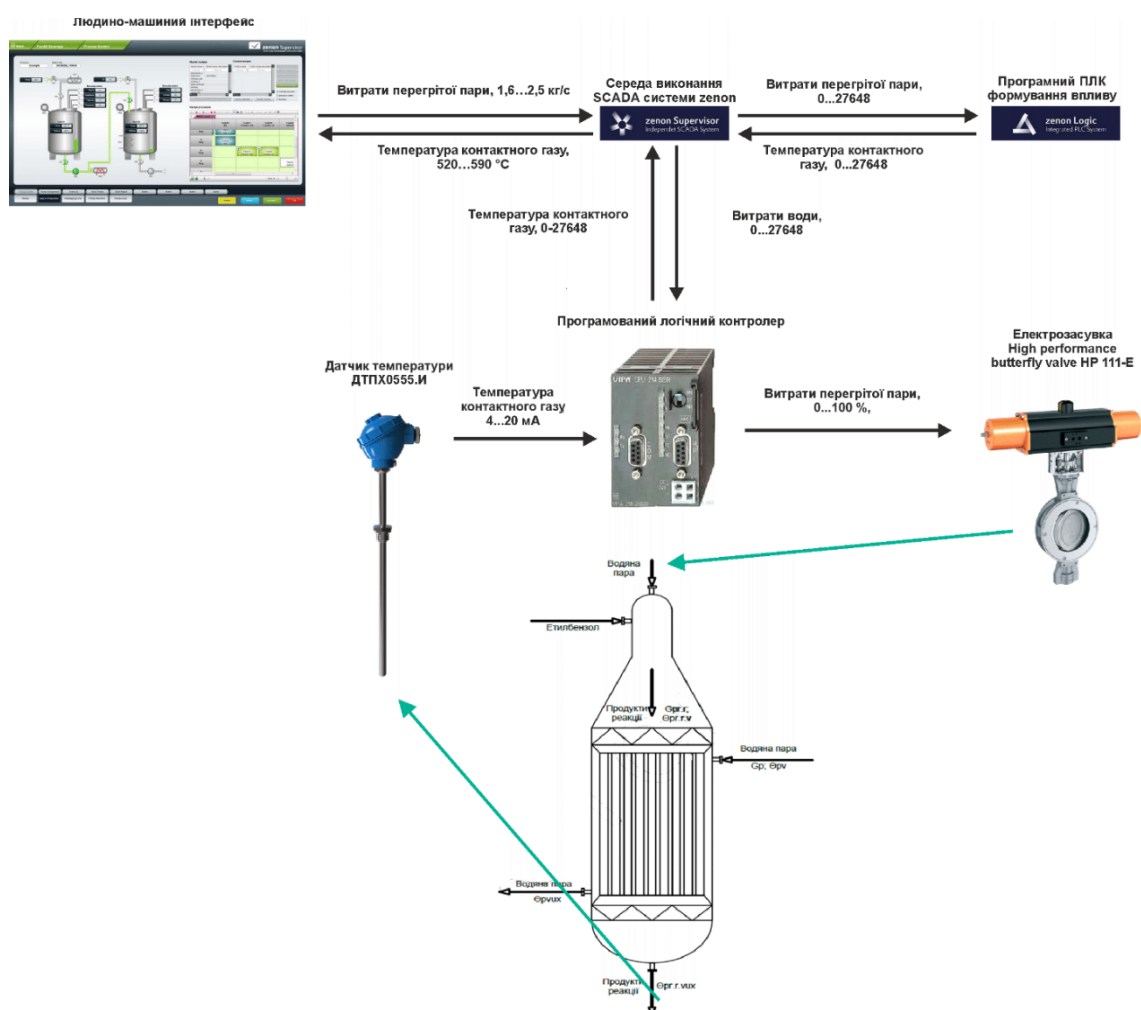


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступають витрати перегрітої водяної пари, за рахунок чого виконується нагрів контактного газу. Витрати перегрітої водяної пари можуть змінюватися у межах діапазону 1,6...2,5 кг/с, а номінальна температура контактного газу, очікується в межах діапазону температур 520...590 °С.

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі двоступінчастого адіабатичного реактору ІКЕО-8.55-2.120, за обраним каналом керування «масова витрата пари на вході реактора → температура контактного газу виході з реактора».

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

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

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

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.

2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.

2.2. Запустити процес реєстрування.

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

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

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

3.2. Запустити процес реєстрування.

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

3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

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

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

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

4.2 Запустити процес реєстрування.

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

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

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

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

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

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

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

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Згідно технічних параметрів технологічного обладнання, мінімальна температура контактного газу на виході реактору становить близько 520 °С при мінімально можливій витраті перегрітої водяної пари 1,6 кг/с, яка використовується нагріву контактного газу.

Максимальна температура контактного газу на виході реактору має бути близько 590 °С при максимально можливій витраті перегрітої водяної пари 2,5 кг/с, яка використовується для нагріву контактного газу. Таким чином керуючий сигнал змінюється в межах 1,6...2,5 кг/с.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0; 100 %, а фактичне значення 0; 0,9 кг/с, що забезпечується відповідним керуванням засувки подачі перегрітої водяної пари. Мінімальні витрати перегрітої водяної пари подаються у реактор через «байпас».

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

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температури контактного газу 520 °С, керуючий сигнал було встановлено на 0,9 кг/с (100 %). Після досягнення

усталеного режиму – температури контактного газу близько $590\text{ }^{\circ}\text{C}$ експеримент було закінчено.

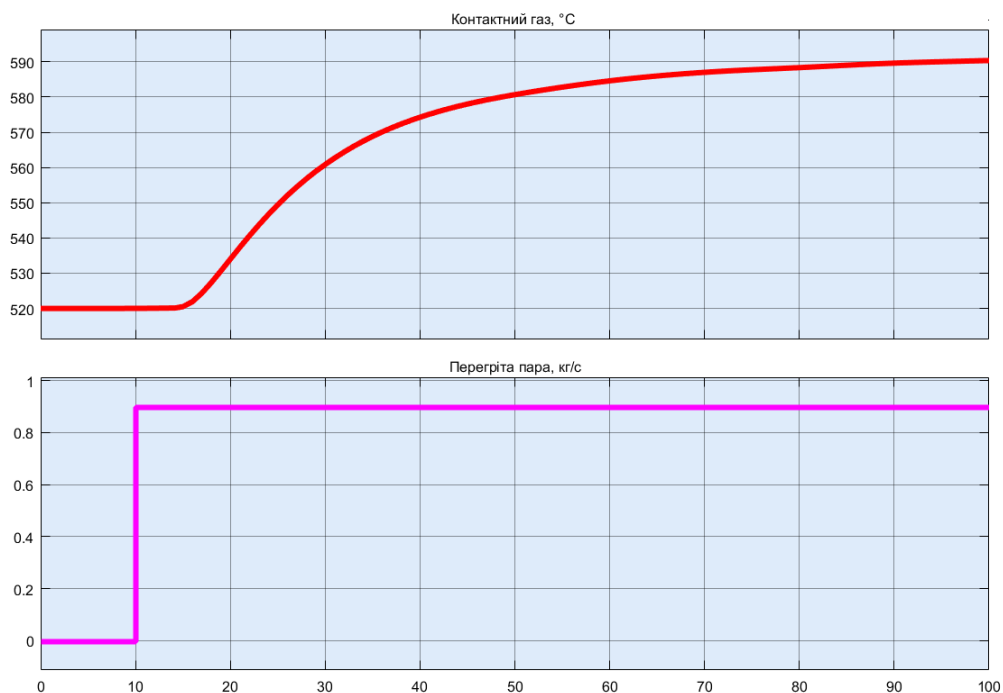


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

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

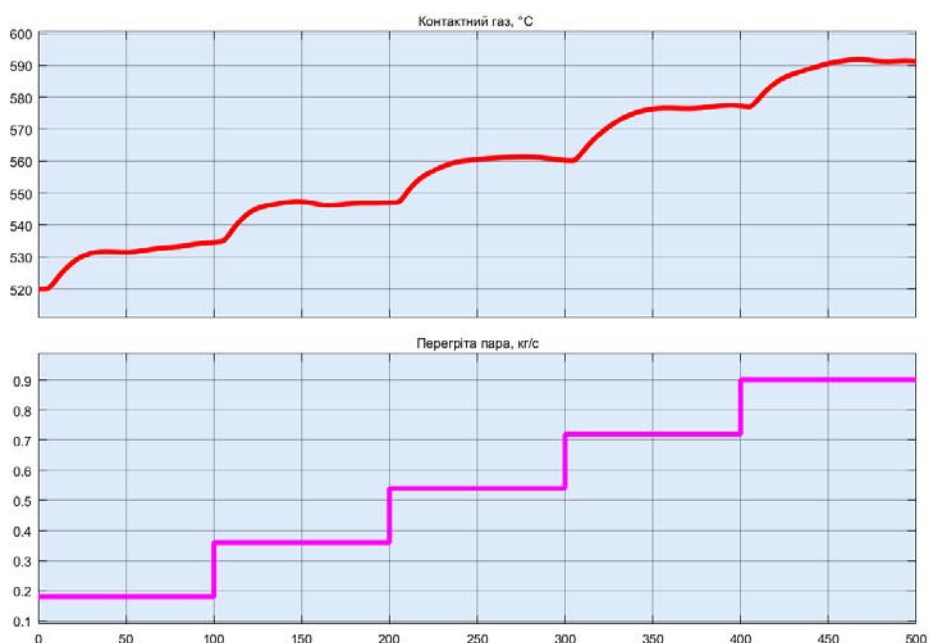


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

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

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,18 кг/с (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,36 кг/с (40 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,54 кг/с (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,72 кг/с (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 0,9 кг/с (100 %).

