

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО”

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ-2.
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
ТА СИСТЕМ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання РГР для студентів напрямку підготовки: 6.050202
„Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ
НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”
2017

Комп'ютерне моделювання процесів і систем-2. Математичне моделювання технологічних об'єктів та систем : Метод. вказівки до викон. розр. граф. роботи для студ. напрям. підг. «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Уклад.: З.Я.Козаневич – К. : НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського", 2017. – 23 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № від «__» ____ 2017 р.)*

Навчальне видання

АВТОМАТИЗОВАНІ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ-1. ТЕХНОЛОГІЧНІ
ОБ'ЄКТИ КЕРУВАННЯ

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Укладач: Козаневич Звенислава Ярославівна, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Відповідальний

редактор

А.І. Жученко, докт. техн. наук, проф.

Рецензент

А.Р.Степанюк, канд. техн. Наук, доцент

Авторська редакція

Зміст

Вступ.....	4
1.Склад, обсяг та структура роботи.....	4
2. Вказівки та рекомендації до виконання складових роботи	6
3. Вказівки до оформлення та подання РГР.....	8
4. Завдання на РГР	8
5. Порядок захисту та контрольні запитання	8
Література	9
Додаток 1	10
Додаток 2 Варіанти 1.1-1.5.....	11
Додаток 3 Варіанти 2.1-2.3.....	13
Додаток 4 Варіанти 3.1-3.5.....	15
Додаток 5 Варіанти 4.1-4.6.....	17
Додаток 6 Варіанти 6.1-6.7.....	19
Додаток 7 Варіанти 7.1-7.3.....	22

ВСТУП

Аналіз різних процесів хімічної технології разом з їхньою апаратною реалізацією як технологічних об'єктів керування (ТОК) є обов'язковою початковою стадією синтезу систем автоматичного регулювання та керування цими процесами.

Математичне моделювання є наступною невід'ємною частиною синтезу систем автоматичного керування технологічними процесами будь-якого ступеня складності.

Метою даної розрахунково-графічної роботи (РГР) є формування знання та вміння аналітичної побудови і дослідження математичних моделей ТОК різних процесів хімічних виробництв, а також навички визначення параметрів настроювання регуляторів різними методами і порівняння їх результатів на основі перехідних функцій (характеристик).

Назва РГР: «<Назва технологічного процесу чи устаткування> як технологічний об'єкт керування <назва параметру, що підлягає регулюванню>»

Кожен студент отримує один з запропонованих варіантів ТОК з відповідними початковими даними, приведеними у цьому варіанті.

1. СКЛАД, ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА РОБОТИ

В даній РГР студенти повинні виконати:

- аналіз конкретного технологічного процесу хімічної технології як ТОК;
- одержати математичну модель конкретного ТОК аналітичним способом;
- перетворити математичну модель ТОК як до різного виду визначальних величин (фізичні величини, величини у відхиленнях, безрозмірні значення), так і різної форми використовуваних рівнянь (форма Коші, канонічна форма);
- перетворити за Лапласом змінну часу і отримати передатні функції за каналами збурення і керування;
- визначити передатні функції розширеного ТОК (з врахуванням динаміки вимірювача і виконавчого механізму) за каналами збурення і керування;
- отримати і графічно представити перехідні функції розширеного ТОК за каналами збурення та керування;
- вибрати параметри настройки П- та ІІІ-регуляторів двома способами (метод М-кола та метод Циглера-Нікольса);

- розрахувати та графічно представити перехідні функції в замкнених системах регулювання при різних типах регуляторів (П- та ПІ-) та вибраних за різними методами параметрами їх настройки при дії на систему як за каналом збурення, так і каналом керування;

- дати порівняльну оцінку на основі отриманих перехідних функцій якості систем регулювання при параметрах настройки регуляторів, отриманих різними способами.

