

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ-2

Автоматизовані системи управління технологічними процесами

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів
спеціальності 7.05050303 „Обладнання лісового комплексу”

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ
НТУУ “КПІ”
2013

Автоматизація виробничих процесів–2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами: Метод. вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів спеціальності „Обладнання лісового комплексу” / Уклад. М. З. Кваско, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський – К.: НТУУ „КПІ”, 2013. – 49 С.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол №4 від 25 листопада 2013 р.)*

Навчальне видання

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ-2

Автоматизовані системи управління технологічними процесами
Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів спеціальності 7.05050303 „Обладнання лісового комплексу”

Укладачі: Кваско Михайло Зиновійович, канд. техн. наук, проф.
Піргач Микола Соловейович, канд. техн. наук, доц.
Жураковський Ярослав Юрійович, ст. викладач

Відповідальний редактор А. І. Жученко, докт. техн. наук, проф.

Рецензент А. Р. Степанюк, канд. техн. наук, доц.

Авторська редакція

Зміст

Вступ.....	5
1. Індивідуальне завдання до виконання розрахунково-графічної роботи ...	7
2. Склад, обсяг і структура РГР	8
3. Вказівки до виконання розділів пояснювальної записки.....	9
3.1. Зміст.....	9
3.2. Вступ.....	9
3.3. Основна частина.....	9
3.4. Висновки	10
3.5. Перелік посилань.....	10
3.6. Додатки.....	10
4. Вимоги до оформлення.....	11
5. Вказівки про порядок захисту РГР.....	13
6. Критерії оцінювання виконання індивідуального завдання студентів ...	14
7. Список рекомендованої літератури.....	15
Додаток А.....	17
Приклад виконання розрахунково-графічної роботи на тему: «Проектування і дослідження системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії».....	17
Вступ.....	20
1. Індивідуальне завдання до виконання розрахунково-графічної роботи .	23
2. Теоретичні відомості	24
2.1. Принципові схеми системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії	24
2.2. Математична модель змішувача як об'єкта керування концентрацією волокнинної суспензії.....	27

3. Розрахунок і дослідження дискретної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії	33
3.1. Розробка структурної схеми автоматичної системи	33
3.2. Виведення передавальної функції дискретного регулятора концентрації маси.....	34
3.3. Розрахунок графіку перехідного процесу зміни концентрації маси у змішувачі при дії керувального діяння	35
3.4. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні задавального діяння.....	38
3.5. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні збурювального діяння	40
3.6. Дослідження процесу зміни концентрації волокнинної суспензії у разі вимкнення регулятора концентрації маси	43
3.7. Розробка програмувальної функції регулятора концентрації маси.....	45
Висновки	48
Перелік посилань.....	49

Вступ

Дисципліна «Автоматизація виробничих процесів–2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами» для студентів спеціальності 7.05050303 „Обладнання лісового комплексу” відноситься до циклу математичної природничо-наукової підготовки бакалаврів за відповідною програмою.

Метою курсу «Автоматизація виробничих процесів» є ознайомлення із принципами побудови автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСК ТП) та агрегатами лісового комплексу.

Завданням курсу є оволодіння методами проектування та розрахунків найважливіших і типових систем автоматизованого регулювання і керування, які використовуються в процесі автоматизації технологічних процесів лісохімічного, деревообробного та целюлозно-паперового виробництв.

Науково-дослідна робота студентів, частиною якої є розрахунково-графічна робота (РГР), є системою обов'язкових навчальних занять з неодмінною участю в них кожного студента. Вона включається до навчальних планів та проводиться в навчальний та позанавчальний час.

У відповідності до робочої навчальної програми кредитного модуля «Автоматизація виробничих процесів–2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами» передбачається виконання студентами РГР. Ця робота виконується у позааудиторні години навчання за рахунок часу, який передбачено програмою дисципліни на самостійну роботу студента (10 годин з фонду часу на СРС дисципліни).

Метою РГР з кредитного модуля «Автоматизація виробничих процесів-2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами» є поглиблене вивчення окремих тем з даного курсу,

відпрацювання навичок самостійної роботи студентів під час неаудиторної роботи (пошук та реферування літератури), відпрацювання вмій оформлення звітів та оцінювання отриманої інформації.

1. Індивідуальне завдання до виконання розрахунково-графічної роботи

Нижче наведено варіанти РГР на тему «Проектування і дослідження системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнистої суспензії», які призначаються для виконання студентом в індивідуальному порядку.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Варіант	T_{11}, c	k_{11}	k_{12}	τ, c	T_3, c	T, c
00	20	0,63	0,63	80	25	20
01	21	0,70	0,70	80	26	20
02	22	0,80	0,80	80	27	20
03	23	0,90	0,90	80	28	20
04	24	1,00	1,00	80	29	20
05	25	1,10	1,10	80	30	20
06	26	1,20	1,20	80	31	20
07	27	1,30	1,30	80	32	20
08	28	1,40	1,40	80	33	20
09	29	1,50	1,50	80	34	20
10	30	1,60	1,60	80	35	20
11	31	1,70	1,70	80	36	20
12	32	1,80	1,80	80	37	20
13	33	1,90	1,90	80	38	20
14	34	2,00	2,00	80	39	20
15	35	2,10	2,10	80	40	20
16	36	2,20	2,20	80	41	20
17	37	2,30	2,30	80	42	20
18	38	2,40	2,40	80	43	20
19	39	2,50	2,50	80	44	20
20	40	2,60	2,60	80	45	20

Об'єктом керування (ОК) є змішувач маси високої концентрації (МВК) з обіговою водою (ОВ) з метою одержання розбавленої маси – маси низької концентрації (МНК).

Даний ОК представляється диференціальним рівнянням 1-го порядку:

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}u(t-\tau) + k_{12}f(t), \quad (1.1)$$

де T_{11} – стала часу змішувача, с; k_{11} – коефіцієнт підсилення каналу керування 11; k_{12} – коефіцієнт підсилення каналу збурення 12; τ – запізнювання у каналі керування 11; $y(t)$ – вихідна змінна ОК (концентрація маси низької концентрації); $u(t)$ – керувальне діяння (витрата обігової води); $f(t)$ – збурювальне діяння (концентрація маси високої концентрації).

До системи автоматичного керування концентрацією волокнинної суспензії пред'являються такі вимоги:

T_3 – стала часу замкнутої системи, с ($T_3 > T_{11}$);

T – період дискретності системи ($T = 20$ с).

2. Склад, обсяг і структура РГР

До РГР висуваються такі загальні вимоги: чіткість і логічна послідовність викладення матеріалу, стислість та точність формулювань, які виключають неоднозначність тлумачень, обґрунтованість висновків.

РГР студента повинен складати 20–25 сторінок формату А4. РГР може супроводжуватися презентацією (4–6 слайдів).

РГР має містити такі структурні елементи: титульний аркуш, зміст, вступ, основна частина, висновки, перелік посилань, додатки.

3. Вказівки до виконання розділів пояснювальної записки

3.1. Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після титульного аркуша. До змісту включають: вступ, послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів та підпунктів (якщо вони мають заголовки) РГР, висновки, перелік посилань, назви додатків і номери сторінок, котрі містять початок матеріалу.

Зміст складають, якщо РГР містить не менш, ніж два розділи, або один розділ і додаток, коли загальна кількість сторінок не менше 10.

3.2. Вступ

У вступі стисло оцінюється стан вивчення даного питання (проблеми), відзначається практично розв'язані задачі, прогалини знань у даній області, провідних вчених у цій області, світові тенденції розв'язання поставлених завдань, мету роботи.

Вступ починається з нової сторінки пояснювальної записки. Рекомендований обсяг вступу 2 – 3 сторінки.

3.3. Основна частина

Основна частина матеріалу РГР – літературний огляд. В огляді літератури за темою РГР якнайповніше і систематизовано за облікованими джерелами (літературними даними) викладаються теорії та погляди, а також сучасний стан вивчення питання за даною тематикою.