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

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

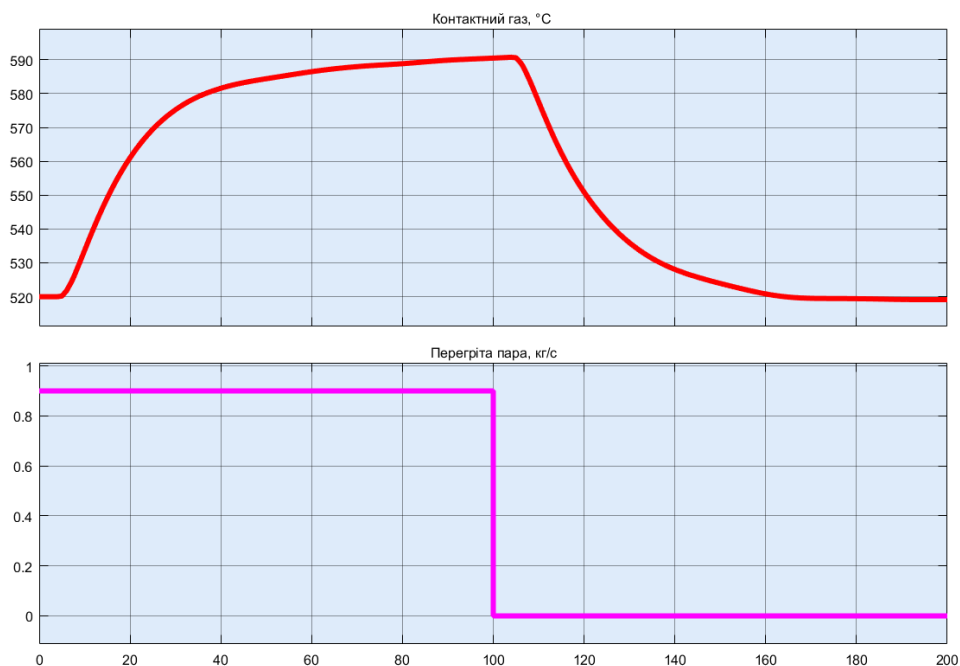


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0,9 кг/с (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

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

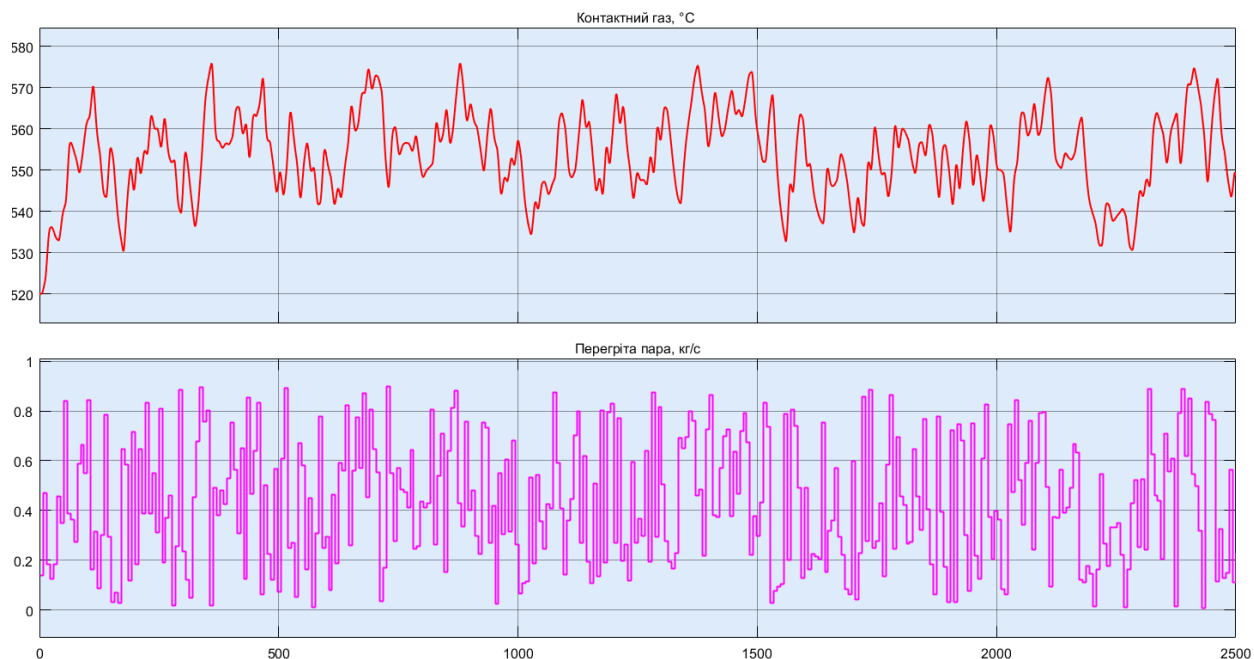


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 кг/с (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0...0,9 кг/с (0...100 %), з інтервалом зміни 2,5 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес приблизно 90 с, тобто постійна часу близько $90 / 5 = \sim 18$ с, затримка ~ 4 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 2 500 с.

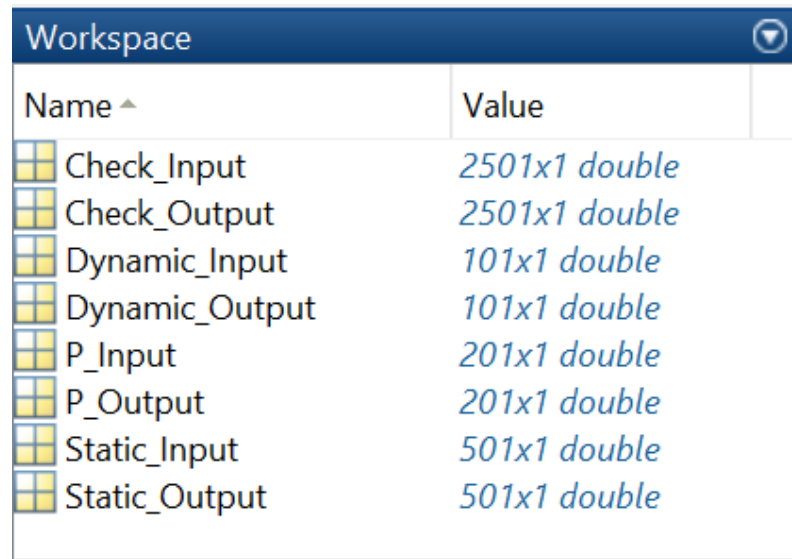
У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики "Dynamic_Input", "Dynamic_Output", даним для побудови статичної характеристики "Static_Input", "Static_Output", даним

отриманим при П-образному керуючому впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.



Name ^	Value
Check_Input	2501x1 double
Check_Output	2501x1 double
Dynamic_Input	101x1 double
Dynamic_Output	101x1 double
P_Input	201x1 double
P_Output	201x1 double
Static_Input	501x1 double
Static_Output	501x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

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

З отриманих даних була видалена статична складова:

