

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему:

*«Система автоматичного керування барабанної зерносушарки»*

Здобувача групи СУм.дн-21п

Шаповал Олексія Сергійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_

(підпис)

Олексій ШАПОВАЛ

Керівник доцент, к. т. н., Олександр ЖУРАВЛЬОВ  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри КСУ  
\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу магістра здобувачу вищої освіти:  
Шаповал Олексія Сергійовича

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** “ Система автоматичного керування барабанної зерносушарки ”.

затверджена наказом ректора СумДУ № 1227-VI від “ 06 ” \_\_\_\_ 11 2023 р.

**2. Термін здачі студентом закінченої роботи:** 15 грудня 2023 р

**3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:** Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики.

**4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):**

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ В БАРАБАННІЙ ЗЕРНОСУШАРЦІ;

2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ;

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ  
БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ;

4. РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ;  
РЕГУЛЮВАННЯ;

5. ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРА;

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ;

7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

**5. Перелік графічних матеріалів:**

1. Функціональна схема автоматизації процесу сушіння в барабанній сушарці

2. Функціональна схема контролера ПЛК110[M02]

3. Структура системи управління сушаркою

4. Блок-схема алгоритму управління процесом сушіння

5. Універсальний мікропроцесорний контролер ПЛК110[M02]

6. Експериментальна частина

7. (Плакат) Калькуляція собівартості продукту

## 6. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер етапу	Зміст етапу виконаної роботи	Терміни виконання
1	Аналіз завданням кафедри.	17.10.23–20.10.23
2	Аналіз процесу сушіння в барабанній зерносушарці, Розробка функціональної схеми автоматизації.	20.10.23–29.10.23
3	Розробка структурної схеми керування роботою барабанної зерносушарки, Розрахунок і моделювання системи автоматичного регулювання.	29.10.23-04.11.23
4	Програма керування для контролера	04.11.23-14.11.23
5	Оформлення охорони праці та безпеки життєдіяльності	14.11.23–17.11.23
6	Оформлення економічної частини	17.11.23–19.11.23
7	Розробка графічної конструкторської документації проекту	19.11.23-22.11.23
8	Оформлення ПЗ, графічній конструкторській документації	22.11.23-27.11.23
9	Представлення кваліфікаційної роботи магістра керівнику і одержання відгуку	27.11.23-28.11.23
10	Здача кваліфікаційної роботи магістра для рецензування	28.11.23-01.12.23

7. Дата видачі завдання

" 07 " листопада 2023 р

Керівник проекту

доцент, к.т.н.

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

До виконання прийняв

здобувач гр. СУ.мдн-21п

Олексій ШАПОВАЛ

## АНОТАЦІЯ

Шаповал Олексій Сергійович. Система автоматичного керування барабанної зерносушарки. – Комп'ютерний набір тексту. – Кваліфікаційна робота магістра. – Сумський державний університет, Суми, 2023.– 69 сторінок пояснювальної записки, до складу якої входять 17 рисунків, 9 таблиць, 12 джерел інформації, графічно конструкторська документація складається з презентації.

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання по системі автоматичного керування барабанної зерносушарки.

Дана АСК процесом сушіння - це комплексна автоматизована система, яка побудована з використанням сучасних системи автоматизованого проектування та засобів автоматизації ПЛК110[M02] і ПК, що в цілому виконують функції вимірювання, контролю, автоматичного керування та регулювання, візуалізації процесу періодичної дії.

Спроектвана АСК забезпечує оптимальний режим роботи технологічного процесу. Для даної АСК обраний комплекс ТЗА. Розроблена програма керування для ПЛК110[M02] мовою FBD блоків.

Ключові слова: мікропроцесор, зерно, сушка.

## ABSTRACT

Shapoval Oleksiy Serhiyovych. Automatic control system of drum grain dryer. – Computer typing. – Master's qualification work on. – Sumy State University, Sumy, 2023.– 69 pages of explanatory note, which includes 17 figures, 9 tables, 12 sources of information, graphic design documentation consists of a presentation.