3.4. Висновки

Висновки розміщують безпосередньо після викладення основного матеріалу, починаючи з нової сторінки. Вони містять оцінку отриманої інформації.

3.5. Перелік посилань

Перелік джерел, на які є посилання в РГР, наводять у кінці тексту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту мають бути посилання.

Бібліографічні описи у переліку посилань подають у тій послідовності, в якій вони вперше зустрічаються в тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланням в тексті (номери посилання). Бібліографічні описи посилань у переліку посилань виконують відповідно до діючих вимог.

3.6. Додатки

У додатках розміщуються матеріали, які потрібні для повноти РГР, але їх включення до основної частини РГР може змінити впорядковане та логічне уявлення про роботу або вони не можуть бути розміщені в основній частині через великий обсяг або способи відтворення.

Додатки можуть містити:

- а) додаткові ілюстрації та таблиці;
- б) додатковий перелік джерел;
- в) роздруковані слайди (презентації) – за необхідністю.

4. Вимоги до оформлення

РГР має бути виконана комп'ютерним або машинописним (змішаним) способом відповідно до чинної нормативно-технічної документації на виконання документів з використанням друкуючих і графічних пристроїв виводу ЕОМ.

Робота оформлюється на аркушах формату А4 (210x297 мм), шрифт розміром 14 пунктів через 1,5 інтервали з розрахунку не більше 40 рядків на сторінці. Розміри поля: верхнє, нижнє і лівє – 20 мм, праве – 10 мм.

Окремі слова та формули, що вписуються до надрукованого тексту, мають бути чорного кольору та мати близьку до основного тексту густоту. Власні імена наводяться мовою оригіналу (при першому згадуванні – обов'язково).

Структурні елементи: «ЗМІСТ», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» не нумерують, а їх найменування є заголовками структурних елементів.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки.

Заголовки структурних елементів і розділів необхідно розміщувати посередині рядка і друкувати прописними літерами без крапки в кінці. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів необхідно починати з абзацу (5 знаків). Відстань між заголовком та наступним або попереднім текстом має бути не менше двох рядків. Не можна розміщувати заголовок у нижній частині сторінки, якщо після нього залишається тільки один рядок тексту.

Розділи, підрозділи, пункти і підпункти нумеруються арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д. Номер

пункту складається з номера розділу, номера підрозділу (якщо він є) і порядкового номера пункту, розділених крапками тощо.

Сторінки роботи нумеруються арабськими цифрами в правому верхньому кутку зі збереженням наскрізної нумерації усього тексту. Титульний аркуш також включають до нумерації, але номер сторінки не ставлять.

Ілюстрації необхідно розмішувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації (власні та запозичені) мають бути посилання в роботі. Всі ілюстрації, які виносяться на захист, необхідно навести в основній частині РГР або в додатках.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми мають відповідати вимогам нормативно-технічної документації. Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу та називаються «Рисунок», що разом з назвою ілюстрації (у разі необхідності) розміщується під рисунком, наприклад, «Рисунок 3.2 – Структурна схема об'єкта керування».

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю слід розмішувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті. Нумерують таблиці як і рисунки. Слово «Таблиця» розміщують ліворуч над таблицею.

Формули та рівняння наводять безпосередньо після тексту, у якому вони згадуються, посередині рядка з полями зверху та знизу не менше одного рядка.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера, розділених крапкою. Номер проставляється в дужках на рівні формули в кінці рядка.

Пояснення символів та числових коефіцієнтів формул слід наводити безпосередньо під формулою, в тій самій послідовності, у якій вони подані у формулі. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки. Пояснення кожного символу необхідно починати з нового рядка.

Посилання в тексті на джерела необхідно вказувати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками.

Додатки потрібно розміщувати в порядку появи посилань на них у тексті. Кожен додаток має починатися з нової сторінки. Додатки позначають посередині рядка прописними буквами (А, Б, В, ...). Наприклад, «Додаток А». Далі, симетрично до тексту, друкується заголовок додатка. Додатки повинні мати спільну з іншою частиною роботи наскрізну нумерацію сторінок.

У разі необхідності текст додатка можна поділити на розділи, підрозділи і пункти (наприклад, Г.4.1.3 – пункт 4.1.3 додатка Г). Ілюстрації, таблиці, формули і рівняння необхідно нумерувати в межах кожного додатка (наприклад, рисунок Е.3, таблиця Б.2 – друга формула Додатка Б тощо).

Оформлення РГР має відповідати вимогам до звітів про НДР (ДСТУ 3008–95. Державний стандарт України. Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення).

5. Вказівки про порядок захисту РГР

З метою звикання студентів до виступів перед аудиторією за результатами проведеної роботи передбачається представлення основної інформації у вигляді стислої доповіді. В доповіді якнайповніше і систематизовано викладаються теорії та погляди, а також сучасний стан

вивчення питання за даною тематикою. Час доповіді має складати 7–10 хвилин. Доповідь може супроводжуватися презентацією (4–6 слайдів).

Після основної доповіді студент повинен відповісти на запитання аудиторії, опонента (студента, який назначається викладачем перед презентацією) та викладача.

Після проходження всіх складових захисту робота вважається виконаною.

На підставі розробленої РГР, зробленої доповіді, відповіді на поставлені запитання студенту виставляються бали за виконання індивідуального завдання.

6. Критерії оцінювання виконання індивідуального завдання студентів

Бал	Повнота виконання
8	Повне виконання (текстова частина, доповідь, відповіді на запитання)
6...1	У РГР не наведено, або не надано відповіді на другорядні чи залежні від основних параметри (матеріали)
4...5	У РГР не наведено 1-2 основних параметри чи матеріали, не пояснені зв'язки між параметрами, чинниками, явищами. Відповіді на питання не повні
2...3	У РГР не наведено половину основних і кілька другорядних параметрів чи матеріалів Доповідь неповна, перевищений час доповіді
1	РГР поверхневий без наведення параметрів, умов, матеріалів, не зроблено висновків
0	РГР не зараховано

7. Список рекомендованої літератури

Основна література

1. Кваско М. З. Проектування і розрахунок дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехнік», 2000. – 248 с. Бібліогр.: С.240 – 243. -200 пр. – ISBN 966–622–001–6.

2. Кваско М. З. Проектування і дослідження дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехнік», 2003. – 360 с. С.60 – 61; С.130; С.192; С.237; С.263; С.307 – 309; С.339 – 340. –200 пр. -ISBN 966–622–116–0.

3. Кваско М. З. Математичне моделювання та ідентифікація одно- і багатовимірних систем [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач. – К.: НТУУ «КПІ», 2006 – 308с. Бібліогр.: С.277 – 278. -200 пр. -ISBN 966-622-211-6.

Додаткова література

4. Пиргач Н. С. Автоматическое регулирование и регуляторы в целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности [Текст]: учебник для техн. / Н. С. Пиргач, В. С. Пиргач – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 296 с. – Библиогр.: С.286. – 5000 экз.

5. Пиргач Н. С. Автоматическое регулирование и регуляторы в целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности [Текст]: учебник для техн. – 2-е изд., испр.и доп. / Н. С.

Пиргач, В. С. Пиргач – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 264 с. – Библиогр.: С.245 – 246. – 2300 экз.

6. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Э. В. Цешковский, Н. С. Пиргач, Г. Д. Ерашкин и др. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 368 с. Библиогр.: С.33; С.73; С.118; С.197 – 198; С.303 – 305; С.358. -2800 экз. ISBN 7120-0166-7.

Додаток А

**Приклад виконання розрахунково-графічної роботи на тему:
«Проектування і дослідження системи автоматичного регулювання і
керування концентрацією волокниної суспензії»**

(Варіант 00)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Інженерно-хімічний факультет
Кафедра автоматизації хімічних виробництв

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Автоматизація виробничих процесів–2»

Автоматизовані системи управління технологічними процесами

тема «Проектування і дослідження системи автоматичного регулювання і
керування концентрацією волокниної суспензії»

(Варіант 00)

Студента (ки) _____ курсу _____ групи
спеціальності 7.05050303 „Обладнання лісового
комплексу”

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н. Піргач М. С.