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

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

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

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

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

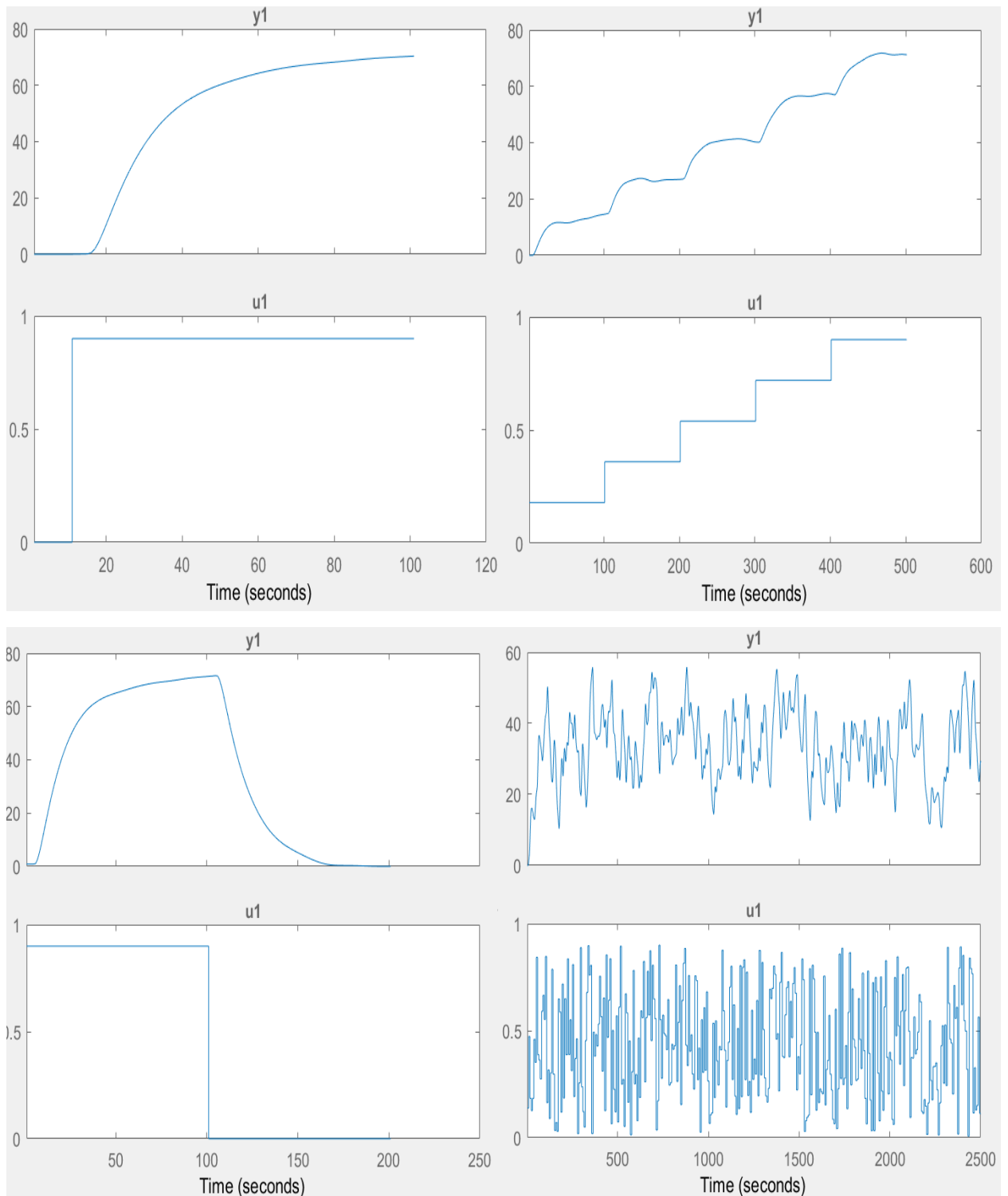


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

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

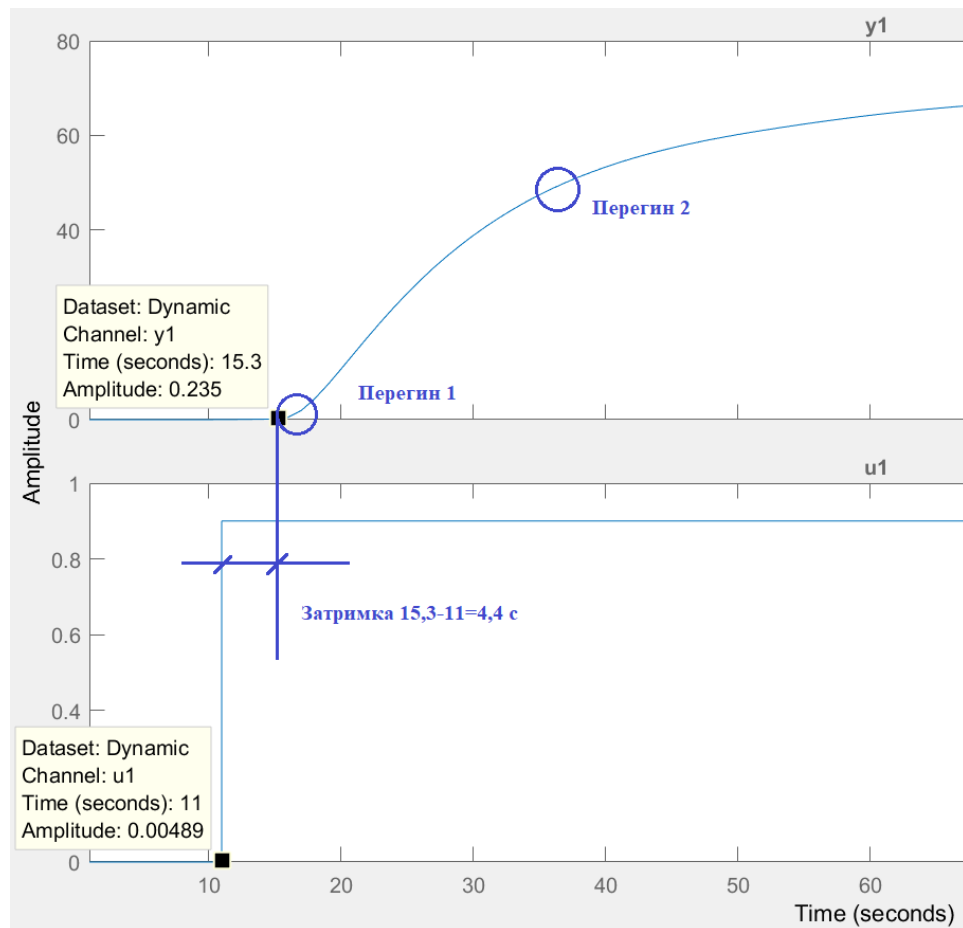


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його

Після подачі керуючого впливу - витрати води 0,9 кг/с (100 %) вихідний сигнал - температура контактного газу не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє значним запізненням приблизно 4,3 с, як правило це пов'язано з інерційністю датчика температури, часом реакції засувки та конструктивними особливостями технологічного обладнання.

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом, час перехідного процесу ~ 90 с, постійна часу ~ 18 с. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

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

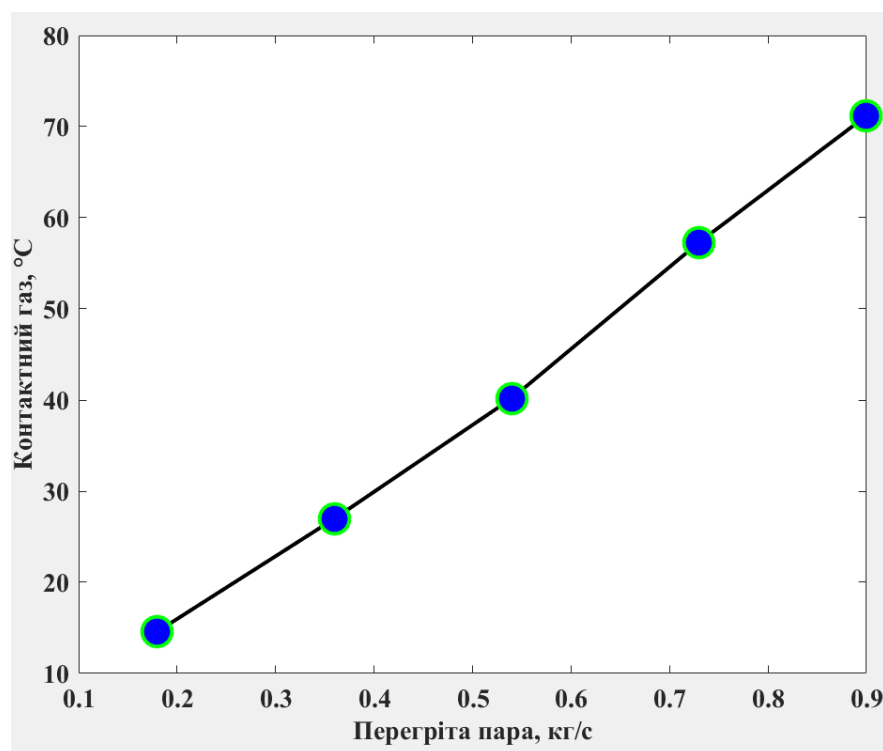
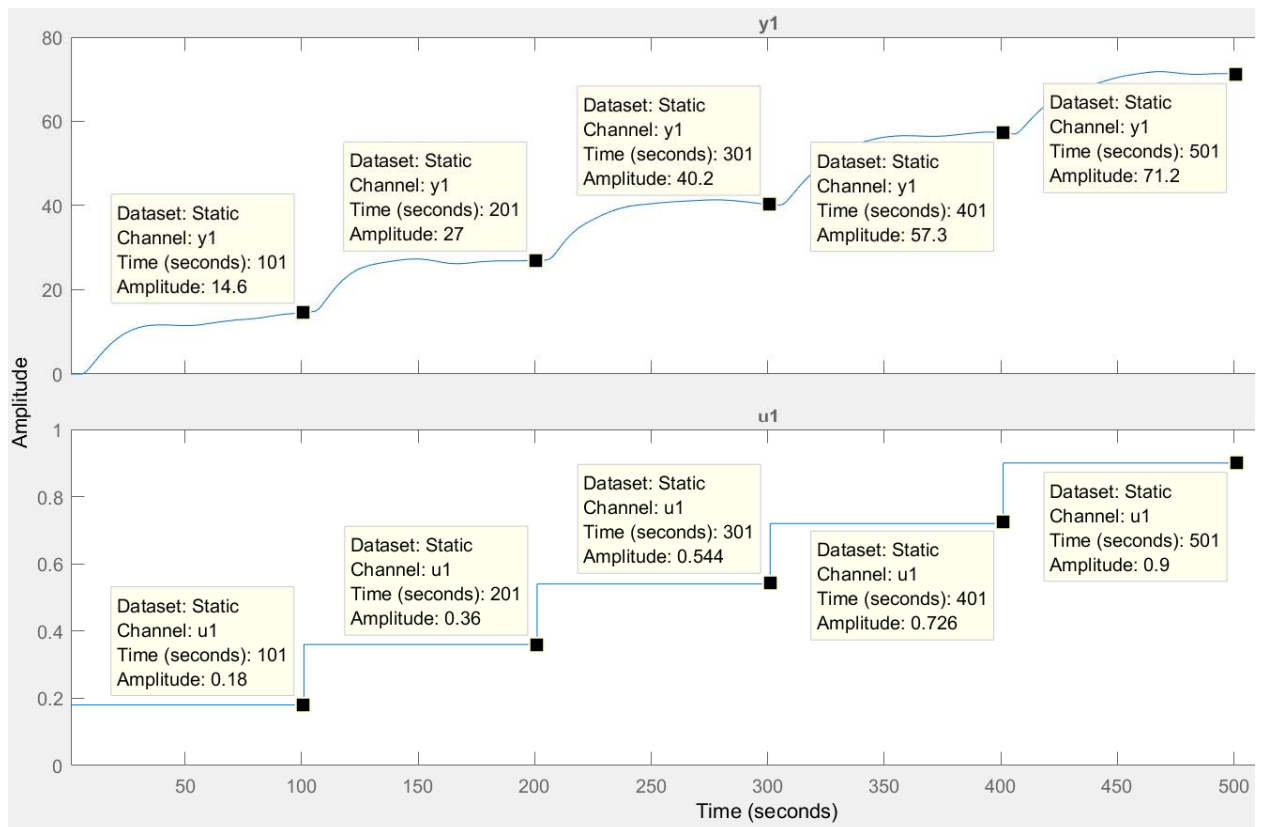