In this qualification work, the issue of the automatic control system of the drum grain dryer is considered.

This ASK drying process is a complex automated system, which is built using modern automated design systems and PLC110[M02] and PC automation tools, which generally perform the functions of measurement, control, automatic control and regulation, visualization of the periodic action process.

The designed ACS ensures the optimal mode of operation of the technological process. The TZA complex was selected for this ASK. A control program for PLC110 [M02] in the language of FBD blocks has been developed.

Key words: microprocessor, grain, drying.

# Зміст

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ В БАРАБАННІЙ ЗЕРНОСУШАРЦІ.....	10
1.1. Опис технологічного процесу.....	10
1.2. Опис основних параметрів барабанної зерносушарки.....	11
1.3. Вимоги до системи автоматизації процесу сушіння в барабанній зерносушарці.....	11
2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	12
2.1. Обґрунтування і вибір параметрів контролю, реєстрації, керування, регулювання, захисту, блокування та сигналізації в барабанній зерносушарці.....	12
2.2. Проектування функціональної схеми та її опис.....	13
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ.....	17
3.1. Вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації.....	17
3.2. Специфікація на технічні засоби автоматизації.....	28
3.3. Розробка структурної схеми системи керування .....	29
4. РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ .....	30
4.1 Синтез САР і аналіз її функціонування.....	30
4.2. Розрахунок налаштувань методом РАФХ.....	32
4.3 Розрахунок налаштувань методом МАЧХ.....	36
4.4 Порівняння отриманих результатів.....	38
5. ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЕРА .....	55
5.1. Розробка алгоритмів керування .....	55
5.2. Створення програм керування для контролера .....	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ .....	57
6.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливих факторів розробляючого об'єкту ..	57

7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	61
7.1. Розрахунок повної собівартості системи автоматичного керування барабанної зерносушарки.....	61
7.2. Розрахунок ціни системи автоматичного керування барабанної зерносушарки.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОИХ ДЖЕРЕЛ .....	68

## ВСТУП

Найважливішим напрямком науково-технічного прогресу є широке освоєння провідних технологій, автоматизація виробництва.

Сучасна автоматика – це галузь науки, яка охоплює велике коло проблем. З розвитком обчислювальних машин і пристроїв автоматика різко розширилася і стало можливим її застосування у будь-якому виробництві.

На сучасному етапі практично жоден складний виробничий технологічний процес не може обійтись без повної чи часткової автоматизації. Це пов'язано із складністю процесів, які протікають, швидкозмінністю і динамічністю режимів, необхідністю точного та своєчасного керування технологічним процесом. Тому автоматизація таких технологічних процесів є необхідною умовою для успішного проведення технологічного процесу.

Повна чи часткова автоматизація виробничих процесів передбачає контроль, регулювання, та сигналізацію технологічних параметрів за допомогою відповідних автоматичних пристроїв. Сукупність технологічного процесу та автоматичних засобів її реалізації називається автоматизованою системою керування (АСУ).

Система АСУ взаємодіє із зовнішнім середовищем і кількісно її можна оцінити за допомогою входів та виходів. Входами можуть бути: витрати матеріальних і енергетичних потоків, які надходять в апарат (або виходять з нього). Виходами, як правило, є температура, тиск, рівень чи концентрація продуктів. Контроль і регулювання саме цих параметрів і має забезпечувати автоматична система керування технологічним процесом.

Автоматизація технологічних процесів на сучасному етапі пропонує широке впровадження обчислювальної техніки в системи управління, які повинні вирішувати задачі основного технологічного обладнання, допоміжних операцій, контролю, аналізу і управління технологічними процесами на основі математичних методів і застосування ЕОМ, автоматизації проектування автоматизованих процесів.