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка: ECTS _____

Київ – 2014

Зміст

Вступ	20
1. Індивідуальне завдання до виконання РГР	23
2. Теоретичні відомості	24
2.1. Принципові схеми системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії	24
2.2. Математична модель змішувача як об'єкта керування концентрацією волокнинної суспензії	27
3. Розрахунок і дослідження дискретної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії	33
3.1. Розробка структурної схеми автоматичної системи	33
3.2. Виведення передавальної функції дискретного регулятора концентрації маси	34
3.3. Розрахунок графіку перехідного процесу зміни концентрації маси у змішувачі при дії керувального діяння	35
3.4. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні задавального діяння	38
3.5. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні збурювального діяння	40
3.6. Дослідження процесу зміни концентрації волокнинної суспензії у разі вимкнення регулятора концентрації маси	43
3.7. Розробка програмувальної функції регулятора концентрації маси	45
Висновки	48
Перелік посилань	49

Вступ

Папір і картон так міцно увійшли в наше повсякденне життя, що важко уявити існування сучасного цивілізованого суспільства без цієї простої продукції.

Останні досягнення науки і техніки, особливо хімії та машинобудування, значно розширили асортимент паперу і картону та галузі їх застосування. Папір і картон – це не тільки книги, газети, журнали, зошити, предмети санітарно-гігієнічного і побутового призначення, але й науково технічний прогрес у найширшому розумінні цього слова. Папір і картон зараз застосовуються в таких галузях, як електроенергетика, радіоелектроніка, машинобудування, приладобудування, обчислювальна техніка, космонавтика та ін.

Важливе місце в економіці сучасного виробництва займає асортимент паперу і картону, які виробляються для пакування різних продовольчих товарів, а також для виготовлення предметів культурно-побутового призначення. Тому розвиток світової целюлозно-паперової промисловості відбувається відносно швидкими темпами. Практично за кожні 12-15 років її продукція подвоюється. Середньо світове споживання паперу і картону на душу населення за рік зараз становить більше 52 кг, в Європі – 250 кг, у США – 365 кг, а в Україні лише 38 кг. При цьому потужність вітчизняних підприємств целюлозно-паперової промисловості становить майже 1,0 млн. тон паперу і картону на рік, що дозволяє виробляти більше 30 кг картонно-паперової продукції на душу населення.

Одна з головних причин такого стану галузі полягає у відсутності власної сировинної бази волокнинних матеріалів для виробництва паперу і картону та власного машинобудування папероробних машин. Для розширення сировинної бази поряд з будівництвом нових заводів з

виробництва волокнинних напівфабрикатів потрібно використовувати матеріали із місцевої рослинної сировини та відходів сільського господарства.

Виробництво паперу і картону є досить складним, багатоопераційним процесом, який потребує великої кількості різних видів дефіцитних волокнинних напівфабрикатів, природної сировини і хімічних речовин. Воно пов'язано з великими витратами теплової і електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів, супроводжується утворенням виробничих відходів і стічних вод, що шкідливо діють на навколишнє середовище.

В теперішніх умовах підвищення ефективності целюлозно-паперової галузі України проводиться через розширення і модернізацію діючих підприємств з використанням сучасного імпортного обладнання та автоматизованих систем керування технологічними процесами нового покоління. Вказане обладнання забезпечене відповідними виконавчими механізмами, програмами функціонування та мікропроцесорною системою керування, що передбачає роботу як в автономному режимі, так і в складі автоматизованих систем керування.

Мета роботи полягає у вивченні основної системи автоматичного регулювання і керування концентрації волокнинної суспензії, яка використовується в целюлозно-паперовій промисловості.

Паперова, деревна і целюлозна маса являє собою водяну суспензію волокнинних матеріалів. Основною її характеристикою є концентрація, тобто вміст у ній абс. сух. волокна в масових відсотках. Можна виділити наступні діапазони концентрацій (%): розмелювання згущеної суспензії у виробництві деревної маси із тріски на сучасних розмелювальних установках – 15-30; процеси дозування і складання композиції – 2-3,5; процеси сортування й подачі маси на плососіткові й круглосіткові

машини; освітлення обігових вод – 0,04-1,5; очищення обігових вод – 0,003-0,15.

Таким чином, у різних технологічних процесах потрібно контролювати концентрації від 0,003 до 30%.

Як відомо, безпосереднє вимірювання концентрації, тобто вміст абс. сух. волокна в одиниці об'єму, можливе тільки в лабораторних умовах. Вимірювання концентрації проб маси в лабораторних умовах виконується шляхом їх фільтрації, сушіння і зважування. Для неперервного вимірювання концентрації застосовують датчики, принцип дії яких ґрунтується на непрямих методах вимірювання. Усі ці методи мають суттєві обмеження стосовно меж вимірювання концентрації волокниної суспензії.

1. Індивідуальне завдання до виконання розрахунково-графічної роботи
(Варіант 00)

1.1. Розробити принципові схеми системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії на базі аналогових і цифрових засобів автоматизації.

1.2. Розробити математичну модель змішувача маси високої концентрації з обіговою водою як об'єкта керування концентрацією волокнинної суспензії.

1.3. Технічна характеристика змішувача:

– стала часу змішувача $T_{11} = 20\text{с}$;

– коефіцієнт підсилення каналу керування $k_{11} = 0,63 \text{ \%}/(\text{м}^3/\text{с})$;

– коефіцієнт підсилення каналу збурення $k_{12} = 0,63 \text{ \%}/(\text{м}^3/\text{с})$;

– запізнювання у каналі керування $11 \tau = 80\text{с}$;

1.4. Вимоги до дискретної системи автоматичного керування:

– стала часу замкнутої системи $T_3 = 25\text{с}$;

– період дискретності системи $T = 20\text{с}$.

1.5. Розробити програмувальну функцію регулятора концентрації маси, і визначити коефіцієнт цієї програмувальної функції згідно з технічними характеристиками змішувача та вимогами до системи керування.

1.6. Побудувати графіки перехідних процесів в системі автоматичного керування концентрацією волокнинної суспензії.

2. Теоретичні відомості

2.1. Принципові схеми системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії

В наш час керування концентрацією волокнинної суспензії (КВС) здійснюється за допомогою САР і К, яка може бути реалізована або на базі аналогових, або цифрових засобів автоматизації.

2.1.1. Реалізація системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії на базі аналогових засобів автоматизації

Принципову систему САР і К КВС, реалізованої на базі аналогових засобів автоматизації, наведено на рис.1.

Маса високої концентрації (МВК) трубопроводом 1 подається у збирач 2 МВК, а вже з нього через всмоктуючий патрубок 3 подається до насоса 4. До нього по трубопроводу 5 подається також обігова вода (ОВ). Шляхом розбавлення МВК водою одержується розбавлена маса (РМ), яка трубопроводом 6 подається на виробництво. Для вимірювання концентрації РМ використовується датчик концентрації маси QE (поз. 1А), який встановлено в обіговому трубопроводі (байпасі) 7. Сигнал від цього датчика передається на аналоговий автоматичний регулятор (ААР) QRC (поз. 1Б). Керувальне діяння ААР концентрації маси подається на виконавчий механізм (ВМ) (поз. 1В).

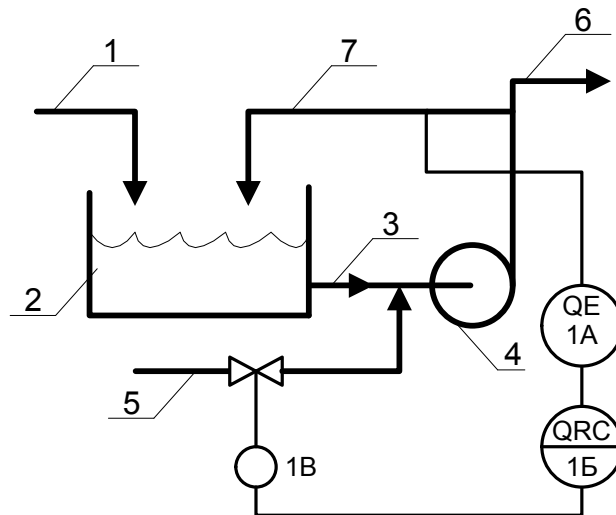


Рис. 1 – Принципова схема системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії на базі аналогових засобів автоматизації:

1 – трубопровід маси високої концентрації; 2 – збирач маси високої концентрації; 3 – всмоктуючий патрубков; 4 – змішувальний насос; 5 – трубопровід обігової води; 6 – трубопровід розбавленої маси; 7 – байпас

2.1.2. Реалізація системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії на базі цифрових засобів автоматизації

Принципову схему САР і САК КВС, реалізованої на базі цифрових засобів автоматизації, наведено на рис.2.