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

```

YO = offset_SO;
YI = 0.8;
Static_Out = [14.60, 27.00, 40.20, 57.30, 71.20];
Static_In = [ 0.18, 0.36, 0.54, 0.73, 0.90];

figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k',...

```

```

'Marker', 'o', 'MarkerSize', 16.0, 'MarkerEdgeColor', 'g',...
'MarkerFaceColor', 'b');
xlabel('Перегріта пара, кг/с');
ylabel('Контактний газ, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 14);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

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

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

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```

Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
81.1111 75.0000 74.4444 78.4932 79.1111
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.22 %

```

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

Проаналізуємо характеристику, отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Як видно з рисунку, збільшення витрат перегрітої пари з 0 кг/с (0 %) до 0,9 кг/с (100 %) приводить до збільшення температури з 0 °С до 70°С, а відповідне зменшення цих же витрат перегрітої пари з 0,9 кг/с (100 %) до 0 кг/с (0 %), приводить до відповідного зменшення температури з 70 °С до 0 °С. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

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

```

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

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);

```

```

P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);
if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 4.0, 'Color', [0.25,0.5,0.75]);
plot(P_Fall, 'LineWidth', 4.0, 'Color', 'R');
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Контактний газ, °C');

set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

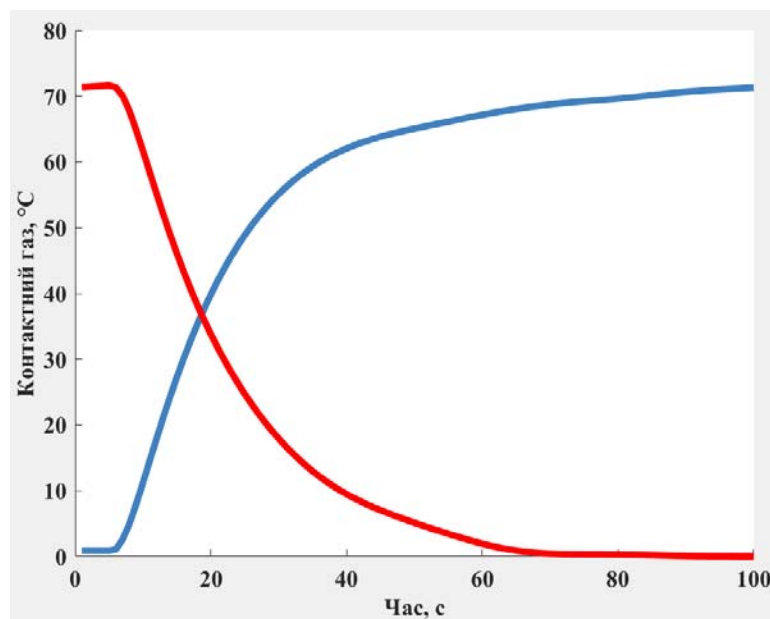


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

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