Текстовий матеріал РГР повинен складатися з наступних розділів:

Вступ

1. Процес (або апарат, назва) як технологічний об'єкт керування
2. Математична модель ТОК
 - 2.1 Рівняння теплових чи/і матеріальних балансів
 - 2.2 Лінеаризація рівнянь
 - 2.3 Рівняння в безрозмірному виді змінних
 - 2.4 Рівняння в канонічній формі і в формі Коші
 - 2.5 Перетворення за Лапласом змінної часу
 - 2.6 Визначення коефіцієнтів рівнянь, аналіз їх розмірностей
 - 2.7 Передатні функції за каналами збурення і керування
 - 2.8 Передатні функції розширеного ТОК
3. Перехідні та імпульсні перехідні функції розширеного ТОК
4. Вибір параметрів настроювання П- та ПІ-регулятора методом М-кола
5. Вибір параметрів настроювання П- та ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольса
6. Перехідні функції замкненої системи регулювання з П-регулятором, параметри якого вибрані методами М-кола та Циглера-Нікольса
7. Перехідні функції замкненої системи регулювання з ПІ-регулятором, параметри якого вибрані методами М-кола та Циглера-Нікольса
8. Порівняння якості перехідних процесів в системах регулювання, параметри настроювання яких вибрані різними методами

2. ВКАЗІВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ СКЛАДОВИХ РОБОТИ

1. Процес (або апарат, назва) як технологічний об'єкт керування Наводиться короткий опис технологічного процесу і вибраного основного апарату. Основні визначальні величини. Вхідні величини, розподіл їх на збурення і керуючі дії. Основні контури регулювання.

2. Математична модель ТОК

2.1. Рівняння теплових чи/і матеріальних балансів

Розрахункова схема ТОК. Основні спрощення (допущення). Обмеження на змінні. Позначення змінних. Основний статичний режим (таблиця). Рівняння теплових і/або матеріальних балансів для динаміки основних акумулюючих ємностей у фізичних величинах.

2.2. Лінеаризація рівнянь

Лінеаризація рівнянь в точці основного статичного режиму. Отримання системи рівнянь у відхиленнях. Перевірка розмірностей коефіцієнтів.

2.3. Рівняння в безрозмірному виді змінних

Приведення системи рівнянь до безрозмірного виду визначальних величин $\varphi_i = (\Delta x_{i\text{визн}})/(x_{i\text{визн}0})$; збурень $\lambda_i = (\Delta x_{i\text{збур}})/(x_{i\text{збур}0})$ та керуючих дій $\mu_i = (\Delta x_{i\text{кер}})/(x_{i\text{кер}0})$, де індекс «0» відноситься до основного статичного режиму, а індекс «i» вказує на порядковий номер змінної.

2.4. Рівняння в канонічній формі і в формі Коші

Перевести систему рівнянь в канонічну форму (діленням усіх складових кожного i-го рівняння на коефіцієнт при першій степені i-ї визначальної величини) та в форму Коші (визначаючи першу похідну i-ї визначальної величини як функцію визначальних величин і керуючих дій).

2.5. Перетворення за Лапласом змінної часу

Перетворити за Лапласом змінну часу у всій системі рівнянь при нульових початкових умовах.

2.6. Визначення коефіцієнтів рівнянь

Виходячи із значень основного статичного режиму, обчислити коефіцієнти в системі рівнянь. Звернути увагу на їх розмірність.

2.7. Передатні функції за каналами збурення і керування

Записати передатні функції за каналами збурення і керування в конкретних цифрах.

2.8 Передатні функції розширеного ТОК

Представивши передатні функції вимірювача і виконавчого механізму аперіодичними ланками 1-го порядку, навести передатні функції розширеного ТОК за каналами збурення і керування.

3. Перехідні та імпульсні перехідні функції ТОК

Використовуючи зворотне перетворення Лапласа та зображення за Лапласом 1-ї і δ -функції, записати та побудувати графіки перехідних та імпульсних перехідних функцій ТОК за каналами керування і збурення

4. Вибір параметрів настроювання П- та ПІ-регулятора методом М-кола

Вибрати параметри настроювання П- та ПІ-регуляторів з використанням методу М-кола при $M = 1,4$. Навести відповідні АФХ.