У цій системі сигнал від датчика концентрації розбавленої маси *QE* (поз. 1А) подається до мікроЕОМ (поз. 1Б), яка видає відповідне керувальне діяння у дискретній формі на ВМ (поз. 1В).

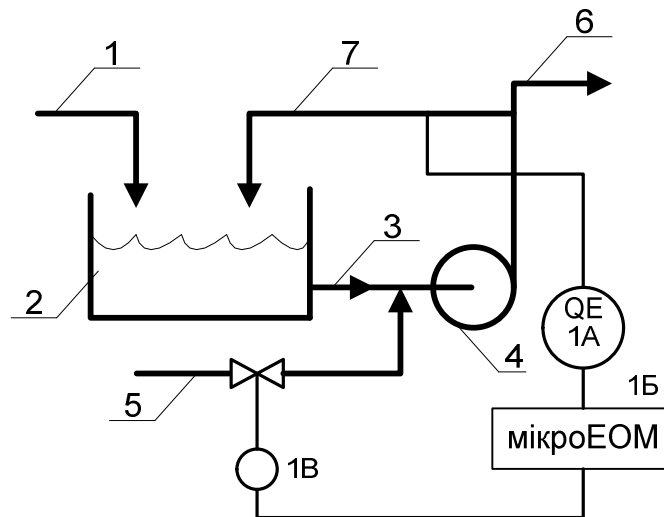


Рис. 2 – Принципова схема системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокниної суспензії на базі цифрових засобів автоматизації:

1 – трубопровід маси високої концентрації; 2 – збирач маси високої концентрації; 3 – всмоктуючий патрубок; 4 – змішувальний насос; 5 – трубопровід обігової води; 6 – трубопровід розбавленої маси; 7 – байпас

Такий варіант розглядуваної системи може бути реалізований у тому випадку, коли на мікроЕОМ покладено виконання керування іншими технологічними параметрами, скажімо, температурою, тиском, рівнем, витратою тощо. В інших випадках потрібно використовувати аналогову САР і К.

2.2. Математична модель змішувача як об'єкта керування концентрацією волокнинної суспензії

2.2.1. Представлення змішувача диференціальним рівнянням

Принципову схему змішувача МВК з ОВ як ОК концентрацією ВС зображено на рис.3.

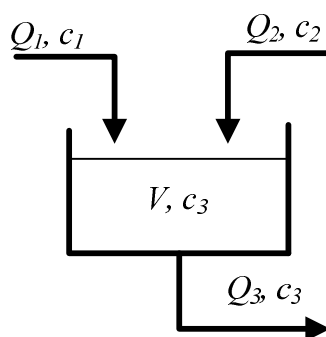


Рис. 3 – Принципова схема змішувача маси волокнинної суспензії високої концентрації і обігової води як об'єкт керування концентрацією волокнинної суспензії

Рівняння матеріального балансу розглядуваного збирача має вигляд:

$$V \frac{dc_3}{dt} + Q_3 c_3 = Q_1 c_1 + Q_2 c_2, \quad (2.1)$$

де V – об'єм змішувача МВК з ОВ;

Q_1, Q_2 і Q_3 – витрати МВК, ОВ і РМ;

c_1, c_2 і c_3 – концентрація МВК, ОВ і РМ (волокнинної суспензії).

Диференціальне рівняння (2.1) можна подати і так:

$$\frac{V}{Q_3} \cdot \frac{dc_3}{dt} + c_3 = \frac{c_2}{Q_3} Q_2 + \frac{c_1}{Q_3} Q_1$$

або

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}u(t) + k_{12}f(t), \quad (2.2)$$

де $T_{11} = \frac{V}{Q_3}$ – стала часу змішувача, с;

$k_{11} = \frac{c_2}{Q_3}$ – коефіцієнт підсилення каналу керування 11, $\frac{\%}{\text{м}^3/\text{с}}$;

$k_{12} = \frac{c_1}{Q_3}$ – коефіцієнт підсилення каналу збурення 12, $\frac{\%}{\text{м}^3/\text{с}}$;

$y = c_3$ – вихідна змінна змішувача;

$U = Q_2$ – керувальне діяння;

$f = c_1$ – збурювальне діяння.

Оскільки датчик концентрації РМ встановлюється на певній відстані від збирача, то це вносить відповідне транспортне запізнювання τ . Отже, диференціальне рівняння (2.2) слід записати так:

$$T_{11} \frac{dy}{dt} + y(t) = k_{11}[(U(t-\tau))] + k_{12}(t)f(t). \quad (2.3)$$

Як бачимо, диференціальне рівняння (2.3) відрізняється від диференціального рівняння (2.2) тим, що керувальне діяння

$$U(t-\tau) \neq U(t).$$

2.2.2. Представлення змішувача передавальними функціями

Диференціальне рівняння (2.3) згідно з перетворенням Лапласа можна подати так:

$$(T_{11}p + 1)y(p) = k_{11}U(p) \exp(-p\tau) + k_{12}f(p). \quad (2.4)$$

Тоді передавальна функція каналу керування 11

$$g_{11}(p) = \frac{y(p)}{U(p)} = \frac{k_{11} \exp(-p\tau)}{1 + T_{11}p}, \quad (2.5)$$

де p – оператор Лапласа; $y(p)$ і $U(p)$ – зображення за Лапласом вихідної змінної і керувального діяння.

Передавальна функція по каналу збурення 21

$$g_{12}(p) = \frac{y(p)}{f(p)} = \frac{k_{12}}{1 + T_{11}p}, \quad (2.6)$$

де $f(p)$ – зображення за Лапласом збурювального діяння.

Таким чином розглядуваний змішувач представляється наступними передавальними функціями

$$\begin{cases} g_{11}(p) = \frac{k_{11} \exp(-p\tau)}{1 + T_{11}p}; \\ g_{12} = \frac{k_{12}}{1 + T_{11}p}. \end{cases} \quad (2.7)$$

Представлення змішувача маси високої концентрації з обіговою водою передавальними функціями (2.7) однозначне оскільки стала часу T_{11} і коефіцієнти підсилення k_{11} і k_{12} присутні як у диференціальному рівнянні (2.3), так і в передавальних функціях (2.5) і (2.6).

2.2.3. Представлення змішувача дискретними передавальними функціями

Передавальну функцію (2.5) можна записати у дискретній формі [2]:

$$g_{11}(z) = \frac{y(z)}{U(z)} = \frac{k_{11}(1-a_p)}{1-a_p z^{-1}} z^{-(k+1)}, \quad (2.8)$$

де $y(z)$ і $U(z)$ – зображення у z -формі вихідної змінної $y(t)$ і керувального діяння $U(t)$;

$$a_p = \exp\left(-\frac{T}{T_{11}}\right), \quad (2.9)$$

$$k = \frac{\tau}{T}, \quad (2.10)$$

де T – період дискретизації.

Передавальну функцію (2.6) у дискретній формі можна одержати з дискретної передавальної функції (1.8) якщо покласти $\tau = 0$, а отже, $k = 0$.

Тоді дискретна передавальна функція

$$g_{12}(z) = \frac{y(z)}{f(z)} = \frac{k_{12}}{1 - a_p z^{-1}}, \quad (2.11)$$

де $f(t)$ – зображення у z -формі збурювального діяння.