```

compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n',
compareRiseFall);
Порівняння ділянок підйому та спаду: 4.98 %

```

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

об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

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

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

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

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

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

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

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

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

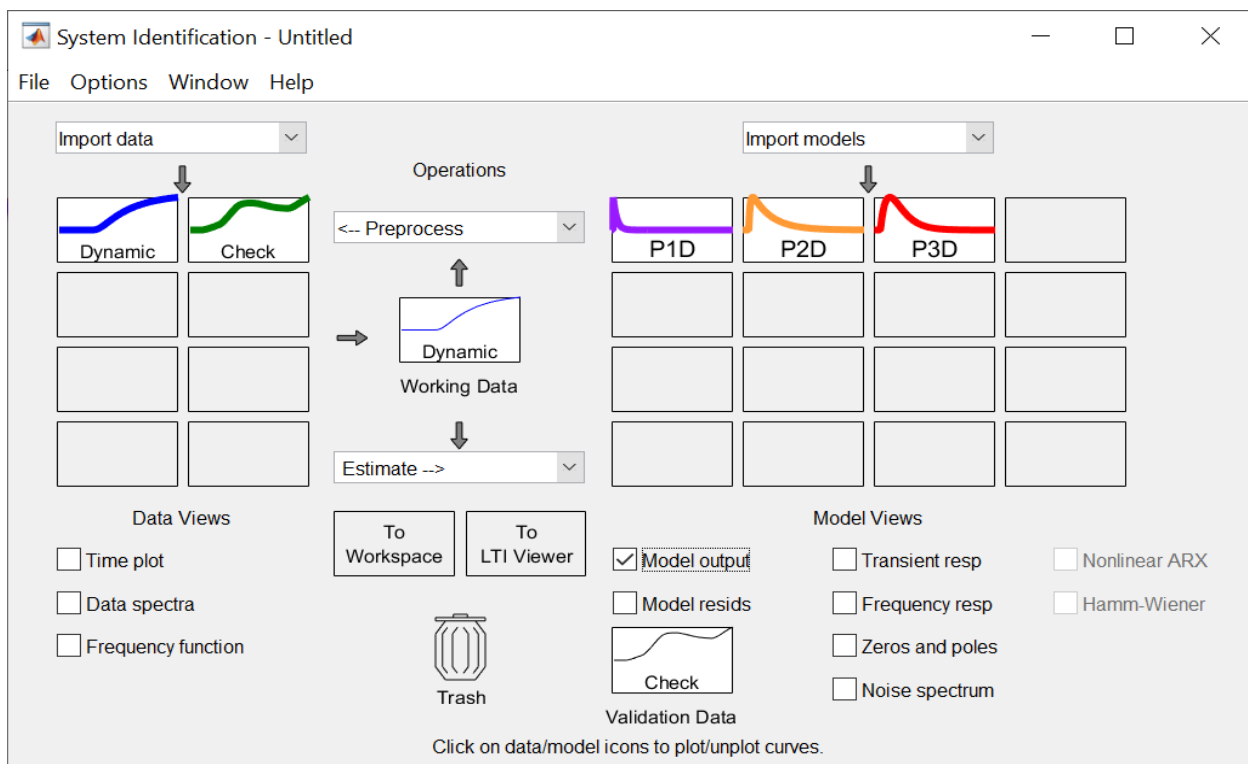
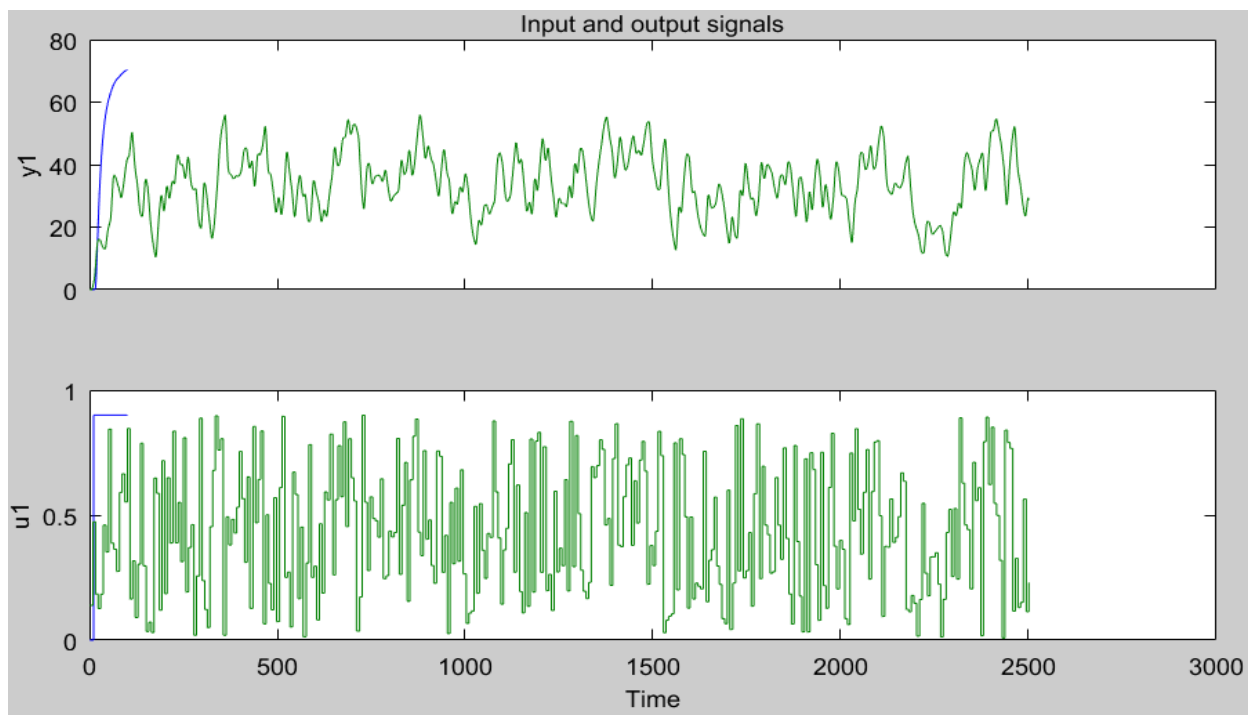


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

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

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

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

$$1+Tp1*s$$

$$Kp = 77.596 \pm 0.11849$$

$$Tp1 = 16.158 \pm 0.12831$$

$$Td = 6.162 \pm 0.06855$$

Fit to estimation data: 98.02%

FPE: 0.2897, MSE: 0.2676

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{Kp}{(1+Tp1*s)(1+Tp2*s)} * \exp(-Td*s)$$

$$Kp = 77.554 \pm 0.11556$$

$$Tp1 = 16.062 \pm 0.14551$$

$$Tp2 = 1.172 \pm 0.27993$$

$$Td = 5.018 \pm 0.2453$$

Fit to estimation data: 98.15%

FPE: 0.2616, MSE: 0.2323

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

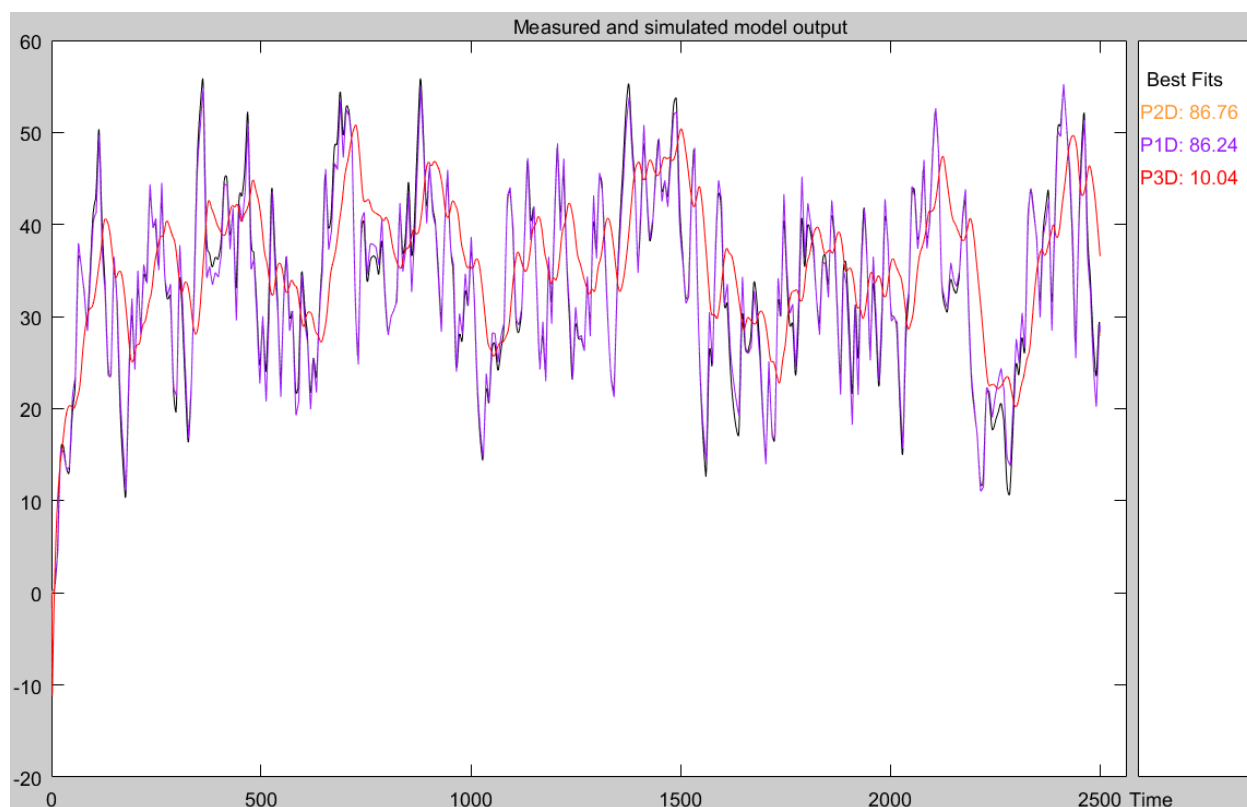


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Слід зазначити, що параметри ідентифікації за методом Process Models P3D ми не беремо до уваги, так як їх відповідають перевірочним даним складає менше мінімального допуску відповідності у 80 %.

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

Назва параметру	P1D	P2D
k	77,596	77,554
T_1, c	16,158	16,062
T_2, c	–	1,172
τ	6,162	5,018
Динамічна характеристика		
НСКП, %	98,02	98,15
ПОП	0,2897	0,2616
СКП	0,2676	0,2323
Перевірочні данні		
НСКП, %	86,24	86,76