5. Вибір параметрів настроювання П- та ПІ-регулятора методом Циглера-Нікольса

Розрахувати параметри настроювання П- та ПІ-регуляторів з використанням методу Циглера-Нікольса

6. Перехідні функції замкненої системи регулювання з П-регулятором, параметри якого вибрані методами М-кола та Циглера-Нікольса

Записати та побудувати графіки перехідних функцій замкненої системи регулювання з П-регулятором та параметрами настроювання, вибраними за методами М-кола та Циглера-Нікольса, за каналами керування та збурення.

7. Перехідні функції замкненої системи регулювання з ПІ-регулятором, параметри якого вибрані методами М-кола та Циглера-Нікольса

Записати та побудувати графіки перехідних функцій замкненої системи регулювання з ПІ-регулятором та параметрами настроювання, вибраними за методами М-кола та Циглера-Нікольса, за каналами керування та збурення.

8. Порівняння якості перехідних процесів в системах регулювання, параметри настроювання яких вибрані різними методами

Порівняти якість перехідних процесів в замкнених системах регулювання для різних типів регуляторів та параметрах їх настроювання, отриманих різними методами.

Всі розрахунки, як і графічну частину, бажано проводити з використанням Mathcad PRO.

3. ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАННЯ РГР

Текстовий і графічний матеріал виконується на листах формату А4 відступ 20мм з усіх боків; шрифт Times New Roman 14пт; абзац 1см; міжрядковий інтервал – одинарний. Нумерація сторінок наскрізна, знизу посередині, починаючи з 2-ї сторінки.

Зразок титульного листа наведений в Додатку 1.

Вісі координат графіків повинні бути оцифровані.

Варіанти початкових даних РГР для різних ТОК наведені в Додатках 2-7.

Деякі розділи РГР, у відповідності з вимогами до конкретних варіантів, можуть бути опущені або замінені іншими.

Текстовий та графічний матеріали брошуруються в папці або швидкозшивачі.

4. ЗАВДАННЯ НА РГР

Варіанти завдань на дану РГР наведені в Додатках 2-7.

5. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

Захист РГР відбувається в індивідуальному порядку шляхом представлення студентом виконаної роботи і обґрунтування прийнятих ним рішень з порівняльної характеристики різних способів вибору параметрів настроювання регуляторів.

Контрольні запитання:

- основні можливі збурення при регулюванні визначального параметру;
- які, крім вибраного для дослідження, можливі контури регулювання даного технологічного процесу;
- навіщо використовується перетворення за Лапласом змінної часу;
- чим відрізняються канонічна форма диференційного рівняння від форми Коші; в яких випадках застосовуються кожна з цих форм;
- чим відрізняється ТОК від розширеного ТОК;
- навіщо переводять змінні параметри ТОК до безрозмірного виду в їх математичних моделях;
- які параметри перехідних характеристик беруться до уваги при їх порівнянні.
-

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов. Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. 368с.
2. Остапенко Ю.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування. – К.: Задруга, 1999. – 424с. ISBN 966-7405-36-2
3. Кубрак А.І. Замкнені та нелінійні системи [Текст]: навч. посіб./А.І.Кубрак, О.А.Жученко, О.В.Ситніков. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 380с. – Бібліогр.: с.371-375. – 100 пр.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет
Кафедра автоматизації хімічних виробництв

Розрахункова графічна робота

з кредитного модуля «Комп'ютерне моделювання процесів і систем-2.

Математичне моделювання технологічних об'єктів та систем»

Варіант Х.Х

<Назва РГР>

Виконана

студентом гр.. ЛА-ХХ

XXXXXXXXXXXX

Прийнята _____

з оцінкою _____

Київ

2017

Варіанти 1.1-1.5

Тема: «Процеси змішування в збірнику моногідратного абсорбера у виробництві сірчаної кислоти»

У збірник поступають:

F1 кг/год моногідрата концентрацією с1 % H₂SO₄;

F2 кг/год сушильної кислоти концентрацією с2 % H₂SO₄;

F3 кг/год олеуму концентрацією с3 % H₂SO₄;

F4 кг/год води.