Таким чином, змішувач що розглядається, представляється наступними дискретними передавальними функціями:

$$\begin{cases} g_{11}(z) = \frac{k_{11}(1 - a_p)}{1 - a_p z^{-1}} z^{-(k+1)}; \\ g_{12}(z) = \frac{k_{12}(1 - a_p)}{1 - a_{12} z^{-1}} z^{-1}. \end{cases} \quad (2.12)$$

На підставі передавальних функцій (2.7) можна побудувати відповідну структурну схему розглядуваного змішувача МВК з ОВ (рис.4).

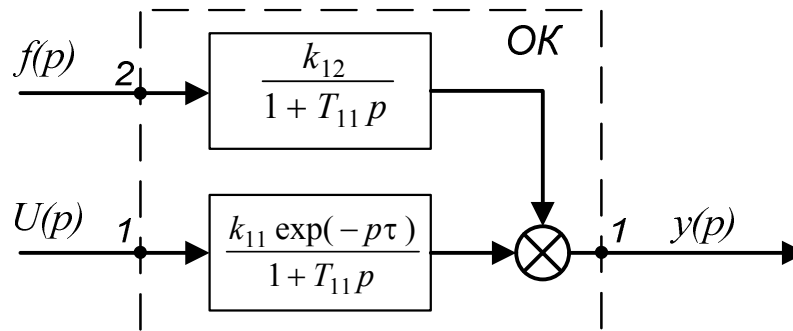


Рис. 4 – Структурна схема змішувача маси високої концентрації і обігової води (аналоговий варіант)

Аналіз структурної схеми змішувача маси високої концентрації і обігової води, наведеної на рис. 4 показує, що у разі зміни керувального

діяння $U(t)$ концентрація волокнинної суспензії $y(t)$ змінюється не миттєво, а тільки через деякий час τ , який названо транспортним запізнюванням у каналі керування 11.

У разі зміни збурювального діяння $f(t)$ концентрація волокнинної суспензії $y(t)$ змінюється у відповідності зі зміною цього збурювального діяння, оскільки в каналі збурення 21 немає транспортного запізнювання.

На підставі системи дискретних передавальних функцій (2.12) побудовано структурну схему змішувача МВК з ОБ у дискретному варіанті (рис.5).

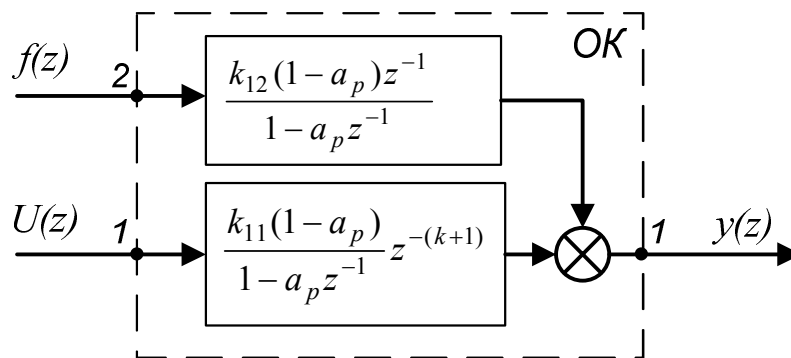


Рис. 5 – Структурна схема змішувача маси високої концентрації і обігової води (дискретний варіант)

Аналіз наведеної структурної схеми свідчить, що у разі, скажімо, збільшення концентрації маси високої концентрації ($f = c_1$) збільшується і концентрація розбавленої маси ($y(t) = c_3$). Якщо збільшується витрата обігової води Q_2 , то при сталій концентрації обігової води c_2 змінюється і концентрація розбавленої маси c_3 .

3. Розрахунок і дослідження дискретної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії

3.1. Розробка структурної схеми автоматичної системи

Для розроблення структурної схеми ДСАР і К КВС потрібно скористатися системою дискретних передавальних функцій (2.12). Тоді структурна схема цієї системи буде мати вигляд , зображений на рис.6.

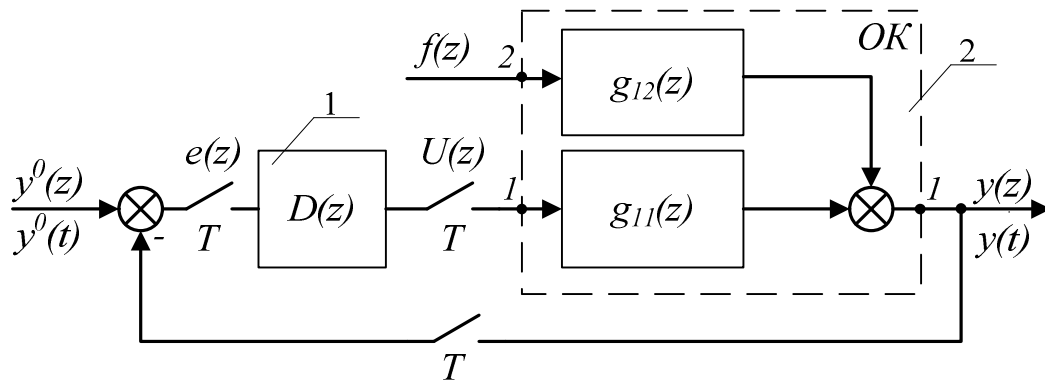


Рис. 6 – Структурна схема дискретної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії:

1 – дискретний регулятор, 2 – змішувач

Вихідна змінна системи $y(t)$ змінюється від дії на ОК збурювального діяння $f(t)$. З метою ліквідації дії цього збурювального діяння вихідна змінна системи порівнюється із її заданим значенням $y_0(t)$, і одержаний сигнал розузгодження $e(t)$ подається на дискретний регулятор 1, який своїм керувальним діянням $u(t)$ впливає на змішувач 2.

3.2. Виведення передавальної функції дискретного регулятора концентрації маси

Виходячи з рис. 6 (якщо $f(t) = 0$) маємо:

$$y(z) = g_{11}(z)D(z)[y_0(z) - y(z)]. \quad (3.1)$$

Отже, передавальна функція дискретного регулятора концентрації маси

$$D(z) = \frac{1}{g_{11}(z)} \cdot \frac{y(z)/y^0(z)}{1 - y(z)/y^0(z)}, \quad (3.2)$$

де $y^0(z)$ – задавальне діяння.

Відношення $y(z)/y^0(z)$ – це дискретна передавальна функція замкнутої системи, тобто

$$\Phi(z) = \frac{y(z)}{y^0(z)}. \quad (3.3)$$

Нехай дискретна передавальна функція замкнутої системи

$$\Phi(z) = \frac{1 - a_3}{1 - a_3 z^{-1}} z^{-(k+1)}, \quad (3.4)$$

де

$$a_3 = \exp\left(-\frac{T}{T_3}\right); \quad (3.5)$$

$$k = \frac{\tau}{T}. \quad (3.6)$$

Підставимо вираз (3.4) у вираз (3.2). Тоді дискретна передавальна функція регулятора концентрації маси

$$D(z) = \frac{1}{g_{11}(z)} \cdot \frac{1 - a_3}{1 - a_3 z^{-1} - (1 - a_3) z^{-(k+1)}} z^{-(k+1)}. \quad (3.7)$$

3.3. Розрахунок графіку перехідного процесу зміни концентрації маси у змішувачі при дії керувального діяння

Згідно з індивідуальним завданням (Варіант 00) $\tau = 80\text{с}$, $T_{11} = 20\text{с}$, $k_{11} = 0,63$, $T = 20\text{с}$. Отже

$$k = \frac{\tau}{T} = \frac{80}{20} = 4;$$

$$a_p = \exp\left(-\frac{T}{T_{11}}\right) = \exp\left(-\frac{20}{20}\right) = 0,368;$$

$$1 - a_p = 1 - 0,368 = 0,632;$$

$$k_{11} \cdot (1 - a_p) = 0,63 \cdot 0,632 = 0,398.$$

Дискретна передавальна функція змішувача по каналу керування 11

$$g_{11}(z) = \frac{k_{11}(1 - a_p)}{1 - a_p z^{-1}} z^{-(k+1)}. \quad (3.8)$$

Підставимо у вираз (3.8) знайдені вище коефіцієнти. Тоді

$$g_{11}(z) = \frac{y(z)}{U(z)} = \frac{0.398}{1 - 0.368z^{-1}} z^{-5}. \quad (3.9)$$