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P1D – першого порядку з затримкою та P2D – другого порядку з затримкою по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), ці моделі майже ідентичні P1D (98,02 %) та P2D (98,15 %). Помилка остаточного передбачення (ПОП) для них теж майже однакова P1D (0,2897) та P2D (0,2616). Також можна звернути увагу, що для моделі P2D друга постійна часу T_2 (1,172 с) має тенденцію наближуватися до нуля. Це свідчить про те, що можна рекомендувати для використання модель першого порядку – P1D.

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними за показником НСКП. Ці показники у них теж майже однакові і складають P1D (86,24 %) та P2D (86,76 %).

Виходячи з усього, що наведе вище можна сміливо пропонувати більш просту модель P1D і стверджувати, що обрана модель має достатню відповідність до перевірочних даних, яка і складає більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час затримки $\sim 4,3$ с а постійна часу 18 с, а за результатами моделювання ці показники складають

відповідно 6,162 с та 16,158с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно відповідає обрана модель PID - аперіодична ланка першого порядку з запізненням.

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

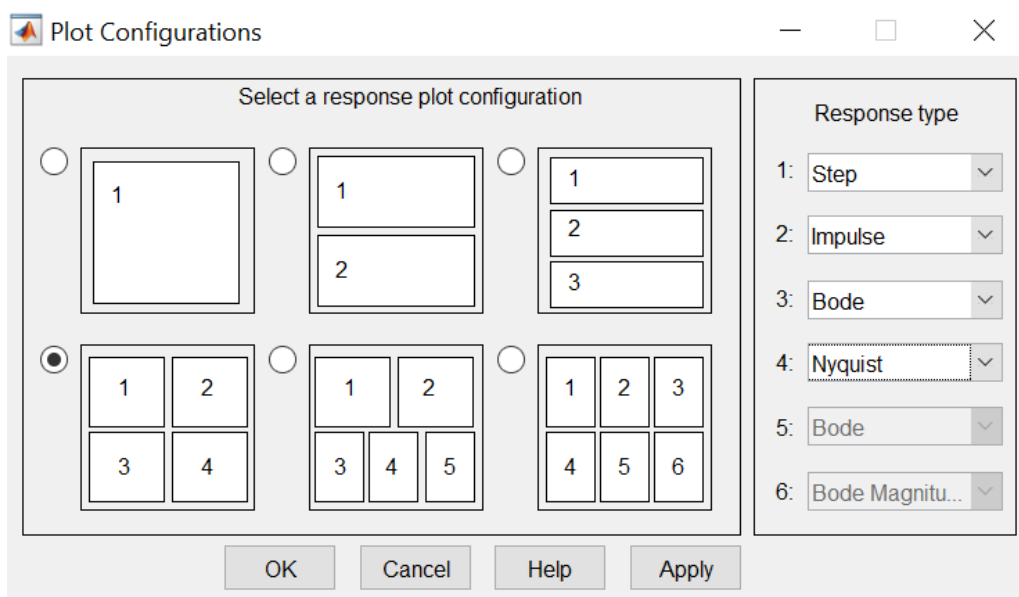


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

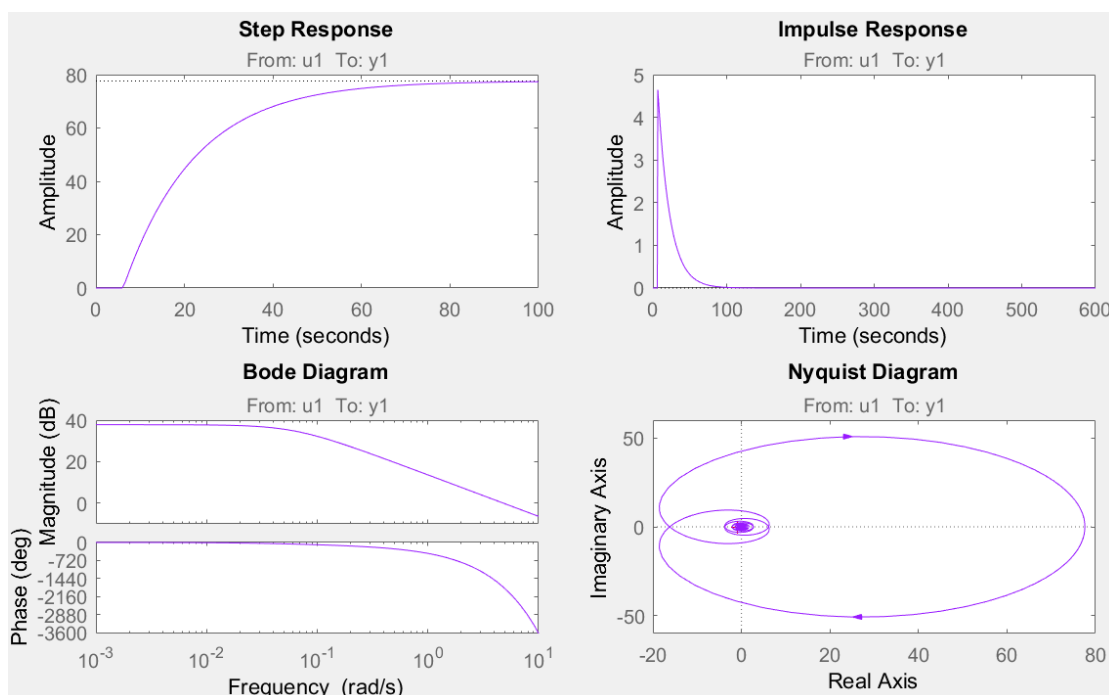


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель PID у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 86,24 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{77,596 \cdot e^{-6,162}}{16,158s + 1} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

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

При налаштуванні час моделювання задано 2 500 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування.

На вході моделі додано статичний коригуючий зсув характеристики 1,6 кг/с (мінімально можливе за технологічними умовами витрата перегрітої водяної пари).

На виході моделей додано статичний коригуючий зсув характеристики, який зміщує максимально можливе значення температури контактного газу до значення 590 °С.

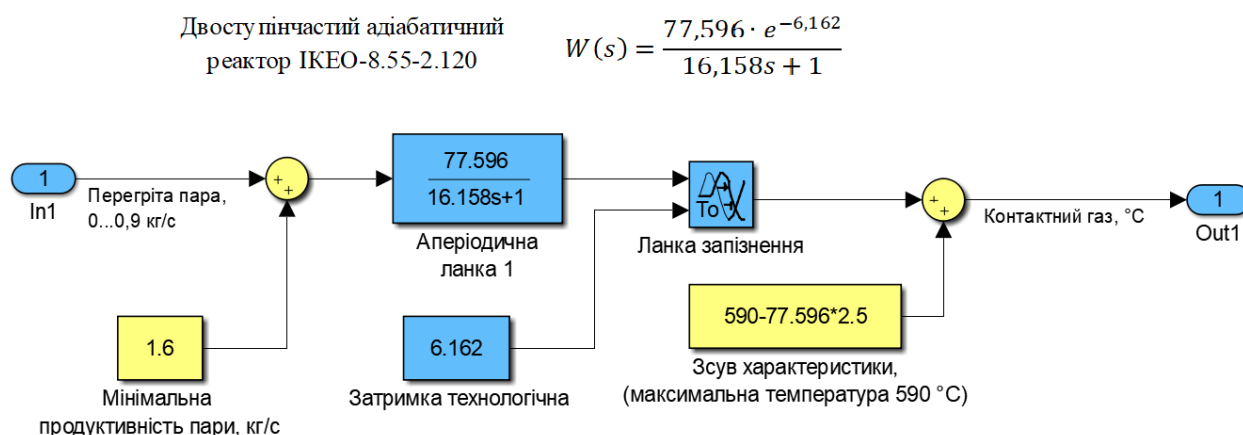


Рисунок 3.15 – Модель об'єкта керування



Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність
 Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

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

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

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