Моногідрат зі збірника насосом подається на моногідратний абсорбер.

Параметри основного технологічного режиму

№ п/ п	Назва параметру	по- зна ч	оди- ні ці вимір.	Числові значення для варіантів				
				1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1	Витрата моногідрату	F1	кг/год	35000 0	30000 0	25000 0	32000 0	28000 0
2	Витрата сушильної кислоти	F2	кг/год	37000	32000	28000	32000	30000
3	Витрата олеума	F3	кг/год	17000	15000	12000	20000	18000
4	Витрата води	F4	кг/год	Визначити зі статичного режиму				
5	Конц-ція моног-ту по H ₂ SO ₄	с1	%	98,6	98,5	98,4	98,7	98,8
6	Конц-ція сушил-ї к-ти по H ₂ SO ₄	с2	%	94,0	94,5	94,6	95,0	95,5
7	Концентрація олеуму по H ₂ SO ₄	с3	%	104,5	103,0	102,0	101,0	104,0
8	Кількість кислоти в збірнику	G	кг	40000	35000	30000	40000	35000
9	Завдання по конц-ції моногідрату на вході в моногідратний абсорбер	C*	%	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3
10	Настройки регулятора вибрати при регулюванні концентрації							

	моногідрату з допомогою ... при збуренні по			F2 c1	F4 c2	F2 F4	F4 F2	F2 c3
--	--	--	--	----------	----------	----------	----------	----------

Варіанти 2.1-2.3

Тема: «Процеси випарювання каустику (NaOH)»

3-х корпусна випарна установка використовується для випарювання $F_0=40000$ кг/год (11,12 кг/с) водного розчину NaOH від початкової концентрації $X_0=5\%$ до кінцевої $X_3=40\%$.

Нагрів відбувається насиченою водяною парою тиском $P_p=1,079$ Мпа.

Витрата гріючої пари $D=3,464$ кг/с.

Тиск в барометричному конденсаторі $P_{бк}=0,0147$ Мпа.

Випарювання відбувається за принципом прямотоку.

Відбір екстрапари відсутній.

Розчин поступає в 1-й корпус підігрітим до температури кипіння.

Параметри основного технологічного режиму

№ п/ п	Назва параметру	по- знач	одини ці вимір.	Числові значення для корпусів			б/к
				1	2	3	
1	Продуктивність во випареній воді	w	кг/с	3,04	3,21	3,47	
2	Концентрація розчинів	x	%	6,8	11,3	40,0	
3	Температура гріючої пари	Θ_p	Град.С	183,2	166,3	140,6	
4	Температура кипіння розчину	Θ_p	Град.С	170,07	146,74	87,43	
5	Корисна різниця температур	$\Delta\Theta_0$	Град.С	13,13	19,56	53,17	
6	Теплові навантаження	Q	кВт	6407	6099	6896	
7	Густина розчину	ρ	кг/м ³	1062	1104	1399	
8	Поверхня теплопередачі	S	м ²	160	160	160	
9	Діаметр труб	dn	м	0,038x0,00 2	0,038x0,00 2	0,038x0,00 2	
10	Висота труб	H	м	4,0	4,0	4,0	
11	Діаметр гріючої камери ВА	Dк	м	1,2	1,2	1,2	

12	Діаметр випарного апарату	D1	м	2,4	2,4	2,4	
13	Висота, занята киплячою рідиною в ВА	H2	м	2,5	2,5	2,5	
14	Тепловміст пари	i	КДж/кг г	2787	2772	2741	2595
15	Теплота пароутворення	r	КДж/кг г	2068	2140	2340	
16	Густина розчину	ρ_p	Кг/м ³	1062	1104	1399	
17	Питома теплоємність розчину	c_p	КДж/кг г•К	3,771	3,561	2,765	
18	Густина пари	ρ_n	Кг/м ³	3,75	2,0	0,098	
19	Коефіцієнт теплопередачі	k	Вт/м ² • К	2022	1870	1673	
20	Керуюча дія	μ		F0	F2	F4	
21	Регульована величина	φ		X1	L2	X3	
22	Збурення	λ		X0	F1	X2	

Варіант 2.1 відноситься до корпусу 1.