У разі подачі на вхід каналу керування 11 одиничного стрибкоподібного діяння

$$U(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}}$$

зображення концентрації маси на виході змішувача

$$y(z) = g_{11}(z)U(z).$$

Враховуючи вираз (3.9) маємо:

$$y(z) = \frac{0,398z^{-5}}{1 - 1,368z^{-1} + 0,368z^{-2}}.$$

Цей вираз можна подати і так:

$$y(z) = \frac{0,398z^{-1}}{1 - 1,368z^{-1} + 0,368z^{-2}} z^{-4}. \quad (3.10)$$

Поділимо чисельник на знаменник виразу (3.10) без урахування множника z^{-4} :

$$\begin{array}{r}
 0,398 z^{-1} \\
 - \quad 0,398 z^{-1} - 0,544 z^{-2} + 0,146 z^{-3} \\
 \hline
 0,544 z^{-2} + 0,146 z^{-3} \\
 - \quad 0,544 z^{-2} - 0,744 z^{-3} + 0,200 z^{-4} \\
 \hline
 0,598 z^{-3} - 0,200 z^{-4} \\
 - \quad 0,598 z^{-3} - 0,818 z^{-4} + 0,220 z^{-5} \\
 \hline
 0,618 z^{-4} - 0,220 z^{-5} \\
 - \quad 0,618 z^{-4} - 0,845 z^{-5} + 0,227 z^{-6} \\
 \hline
 0,625 z^{-5} - 0,227 z^{-6} \\
 \dots
 \end{array}
 \quad \left| \begin{array}{l}
 1 - 1,368 z^{-1} + 0,368 z^{-2} \\
 \hline
 0,398 z^{-1} + 0,544 z^{-2} + \\
 + 0,598 z^{-3} + 0,618 z^{-4} + \\
 + 0,625 z^{-5} + \dots
 \end{array} \right.$$

Таким чином маємо наступний односторонній ряд Лорана:

$$y(z) = 0,398 z^{-1} + 0,544 z^{-2} + 0,598 z^{-3} + 0,618 z^{-4} + 0,625 z^{-5} + 0,628 z^{-6} + \dots \quad (3.11)$$

У відповідності з виразом (3.11) побудуємо перехідний процес зміни концентрації маси на виході змішувача при подачі на його вхід одиничного стрибкоподібного керувального діяння (рис. 7).

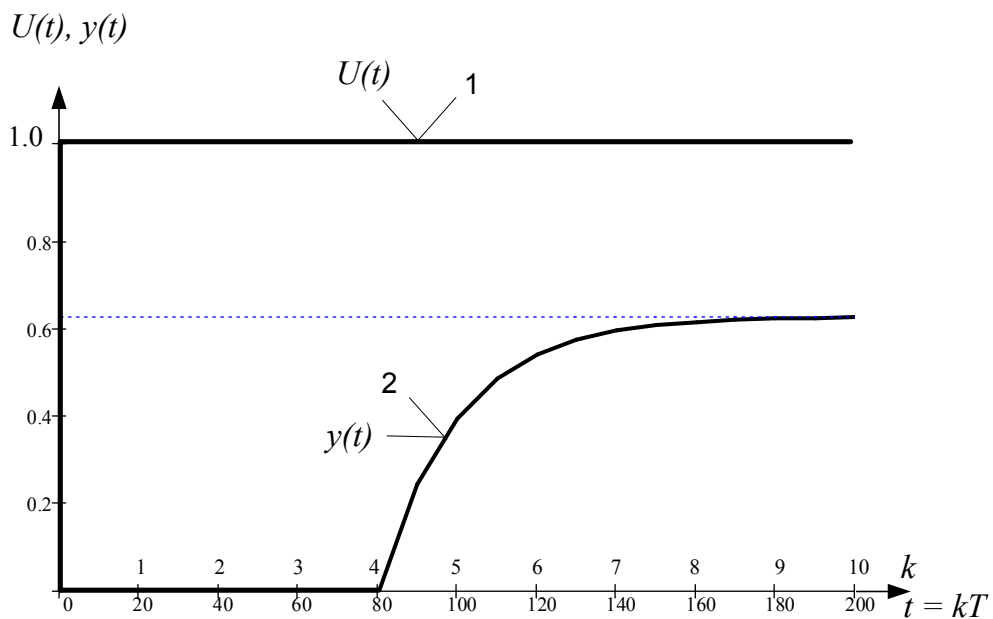


Рис. 7 – Перехідний процес зміни концентрації маси на виході змішувача (графік 2) у разі зміни подачі на його вхід одиничного стрибкоподібного керувального діяння (графік 1)

Аналіз графіку зміни вихідної змінної каналу керування 11 свідчить про те, що в цьому каналі існує транспортне запізнювання $\tau = 80\text{с}$. Саме воно ускладнить розробку автоматичної системи.

3.4. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні задавального діяння

Для розрахунку перехідного процесу зміни концентрації маси в автоматичній системі що розглядається, під час дії на неї одиничного стрибкоподібного задавального діяння, потрібно скористатися формулою [2]:

$$\Phi(z) = \frac{y(z)}{y^0(z)} = \frac{1 - a_3}{1 - a_3 z^{-1}} z^{-(k+1)}, \quad (3.12)$$

де

$$a_3 = \exp\left(-\frac{T}{T_3}\right). \quad (3.13)$$

Згідно з індивідуальним завданням (варіант 00) $T_3 = 25\text{с}$, а $T = 20\text{с}$. Тоді

$$a_3 = \exp\left(-\frac{T}{T_3}\right) = \exp\left(-\frac{20}{25}\right) = 0,551;$$
$$1 - a_3 = 1 - 0,551 = 0,449.$$

Отже, дискретна передавальна функція замкнутої системи

$$\Phi(z) = \frac{y(z)}{y^0(z)} = \frac{0,449z^{-5}}{1 - 0,551z^{-1}}. \quad (3.14)$$

Нехай зображення задавального діяння

$$y^0(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}}.$$

Тоді зображення вихідної змінної системи у z -формі

$$y(z) = \frac{0,449z^{-5}}{1 - 1,551z^{-1} + 0,551z^{-2}}.$$

Поділивши чисельник на знаменник всього виразу, маємо:

$$y(z) = 0,449 z^{-5} + 0,799 z^{-6} + 0,919 z^{-7} + \dots \quad (3.15)$$

Згідно з виразом (3.15) побудуємо графік перехідного процесу зміни концентрації маси в ДСАК концентрацією маси у разі стрибкоподібної зміни задавального діяння (рис. 8).

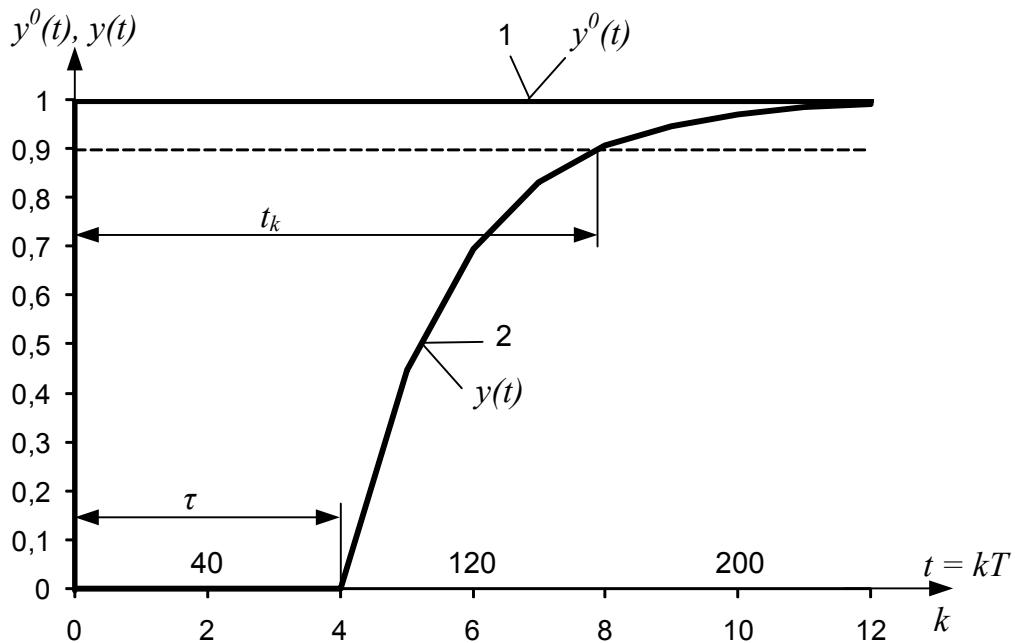


Рис. 8 – Перехідний процес зміни концентрації волокнинної суспензії у дискретній системі автоматичного керування (графік 2) у разі дії одиничного стрибкоподібного задавального діяння (графік 1)