```

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

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```

>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0
Коефіцієнт кореляції: 0.991
Статистичний критерій фішера: 140252.249
Критичне значення статистики фішера: 2.708
Статистичний критерій фішера більший критичного значення, модель є
адекватною до об'єкта керування.

```

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,991 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкта керування за цим критерієм.

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

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

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

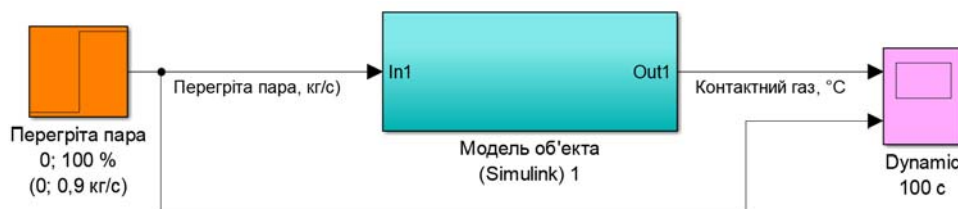


Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

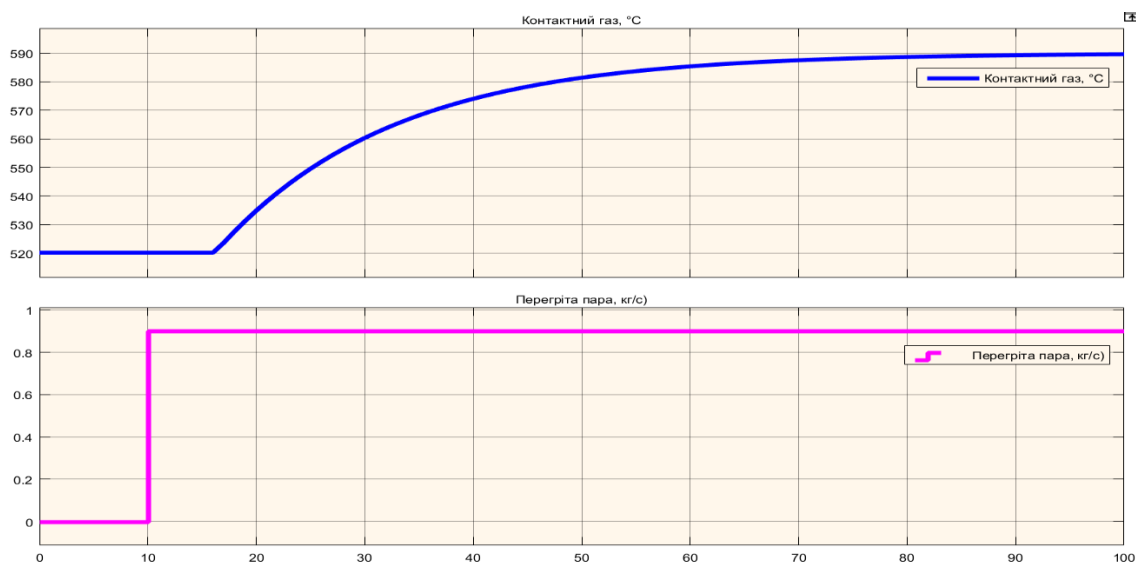


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

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

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 77,596 і постійні часу 16,158 с, а запізнення становить 6,162 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 86,24 %,

сильний кореляційний зв'язок 0,991 та статичний критерій Фішера 140 252 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

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

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи автоматизації технологічних ланок з виробництва стиrolу.

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

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

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

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

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

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

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

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

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

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

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат C_{OB} [11...12]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	1	4 740,30	4 740,30
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	4 110,30	4 110,30
4	Датчик температури ДТІХ0555.И	од.	2	4 024,00	8 048,00
5	Електрозасувка High performance butterfly valve HP 111-E	од.	2	12 456,00	24 912,00
6	Мережний кабель	м	200	24,60	4 920,00
7	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	38 600,30	38 600,30
8	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				102 005,30

Вартість основного та допоміжного обладнання $C_{OB} = 102\ 005,30$ грн.

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

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

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{TP} = 102\ 005,30 \cdot 0,08 = 8\ 160,43 \text{ (грн.)}$$

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

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

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{MH} = 102\ 005,30 \cdot 0,07 = 7\ 140,38 \text{ (грн.)}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

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

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);

t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);

t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);

t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);

t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);

t_h – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);

t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

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

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

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;

q – кількість операторів у програмному забезпеченні;

c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 100... 200, приймаємо $q = 150$);

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

$$Q = 150 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 223$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 32$ (люд. – год.).

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

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

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 223 \cdot 1,5 / (80 \cdot 1,2) \approx 4 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 223 / (20 \cdot 1,2) \approx 19 \text{ (люд. – год.)}.$$

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

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 223 / (20 \cdot 1,2) \approx 10 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 223 / (4 \cdot 1,2) \approx 47 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

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

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

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

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{др} = 223 / (15 * 1,2) \approx 13 \text{ (люд. - год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{до} = 0,75 * 13 = 10 \text{ (люд. - год.)}.$$

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

$$t_g = 13 + 10 = 23 \text{ (люд. - год.)}.$$

Таким чином трюдомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 32 + 4 + 10 + 10 + 47 + 23 = 126 \text{ (люд. - год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

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

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

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

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

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

де t – час розробки ПЗ, год;

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

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{зп} = 126 * 120,00 = 15\,120,00 \text{ (грн.)}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

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

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{мч}}$ – вартість машинного часу (грн./год.).

Приймаємо $C_{\text{мч}} = 14,50$ (грн./год.), тоді вартість витрат на програмне забезпечення, що розробляється становить:

$$Z_{\text{мі}} = 10 * 14,50 = 145,00 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{пз}} = 15\,120,00 + 145,00 = 15\,265,00 \text{ (грн.)}.$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

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

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

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

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

$$T = 126 / (1 * 176) \approx 1 \text{ (міс.)}.$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{\text{пкв}} = 102\,005,30 + 8\,160,43 + 7\,140,38 + 15\,265,00 \approx \\ \approx 132\,571,11 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

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

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

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

$C_{\text{рo}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

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

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

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

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

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

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

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

де H_a – норма амортизації (%);

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

Амортизація основних фондів визначається як:

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

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

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

Отже, норма амортизації для проекрованої системи керування складає:

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

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 132\,571,11 \cdot 40/100 = 53\,028,45 \text{ (грн.)},$$

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_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ (днів));

T_{BC} – вихідні дні та свята ($T_{BC} = 114$ (днів));

T_B – відпустка ($T_B = 21$ (день));

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ (год.)).

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 та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

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

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих,	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	3	113,50	1 840	626 520,00	50 121,60	43 856,40	720 498,00
2	Технолог	1	127,50		234 600,00	18 768,00	16 422,00	269 790,00
3	Наладчик	1	120,20		221 168,00	17 693,44	15 481,76	254 343,20
Разом								1 244 631,20

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,244\,631,20 \text{ (грн.)}.$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

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

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,244\,631,20 = 273\,818,87 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

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

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

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 132\,571,11 = 6\,628,56 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

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

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

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

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

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 0,93998 грн.-кВт з ПДВ).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,75 * 365 * 24 * 0,93998 = 6\,175,67 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

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

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

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{ІНШ} = 0,04 * 1\,244\,631,20 = 49\,785,25 \text{ (грн.)}.$$

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

$$C = 53\,028,45 + 1\,244\,631,20 + 273\,818,87 + 6\,628,56 + 6\,175,67 + 49\,785,25 = 1\,634\,068,00 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показчика	Сума, грн.
1	Амортизація	53 028,45
2	Фонд заробітної плати	1 244 631,20
3	Відрахування на соціальні виплати	273 818,87
4	Ремонт та технічне обслуговування	6 628,56
5	Електроенергія	6 175,67
6	Інше	49 785,25
7	Загалом	1 634 068,00

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 133 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,7 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблюється система автоматизації технологічних ланок з виробництва стиролу.

Стирол (вінілбензол) – хімічна речовина, яка використовується у виробництві полімерів, співполімерів і армованих пластиків. Полістирольні полімери широко застосовують для виготовлення плівок, ниток, труб та інших виробів технічного й побутового призначення. У менших кількостях застосовуються як розчинник поліефірних пластмас і для модифікації алкідних полімерів, а також в якості добавки до моторного палива. Основним промисловим способом одержання стиролу є дегідрування етилбензолу.

Промислові джерела викидів стиролу є найбільш ймовірною причиною його впливу на населення в цілому.

Завданням охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

В кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається процес дегідратації етилбензолу.

Методи безпеки наведені в даному розділі були розроблені для оператора технологічного процесу.

В процесі роботи на нього можуть впливати такі шкідливі фактори, як забруднення атмосфери робочої зони продуктами горіння, шум і вібрація, пожежої та вибухонебезпека, електронебезпека.

Технологічний процес з виробництва стиролу є потенційно небезпечний. Продукти, що використовуються в цеху (стирол, етилбензол, толуол, бензол), шкідливі для здоров'я і утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Технологічний процес протікає при температурі не вище 750 °C та тиску не більше 1,6 МПа. Перевищення температури або тиску веде до загрози розриву апарату з подальшою загрозою вибуху або займання. Потенційні небезпеки виробництва також пов'язані з можливістю отримання термічних опіків,

механічних ушкоджень, ураження струмом та роботою з обладнанням, що є джерелом шуму та вібрації.

Стирол – токсичний газ, при потраплянні на шкіру викликає сухість. При серйозному отруєнні викликає запалення слизових оболонок очей, носа, дихальних шляхів, апатію та сонливість. При хронічному отруєнні викликає запалення слизових оболонок очей, носа, дихальних шляхів, шлунково-кишкові розлади, розлади центральної нервової системи та впливає на стан крові.

Бензол – токсичний газ, що при високих концентраціях впливає на центральну нервову систему, при багаторазовому впливі викликає зміни формули крові. Рідкий бензол викликає запалення шкіри.

Етилбензол – токсичний газ. При потраплянні в очі викликає сильне подразнення, біль та сльозоточивість. При потраплянні в організм впливає на центральну нервову систему, викликає дратівливість, головний біль. Добре вбирається через шкіру, викликає її запалення.

Толуол в високих концентраціях має наркотичну дію. Діє на центральну нервову систему сильніше ніж бензол.

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів та інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.1.1 Шум

Джерелами шуму є : трубопроводи, система кондиціювання та насоси.

Рівень шуму від систем кондиціювання та насосів становить – $L = 90 \dots 100$ дБА.

Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення, понижуючі шум на шляхах його поширення. По способу реалізації:

Акустичні. Ґрунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування глушителей шуму.

Будівельно-акустичні: Ці методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабінки спостереження, дистанційне керування, кожухи, ущільнення і т.д. Найбільше ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням із тирси деревини, соломи і т.д. Звуковбирні матеріали: мрамур, бетон, граніт, цегла, ДВП, ДСП, войлок, мінеральна вата, матеріали з щілинною перфорацією.