Варіант 2.2 відноситься до корпусу 2.

Варіант 2.3 відноситься до корпусу 3.

Варіанти 3.1-3.5

Тема: «*Процес пилевидного випалювання колчедану у виробництві сірчаної кислоти*»

Динаміка печі пилевидного випалювання колчедану досліджувалася експериментально.

При збільшенні подачі колчедану в піч з 2500 до 2890 кг/год температура газу в газоході змінювалася наступним чином:

Час, сек	0	10	20	30	40	50	60	90
Темп-ра, град.С	797	797	798	799	801	803	805	811
Час, сек	120	150	180	240	360	420	540	630
Темп-ра, град.С	817	822	827	835	846	851	854	855

Необхідно:

1. Виконати аналіз апарату як об'єкту автоматизації.
2. Приймаючи деякі спрощення, розробити математичну модель статички і динаміки ТОК для основних визначальних параметрів.

3. Апроксимувати експериментальну перехідну характеристику

Варіант	Вид апроксимації
3.1	Аперіодичною ланкою 1-го порядку з запізненням
3.2	Двома аперіодичними ланками 1-го порядку з однаковими постійними часу та запізненням
3.3	Двома аперіодичними ланками 1-го порядку з різними постійними часу та запізненням
3.4	Трьома аперіодичними ланками 1-го порядку з однаковими постійними часу
3.5	Трьома аперіодичними ланками 1-го порядку, з яких дві мають однакові постійні часу

4. Визначити апроксимуючу передатну функцію та розрахувати для неї перехідний процес при тих же умовах.

5. Побудувати АФХ розімкненої системи з розширеним ТОК та вибрати тип і параметри настройки регулятора (двома методами: Ціглера-Нікольса та на основі заданого коефіцієнта коливності $M=1.4$).

6. Порівняти обидва методи обґрунтування вибраних параметрів настройки регулятора на основі графіків перехідних процесів по каналу керування.

Варіанти 4.1-4.6

Тема: «Біохімічний реактор для виробництва біомаси»

В біохімічний реактор поступають

- Субстрат;
- Вода для розведення субстрату;
- Аміачна вода для регулювання рН;
- Розчин солей живлення;
- Повітря для перемішування і підтримання аеробного процесу;

В внутрішній дифузор і на зовнішні стінки апарату подається вода для підтримання заданої температури екзотермічного процесу.

Непарні варіанти розглядають реактор як ТОК концентрації біомаси (керуюча дія – витрата субстрату).

Парні номери варіантів розглядають реактор як ТОК температури (керуюча дія – витрата води у внутрішній дифузор).

Параметри основного технологічного режиму

№п/п	Назва параметру	по-знач	одиниці вимір.	Числові значення для варіантів		
				4.1, 4.2	4.3, 4.4	4.5, 4.6
1	Повний об'єм	V	м ³	600	1300	1300
2	Робочий об'єм	V _p	м ³	200	320	360
3	Температура в апараті	Θ	Град.С	37	38	39
4	Витрата субстрату	F _c	м ³ /год	40	60	70
5	Витрата води на розбавлення	F _p	м ³ /год	10	20	20
6	Витрата аміачної води	F _a	м ³ /год	0,1	0,15	0,20
7	Витрата розчину солей живлення	F _{cж}	м ³ /год	0,8	0,85	0,90
8	Витрата повітря	F _p	м ³ /год	10000	16000	17500
9	Концентрація РВ в субстраті на вході	C _{pв} 0	%	2,3	2,5	2,5
10	Концентрація РВ в	C _{pв}	%	0,15	0,15	0,18

	культуральній рідині (на виході)	1				
11	Концентрація біомаси		Г/л			
	- 25% вологості	X		32	40	40
	- абс. сухої	X _{ас}		8,0	8,5	8,7
12	Вихід біомаси з РВ	Y	%	48	50	50
13	Поверхня теплообміну	S	м ²	200	290	290
14	Висота апарату	H	м	8,0	13,0	13,0
15	Питоме тепловиділення	q	Дж/кгасб	12000	12000	12000