Аналіз графіку перехідного процесу виходу вихідної змінної системи на задане значення $y^0(t) = 1$ свідчить, що наявність запізнювання у каналі керування 11 призводить до збільшення часу керування $t_k = 160$ с.

3.5. Розрахунок графіку перехідного процесу в автоматичній системі при зміні збурювального діяння

Для розрахунку перехідного процесу зміни концентрації маси у розглядуваній системі, викликаного дією одиничного стрибкоподібного збурення, прикладеного до виходу системи (див. рис. 6), визначимо передавальну функцію системи щодо збурення $f(t)$. Як відомо [2] така функція

$$\Phi_f(z) = \frac{y(z)}{f(z)} = \frac{g_{12}(z)}{1 + g_{11}(z)D(z)}. \quad (3.16)$$

Дискретна передавальна функція каналу збурення 21

$$g_{12}(z) = \frac{k_{12}(1 - a_p)}{1 - a_p z^{-1}} z^{-1}. \quad (3.17)$$

Згідно рис. 6 дискретна передавальна функція замкнутої системи

$$\Phi(z) = g_{11}(z)D(z).$$

З іншого боку, дискретна передавальна функція замкнутої системи

$$\Phi(z) = \frac{(1 - a_3)z^{-(k+1)}}{1 - a_3z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}}.$$

Отже

$$g_{11}(z)D(z) = \frac{(1 - a_3)z^{-(k+1)}}{1 - a_3z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}} \quad (3.18)$$

Підставивши вирази (3.17) і (3.18) у вираз (3.16), одержимо дискретну передавальну функцію системи щодо збурення:

$$\Phi_f(z) = \frac{\frac{k_{12}(1 - a_p)}{1 - a_pz^{-1}}z^{-1}}{1 + \frac{(1 - a_3)z^{-(k+1)}}{1 - a_3z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}}}.$$

Оскільки згідно з індивідуальним завданням (варіант 00) $k_{12}=0,63$; $T_{11} = 20\text{с}$; $\tau = 0$, а $T = 20\text{с}$, то

$$a_p = \exp(-T/T_{11}) = \exp(-20/20) = 0,368;$$

$$(1 - a_p) = 1 - 0,368 = 0,632;$$

$$k_{12}(1 - a_p) = 0,63 \cdot 0,632 = 0,398;$$

$$a_3 = \exp(-T/T_3) = \exp(-20/25) = 0,449;$$

$$(1 - a_3) = 1 - 0,449 = 0,551.$$

При подачі в систему одиничного стрибкоподібного збурювального діяння

$$f(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}}$$

зображення вихідної змінної системи

$$y(z) = \Phi_f(z)f(z). \quad (3.19)$$

Поділивши чисельник на знаменник виразу (3.19), одержимо наступний односторонній ряд Лорана:

$$y(z) = 0,398 z^{-1} + 0,545 z^{-2} + 0,347 z^{-3} + 0,161 z^{-4} + \\ + 0,063 z^{-5} + 0,022 z^{-6} + 0,007 z^{-7} + \dots \quad (3.20)$$

У відповідності з виразом (3.20) побудовано графік перехідної функції замкнутої системи регулювання (графік 2) у разі дії на систему одиничної стрибкоподібної зміни збурювального діяння (графік 1) (рис. 9).

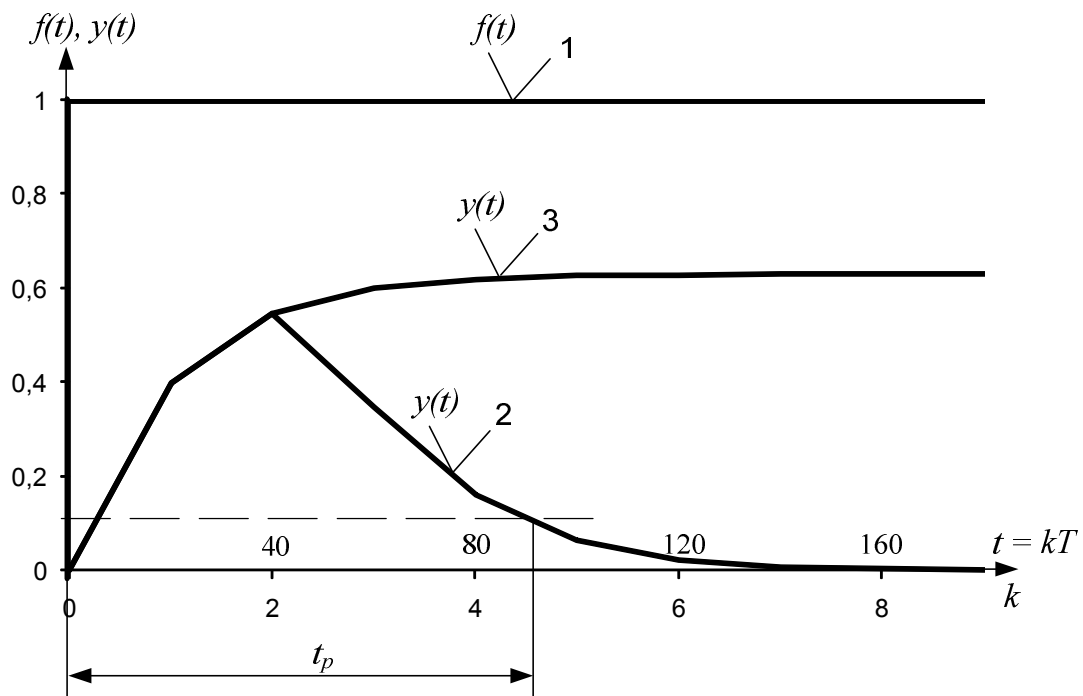


Рис. 9 – Перехідний процес зміни концентрації волокнинної суспензії у дискретній системі автоматичного регулювання (графік 2) у разі дії одиничної стрибкоподібної зміни збурювального діяння (графік 1) і вимкнення автоматичного регулятора (графік 3)

Аналіз графіку перехідної функції замкнутої системи свідчить, що після подачі в систему одиничного стрибкоподібного збурювального діяння вихідна змінна системи починає зростати до $t = 40\text{с}$, після чого вона починає повертатися до заданого її значення і через час регулювання $t_p = 90\text{с}$ входить в допустиму зону регулювання, скажімо 0,1 (10%).