Мета даної роботи – одержання знань і навичок проектування автоматизованих систем управління технологічними процесами при допомозі сучасної SCADA системи – Trace Mode 6 та програмного забезпечення Альфа для мікроконтролера ПЛК110[M02] і йому подібних .

В кваліфікаційній роботі передбачається ознайомлення з роботою процесу сушіння в барабанній сушарці .

# 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ В БАРАБАННІЙ ЗЕРНОСУШАРЦІ.

## 1.1. Опис технологічного процесу.

Сушка - тепловий процес обезводнення твердих матеріалів шляхом випару вологи і відведення пари, що утворилася. При цьому в речовині відбувається перенесення тепла і дифузійне переміщення вологи. Продуктивність процесу сушіння визначається інтервалом часу, необхідним для пониження вмісту вологості матеріалу від початкового значення  $M_n$  до кінцевого  $M_k$ .

У хімічній промисловості найбільш поширена конвективна сушка, яка проводиться в барабанних сушарках і сушарках з псевдорозрідженому (киплячому) шарі.

Мета управління сушіння полягає в забезпеченні висушування вологого твердого матеріалу, що поступає, до заданої вологості при певній продуктивності установки за вологим матеріалом.

Основним збуренням процесу є зміна витрати, початкової вологості і дисперсного складу часток твердого матеріалу, а також зміна витрати і початкової температури сушильного агента - теплоносія.

Основна регульована величина процесу - це залишкова вологість твердого матеріалу.

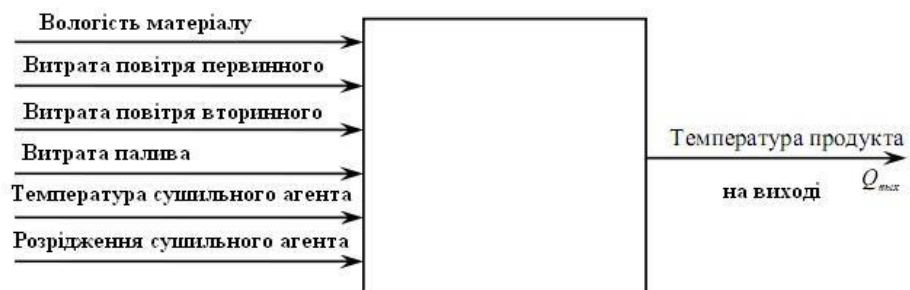


Рисунок 1.1- Структурна схема

Внаслідок відсутності надійних вимірювальних перетворювачів залишкової вологості твердого матеріалу при автоматизації процесу як регульовані величини використовують температуру або вологість сушильного агента.

## 1.2. Опис основних параметрів барабанної зерносушарки

Розглянувши технологічну схему, занесемо назви технологічних параметрів, їх номінальні значення та можливі межі відхилень від цих значень в технологічну карту, яку складемо у вигляді таблиці 1.1

Таблиця 1.1

№ п/п	Назва параметру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення
1.	Витрата вторинного повітря	м <sup>3</sup> /год	90	±3
2.	Витрата вторинного повітря	м <sup>3</sup> /год	40	±3
3.	Тиск на вході камери	кПа	100	±2
4.	Температура в змішувальній камері	°С	100	±5
5.	Вологість матеріалу на виході з сушильної камери	%	10	±1
6.	Витрата палива	м <sup>3</sup> /год	50	±3
7.	ТИСК в змішувальній камері	кПа	80	±2

## 1.3. Вимоги до системи автоматизації процесу сушіння в барабанній зерносушарці.

Основною задачею керування даного технологічного процесу є забезпечення висушування вологого твердого матеріалу до заданої залишкової вологості, лише при невеликих по величині змінах вхідних величин процесу сушіння. Процес сушіння зазвичай регулюють по вологості теплоносія на виході з барабана.