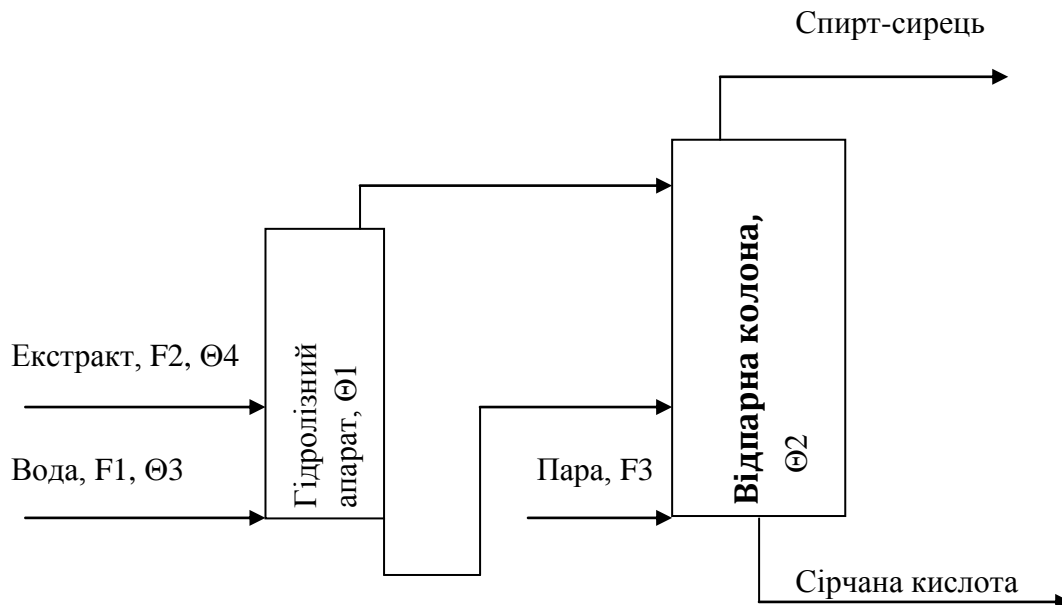
Необхідно:

1. Виконати аналіз апарату як об'єкта автоматизації.
2. Приймавши деякі спрощення, розробити математичну модель статичної і динамічної ТОК для основних визначальних параметрів.
3. Розрахувати коефіцієнти математичних моделей і побудувати перехідну та імпульсну перехідну характеристики ТОК по каналах керування та збурення.
4. Для розширеного ТОК вибрати тип і параметри настройки регулятора (двома методами: Ціглера-Нікольса та на основі заданого коефіцієнта коливності $M=1.4$).
5. Порівняти обидва методи обґрунтування вибраних параметрів настройки регулятора на основі графіків перехідних процесів по каналу збурення.

Варіанти 6.1 - 6.7

Тема: «Гідролізна установка у виробництві спирту»

Гідролізна установка у виробництві спирту призначена для отримання етилового спирту та виділення сірчаної кислоти. Схема установки приведена на рисунку



В нижню частину гідролізного апарату поступають екстракт і вода; продуктами реакції гідролізу є розбавлена сірчана кислота і спирт-сирець. Виділені в процесі реакції етан з етиленом, а також пари спирту з ефіром зверху гідролізного апарату поступають в паровий простір відпарної колони. Гідролізат (суміш етилового спирту, сірчаної кислоти і непрореагованої етилсірчаної кислоти) поступає у верхню частину відпарної колони. З кубу колони відводиться 40-45-процентна сірчана кислота, а пара спирту разом з газами відводяться зверху колони.

Найважливішими координатами, які характеризують нормальне протікання процесу і є зручними з точки зору простоти, надійності і точності вимірювання, є температури в гідролізному апараті θ_1 і відпарній колоні θ_2 .