3.6. Дослідження процесу зміни концентрації волокнинної суспензії у разі вимкнення регулятора концентрації маси

Якщо регулятор концентрації маси відсутній або він вимкнтий, то при дії на систему одиничного збурювального діяння зображення вихідної змінної системи

$$y(z) = g_{12}(z)f(z).$$

Оскільки згідно з виразом (3.17) дискретна передавальна функція каналу збурення 21

$$g_{12}(z) = \frac{0,398z^{-1}}{1 - 0,368z^{-1}},$$

а збурювальне діяння

$$f(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}},$$

то зображення вихідної змінної системи

$$y(z) = \frac{0,398z^{-1}}{1 - 1,368z^{-1} + 0,368z^{-2}} \quad (3.21)$$

Поділивши чисельник на знаменник виразу (3.21) одержимо наступний односторонній ряд Лорана:

–	$0,398 z^{-1}$	$1 - 1,368 z^{-1} + 0,368 z^{-2}$
	$0,398 z^{-1} - 0,544 z^{-2} + 0,146 z^{-3}$	$0,398 z^{-1} + 0,544 z^{-2} +$
–	$0,544 z^{-2} + 0,146 z^{-3}$	$+ 0,598 z^{-3} + 0,618 z^{-4} +$
	$0,544 z^{-2} - 0,744 z^{-3} + 0,200 z^{-4}$	$+ 0,625 z^{-5} + \dots$
–	$0,598 z^{-3} - 0,200 z^{-4}$	
	$0,598 z^{-3} - 0,818 z^{-4} + 0,220 z^{-5}$	
–	$0,618 z^{-4} - 0,220 z^{-5}$	
	$0,618 z^{-4} - 0,845 z^{-5} + 0,227 z^{-6}$	
–	$0,625 z^{-5} - 0,227 z^{-6}$	
	

Таким чином:

$$y(z) = 0,398 z^{-1} + 0,544 z^{-2} + 0,598 z^{-3} + 0,618 z^{-4} + 0,625 z^{-5} + 0,628 z^{-6} + \dots \quad (3.22)$$

У відповідності з виразом (3.22) побудуємо графік перехідної функції розімкнутої системи (графік 3) у разі дії одиничного стрибкоподібного збурювального діяння (рис. 9).

Аналіз графіку перехідної функції цього об'єкта керування свідчить, що у разі відключення регулятора і дії на об'єкт керування відповідного збурення, вихідна змінна системи не повертається до свого заданого значення.

3.7. Розробка програмувальної функції регулятора концентрації маси

Після того, як визначено передавальну функцію дискретного регулятора концентрації маси (ДРКМ) і досліджено динамічні властивості ДСАР і К КВС необхідно розробити програмувальну функцію ДРКМ, яка буде реалізована на мікроЕОМ.

Дискретну передавальну функцію (3.7) з урахуванням дискретної передавальної функції (2.8) можна подати так:

$$D(z) = \frac{(1 - a_3)(1 - a_p z^{-1})}{k_{11}(1 - a_p)[1 - a_3 z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}]}$$

або

$$D(z) = \frac{U(z)}{e(z)} = \frac{\frac{1 - a_3}{k_{11}(1 - a_p)} - a_p \frac{1 - a_3}{k_{11}(1 - a_p)} \cdot z^{-1}}{1 - a_3 z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}}. \quad (3.23)$$

Нехай

$$a_0 = \frac{1 - a_3}{k_0(1 - a_p)};$$

$$a_1 = a_p a_0;$$

$$b_1 = a_3;$$

$$b_2 = (1 - a_3).$$

Тоді дискретна передавальна функція (3.23) матиме такий вигляд:

$$D(z) = \frac{u(z)}{e(z)} = \frac{a_0 - a_1 z^{-1}}{1 - b_1 z^{-1} - b_{k+1} z^{-(k+1)}}.$$

Отже, закон керування ДРКМ у z -формі можна подати так:

$$u(z) = a_0 e(z) + a_1 e(z)z^{-1} + b_1 u(z)z^{-1} + b_{k+1} u(z)z^{-(k+1)}.$$

Таким чином програмувальна функція ДРКМ має такий вигляд:

$$u[iT] = a_0 e[iT] + a_1 e[(i-1)T] + b_1 u[(i-1)T] + b_{k+1} u[(i-k-1)T]. \quad (3.24)$$

Згідно з індивідуальним завданням на розрахунок і дослідження САР і К концентрації волокниної суспензії (варіант 00):

- коефіцієнт підсилення каналу керування $k_0 = 0,63 \text{ \%}/(\text{м}^3/\text{с})$;
- стала часу змішувача $T_{11} = 20\text{с}$;
- запізнювання у каналі керування $\tau = 80\text{с}$;
- стала часу замкнутої системи $T_3 = 25\text{с}$;
- період дискретності системи $T = 20\text{с}$.

Отже, маємо такі розрахункові коефіцієнти:

$$k = \frac{\tau}{T} = \frac{80}{20} = 4;$$

$$a_p = \exp\left(-\frac{T}{T_{11}}\right) = \exp\left(-\frac{20}{20}\right) = 0,368;$$

$$a_3 = \exp\left(-\frac{T}{T_3}\right) = \exp\left(-\frac{20}{25}\right) = 0,551;$$

$$a_0 = \frac{1 - a_3}{k_{11}(1 - a_p)} = \frac{1 - 0,551}{0,63(1 - 0,368)} = 1,128;$$

$$a_1 = -a_p a_0 = -0,368 \cdot 1,128 = -0,415;$$

$$b_1 = a_3 = 0,551;$$

$$b_2 = (1 - a_3) = 1 - 0,551 = 0,449.$$

Таким чином, маємо таку програмувальну функцію ДРКМ:

$$u(i) = 1,128e(i) - 0,415 e(i - 1) + 0,551 u(i - 1) + 0,449 u(i - 5),$$

$$T = 20\text{с.}$$

Як бачимо, для обчислення керувального діяння $u(i)$ на кроці (i) потрібно мати його значення на кроці $(i - 1)$ і $(i - 5)$, а також значення похибки регулювання $e(i)$ на кроці (i) і $(i - 1)$.

Висновки

На підставі результатів виконаної розрахунково-графічної роботи можна зробити такі висновки:

1. Змішувач маси високої концентрації з обіговою водою як об'єкт керування концентрацією волокнинної суспензії може бути представлений неоднорідним диференціальним рівнянням із якого можна одержати дві передавальні функції – передавальну функцію по каналу керування «витрата обігової води, яка подається до змішувача – концентрація розбавленої маси на виході змішувача (канал 11)» і передавальну функцію по каналу збурення «концентрація маси високої концентрації, яка подається до змішувача – концентрація розбавленої маси на виході змішувача (канал 21)».

2. У каналі керування 11 існує значне транспортне запізнювання значення якого перевищує сталу часу змішувача в 4 – 5 разів. Саме тому для побудови ефективної системи автоматичного регулювання і керування концентрацією волокнинної суспензії потрібно обирати коефіцієнт замкнутої системи

$$a_3 = \exp\left(-\frac{T}{T_3}\right),$$

де T_3 – стала часу замкнутої системи,

T – період дискретності системи.

Період дискретності системи обирається із співвідношення

$$k = \frac{\tau}{T} = 3 \text{ або } 4,$$

де τ – запізнювання у каналі керування.

Стала часу замкнутої системи має бути більшою за сталу часу об'єкта керування, тобто $T_3 > T_{11}$.

Перелік посилань

1. Кваско М. З. Проектування і розрахунок дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, М. С. Пиргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехнік», 2000. – 248 с. Бібліогр.: С.240 – 243. –200 пр. –ISBN 966-622-001-6.
2. Кваско М. З. Проектування і дослідження дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, М. С. Пиргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехнік», 2003. – 360 с. С.60 – 61; С.130; С.192; С.237; С.263; С.307 – 309; С.339 – 340. –200 пр. –ISBN 966-622-116-0.
3. Кваско М. З. Математичне моделювання та ідентифікація одно- і багатовимірних систем [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, Л. Р. Ладієва, М. С. Пиргач. – К.: НТУУ «КПІ», 2006 – 308с. Бібліогр.: С.277 – 278. –200 пр. –ISBN 966-622-211-6.
4. Пиргач Н. С. Автоматическое регулирование и регуляторы в целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности [Текст]: учебник для техн. – 2-е изд., испр. и доп. / Н. С. Пиргач, В. С. Пиргач – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 264 с. – Библиогр.: С.245 – 246. – 2300 экз.
5. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Э. В. Цешковский, Н. С. Пиргач, Г. Д. Ерашкин и др. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 368 с. Библиогр.: С.33; С.73; С.118; С.197 – 198; С.303 – 305; С.358. –2800 экз. –ISBN 7120-0166-7.