Архітектурно-планувальні: раціональне розміщення робочих місць; раціональний режим праці і відпочинку.

Організаційно-технічні: Активна форма захисту - генерація шуму в протифазі до джерела. Засоби індивідуально захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски.

Для зменшення рівня шуму від трубопроводів, для них додатково передбачені комплектні шумозахисні кожухи. Завдяки усім цим заходам шумоізоляції, рівень шуму на даному об'єкті складає $L = 50 \dots 60$ дБА, що не перевищує допустимі значення, відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

5.1.2 Електронебезпека

Приміщення операторської відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою по ступеню враження електричним струмом, так як на струмопровідний і можливо одночасний дотик людини до металевих конструкцій будинку, що має з'єднання з землею і металевим корпусом електроустаткування і приладів.

У операторській встановлені прилади, що працюють під напругою 220 В, частотою 50 Гц. Мережа з ізольованою нейтраллю.

Основні причини нещасного випадку від впливу електричного струму наступні:

- ушкодження струмопровідних ліній електрокабелів, порушення ізоляції і заземлення щитів, пультів і електроустаткування;
- порушення правил електробезпеки при експлуатації електричного устаткування і освітлення (спроби самовільного усунення несправностей, заміни світильників);
- робота на несправному устаткуванні;
- торкання до відкритих провідок струмопровідних частин;
- пробій на установці (напруга дотику);
- крокова напруга;
- електрична дуга.

До заходів щодо захисту від ураження електричним струмом відносяться:

1. Ізоляція в електроустановках:

Ізоляція - шар діелектрика, яким покривають поверхню струмоведучих елементів, або конструкція з непровідного матеріалу, за допомогою якої струмопровідні частини відокремлюються від інших частин електрообладнання.

Ізоляція буває таких видів:

- робоча - електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом;
- додаткова - електрична ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом в разі ушкодження робочої ізоляції;
- подвійна - ізоляція, яка складається з робочої і додаткової ізоляції;
- посилена - поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий самий захист від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція;
- опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

На об'єкті використовується електромагнітне блокування безпеки, яке застосовується для запобігання неправильним діям обслуговуючого персоналу і застосовуються в приводах до роз'єднувачів і заземлювачів.

2. Мала напруга:

Це номінальна напруга не більше 42 В між фазами і по відношенню до землі, застосовується у цілях захисту від ураження електричним струмом.

3. Орієнтація в електроустановках:

Засоби орієнтації дозволяють персоналу орієнтуватися при виконанні робіт і застерігають його від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркування частин електрообладнання.

4. Захисне заземлення в аварійному режимі

Являється ефективним методом захисту при живленні електрообладнання від електричних мереж з ізолюючою нейтраллю та аварійним відключенням. Дія заземлення заснована на зниженні напруги дотику, що досягається за рахунок малого опору ($R_{\text{доп}} \leq 4 \text{ Ом}$) заземлення в електроустановках з ізолюючою нейтраллю або за рахунок збільшення потенціалу. Енергобезпека відповідає ГОСТ 12.1.030-82.

Захист від заносу високого потенціалу і статичної електрики виконати шляхом приєднання на вводах у будівлі усіх металевих трубопроводів та металевих частин будівельних конструкцій до пристрою заземлення.

5.2 Пожежна безпека

В операторській при короткому замиканні може відбутися займання кабелів, з виділенням диму і отруйних речовин. Приміщення відповідно ОНТП24-86 – відноситься до категорії В – горючі та важкогорючі речовини, які здатні тільки горіти, та не є вибухонебезпечними (ізоляція електроустаткування, частини приладів на щиті керування). Клас зони П-Ша (ПУЕ).

Виходячи з категорії пожежної безпеки виробництва по СНиП 2.01.02-85 вибираємо II ступінь вогнестійкості.

Основними причинами виникнення пожежі можуть бути:

- порушення елементарних правил пожежної безпеки;
- несправність електроустаткування, електромереж;
- порушення електротехнічних правил.

Для здійснення безпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації технічних засобів автоматичної пожежної сигналізації і виконанні ремонтних робіт передбачено:

- використання пожежних сповіщувачів згідно умов їх експлуатації;
- відсутність радіоізотопних сповіщувачів;
- гучномовне оповіщення персоналу про пожежу
- об'єктове світлозвукове оповіщення персоналу про пожежу.

Допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу - 7,5 м. З коридору повинно бути, як правило не менше 2-ох евакуаційних виходів. Враховуючи об'єми приміщень, категорію пожежної небезпеки виробництва і ступінь вогнестійкості будівлі, визначаємо необхідну ширину евакуаційних виходів. Для проходів - не менше 1 м, коридорів - 1,4 м, двері - 0,8 м і марші – 1,05 м, площадка сходів – 1,05 м. Висота дверей і проходів на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися по напрямленню виходу з будівлі (СНиП 2.09.02- 85).

При виникненні пожежі необхідно терміново викликати пожежну охорону, відвести в безпечне місце людей і приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння (вогнегасники, пісок, лопата, багор, відро), дотримуючись правил техніки безпеки.

Виробництво оснащується первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопата, ящик з піском, багор, відро), що розташовані на пожежному щиті. Засоби пожежогасіння повинні відповідати вимогам «Інструкції по утриманню та застосуванню засобів пожежогасіння на підприємствах». В тому числі приміщення захищене щогловим блискавковідводом висотою 27 м. Блискавковідвід приєднується сталевією половою 40 х 4 мм до спеціального заземлювача, який складається з двох електродів довжиною 7,5 м, які з'єднуються між собою сталевією половою 40 х 4 мм.

Заземлювач блискавкозахисту приєднати до існуючого контуру заземлення. Опір заземлюючого пристрою більше 100 Ом.

Для гасіння електропроводок і електроустаткування під напругою передбачені порошкові вогнегасники ОПС–10 у кількості 2 од., також маються вуглекислотні вогнегасники ОУ–5 у кількості 2 од.

Приміщення операторської обладнане електричною системою сповіщення пожежі. Датчики – сповіщувальні типу ДЛТ з'єднані з прийомною станцією по променевій системі. При підвищенні температури легкозаймистий шар , що з'єднує кінці двох пружнів дротів, розплавляється, розривається електричний ланцюг і спрацьовує сигналізація. Також у операторській передбачений прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною підприємства.

5.5 Висновки по розділу

В даному розділі на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектуваному об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, які використовуються на підприємствах хімічної промисловості. Сучасна система керування дозволить оперативно контролювати значну кількість технологічних параметрів, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими показниками якості та надійності. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

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

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 першого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення 77,596 і постійні часу 16,158 с, а запізнення становить 6,162 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність 86,24 %, сильний кореляційний зв'язок 0,991 та статичний критерій Фішера 140 252 значно більше критичного значення 2,707. Велике значення статичного критерію

адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та близьким до 1 значенням коефіцієнта кореляції.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного обладнання – двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 133 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть приблизно 1,7 млн. грн.

В розділі охорона праці на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектованому об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та розглянуті питання пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Виробництво стиролу каталітичним дегідруванням етилбензолу” з дисципліни “Загальна хімічна технологія” призначені для студентів університету всіх спеціальностей та форм навчання. / Укл.: В.А. Мізін, А.Г. Рудницький. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2003. – 20 с.

7. Бесков В.С. Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.: Химия, 1999. – 470 с.
8. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология: Учеб. для техн. ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1990. – 520 с.
9. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. - М.: Химия, 1988.- 592 с.
10. Левинтер М.Е., Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Химия, 1992. – 224 с.
11. ДТПХхх5.И термопары с выходным сигналом 4...20 мА ЕХІА. Режим доступу:
https://owen.ru/product/dtpxhh5exia_termopari_s_vihodnim_signalom_420_ma
12. High Performance Valve – Wafer Type Butterfly Valve HP 111-E. Режим доступу: <http://exionasia.com/products/high-performance-valve-wafer-type-butterfly-valve-hp-111-e/>
13. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
14. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
16. 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.
17. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
18. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.

19. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
20. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
21. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
22. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
23. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
24. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
25. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
26. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
27. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
28. ДБН В2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
29. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
30. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
31. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».

32. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
33. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
35. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
36. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
37. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.19.13.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.19.13.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.19.13.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.19.13.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.19.13.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.19.13.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.19.13.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Федоров		06.05.22	Літ.	Аркуш	Аркушів
П. конс.		Шевченко				1	1
Н. контр.		Воскобойник			Автоматизація технологічних ланок з виробництва стиролу. Відомість проекту		
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-19ск-1		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічних ланок з виробництва стиrolу»,

студент гр. 151-19ск-1 Федоров Дмитро Михайлович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування ланками технологічного процесу з виробництва стиrolу.

Об'єкт дослідження – двоступінчастий адіабатичний реактор ІКЕО-8.55-2.120.

Предмет дослідження – проведення структурної і параметричної ідентифікації та визначення математичної моделі об'єкта керування.

Автоматизація двоступінчастого адіабатичного реактору дозволить підвищити якість продукції і уникнути аварійних режимів роботи обладнання - підвищить безпечність виробництва в цілому.

Двоступінчастий адіабатичний реактору це апарат, який призначений для дегідратації етилбензолу з застосуванням каталізатора. При цьому тиск отриманого контактного газу (відповідно і температура) є меншим, ніж тиск (відповідно і температура) його складових. На його вхід подаються пари етилбензолу і перегрітої водяної пари. Ця суміш надходить на контактування з каталізатором при оптимальній температурі 630 °С. На виході отримують продукт реакції – контактний газ, якій має температуру 565 °С.

Система керування має підтримувати оптимальну температуру на каталізаторі спираючись на опосередкований показники температури контактного газу на виході реактору.

Для створення підсистеми автоматичного керування двоступінчастим адіабатичним реактором ІКЕО-8.55-2.120, обрано один із головних каналів керування – «масова витрата пари на вході реактора → температура контактного газу виході з реактора».

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, проведено активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування.

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

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

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

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

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - « _____ ».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку « _____ », а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Шевченко В.І.

____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічних ланок з виробництва стиrolу»,

студент гр. 151-19ск-1 Федоров Дмитро Михайлович

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

Рецензент, _____

____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

« _____ » _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічних ланок з виробництва стиролу», здобувача вищої освіти, групи 151-19ск-1, Федоров Дмитро Михайлович.

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)