Експериментальним шляхом знайдені і апроксимовані передатними функціями наступні канали впливу:

Назва каналу	Передатна функція
Витрата води F1→ температура в гідролізапараті θ1	$W_{11}(p) = [2(42p+1)\exp(-50p)]/(6,56 \cdot 10^4 p^2 + 4,74 \cdot 10^2 p + 1)$
Витрата екстракту F2→ температура в гідролізапараті θ1	$W_{12}(p) = [0,325\exp(-210p)]/(4,48 \cdot 10^6 p^3 + 5,33 \cdot 10^4 p^2 + 3,64 \cdot 10^2 p + 1)$
Температура води θ3→ температура в гідролізапараті θ1	$W_{13}(p) = [0,4\exp(-90p)]/(10^5 p^3 + 0,87 \cdot 10^4 p^2 + 1,7 \cdot 10^2 p + 1)$
Температура екстракта θ4 → температура в гідролізапараті θ1	$W_{14}(p) = [0,55(15p+1)\exp(-300p)]/(1,61 \cdot 10^4 p^2 + 1,8 \cdot 10^2 p + 1)$
Температура в гідролізапараті θ1 → температура в відпарній колоні θ2	$W_{21}(p) = [1,25\exp(-150p)]/(25,7 \cdot 10^6 p^3 + 22,4 \cdot 10^4 p^2 + 7,15 \cdot 10^2 p + 1)$
Витрата пари F3 → температура в відпарній колоні θ2	$W_{23}(p) = [0,68(33p+1)\exp(-60p)]/(1,95 \cdot 10^4 p^2 + 2,61 \cdot 10^2 p + 1)$

Необхідно:

1. Виконати аналіз установки як об'єкту автоматизації.
2. Приймаючи деякі спрощення, розробити структурну схему установки з врахуванням основних каналів впливу.
3. Побудувати перехідну та імпульсну перехідну характеристики ТОК по наступних каналах збурення та регулювання :

Варіант	Канал регулювання	Канал збурення
6.1	Витрата води F1→ температура в гідролізапараті θ1	Витрата екстракту F2→ температура в гідролізапараті θ1

6.2	Витрата води $F_1 \rightarrow$ температура в гідролізапараті θ_1	Температура води $\theta_3 \rightarrow$ температура в гідролізапараті θ_1
6.3	Витрата води $F_1 \rightarrow$ температура в гідролізапараті θ_1	Температура екстракта θ_4 \rightarrow температура в гідролізапараті θ_1
6.4	Витрата пари $F_3 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2	Температура в гідролізапараті $\theta_1 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2
6.5	Витрата пари $F_3 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2	Витрата екстракту $F_2 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2
6.6	Витрата пари $F_3 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2	Температура води $\theta_3 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2
6.7	Витрата пари $F_3 \rightarrow$ температура в відпарній колоні θ_2	Температура екстракта θ_4 \rightarrow температура в відпарній колоні θ_2

4. Побудувати АФХ розімкненої системи з розширеним ТОК та вибрати тип і параметри настройки регулятора (двома методами: Ціглера-Нікольса та на основі заданого коефіцієнта коливності $M=1.4$).

5. Порівняти обидва методи обґрунтування вибраних параметрів настройки регулятора на основі графіків перехідних процесів по каналу збурення.

Варіанти 7.1-7.3

Тема: «*Пароводяний теплообмінник*»

Вода нагрівається насиченою парою в пароводяному теплообміннику з мідними трубками зовнішнім діаметром 19мм, товщиною стінки 1,07мм довжиною 2,44м.

Параметри основного технологічного режиму

№ п/ п	Назва параметру	по- знач	одини ці вимір.	Числові значення для варіантів		
				7.1	7.2	7.3
1	Швидкість води	w	м/с	0,305	0,405	0,350
2	Середня температура води	$\theta_{ср}$	Град.С	65	60	70
3	Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води	α_1	Дж/м2 .с.град .К	764	900	800
4	Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої пари до стінки	α_2	Дж/м2 .с.град .К	3500	3500	3500

Регульована величина – температура води на виході з теплообмінника.

Керуюча дія – температура насиченої пари.

Збурення – швидкість води.

Прийняти лінійний розподіл температури води по довжині теплообмінника.