## **2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.**

### **2.1. Обґрунтування і вибір параметрів контролю, реєстрації, керування, регулювання, захисту, блокування та сигналізації в барабанній зерносушарці.**

Процес сушіння в барабанній сушарці — складний технологічний процес, для якого характерні наступні особливості: багатоманітність параметрів, їхній складний взаємозв'язок, наявність не контрольованих зовнішніх збурень. Модель такого складного об'єкту можна характеризувати сукупністю наступних параметрів:

- 1) група вхідних параметрів  $X_1$ , що поєднує контрольовані, але не регульовані технологічні параметри процесу, наприклад кількість і вид матеріалу, що висушується, ( розмір, початкова вологість);
- 2) група неконтрольованих вхідних параметрів  $X_2$ , що характеризують вплив таких факторів, як зміна навколишнього середовища, старіння і знос устаткування, неоднорідність матеріалу і нерівномірність розподілу його по об'єкті регулювання і т.д.;
- 3) група керуючих параметрів  $U$ , що характеризує регулюючі впливи, що підтримують заданий режим, сюди відносяться кількість тепла і швидкість обертання сушильного барабана;
- 4) група вихідних параметрів  $Q$ , що характеризують якість матеріалу, що висушується, наприклад задана кінцева вологість;
- 5) група вихідних параметрів  $E$ , що характеризує економічну ефективність об'єкта регулювання, а саме: найменшу тривалість процесу сушіння при збереженні якості речовини, що висушується, і ККД сушильної установки.

При автоматизації процесу сушіння треба застосувати таку систему, яка б забезпечила проведення сушіння в режимі, близькому до оптимального, тобто повинні бути отримані задані параметри  $Q$  при максимальних значеннях параметрів  $E$ . Ця задача може вирішуватися при застосуванні самонастроювальних систем, що вибирають таку комбінацію керуючих параметрів  $U$ , що забезпечують екстремальне значення параметра  $F$ .

Вибрані функціональні ознаки занесем у таблицю 2.1

Таблиця 2.1

№ з/п	Назва параметра	Обсяг автоматизації						
		Індикація	Ресстрація	Дистанційне керування	Захист	Блокування	Автоматичне регулювання	Сигналізація
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Витрата паливного газу	+	+			+		+
2	Витрата первинного повітря	+	+				+	
3	Кількість волого матеріалу	+	+			+	+	+
4	Температура в						+	+
5	змішувальній камері	+	+				+	+
6	Вологість матеріалу на виході з сушильної камери	+	+				+	+
	Розрідження в змішувальній камері	+	+				+	+

### 2.3. Проектування функціональної схеми та її опис

Функціональна схема систем автоматизації технологічного процесу є документом, що показує функціональну і блокову структуру системи автоматизації технологічного процесу, а також оснащення об'єкта керування приладами і засобами автоматизації. На функціональній схемі дано спрощене зображення агрегатів, що підлягають автоматизації, а також приладів, засобів автоматизації і керування, які зображенні умовними позначеннями за діючими стандартами, а також лінії зв'язку між ними.

Функціональна схема автоматизації технологічного процесу сушіння в барабанній сушарці складається з 5 контурів регулювання та контролю. Регулювання та контроль за технологічним процесом реалізовано на базі промислового контролера „ ПЛК110[М02]”. Сигнали з давачів подаються на модуль нормування аналогових сигналів (вбудований в контролері), після

обробки та перетворення через модуль виводу сигнали керування подаються на ВМ. Контролер крім блоків виводу та вводу сигналів має такі блоки: блок вводу алгоритму управління, блок вводу завдання.

Схема автоматизації технологічного процесу сушіння в барабанній сушарці передбачає:

5 контурів регулювання, індикації, реєстрації, сигналізації параметрів:

- автоматичної реєстрації, індикації, сигналізації витрати паливного газу;
- автоматичного регулювання, індикації, реєстрації, сигналізації дозування вологого матеріалу;
- автоматичного регулювання, індикації, реєстрації, сигналізації температури в змішувальній камері;
- автоматичного регулювання, індикації, реєстрації, сигналізації вологості матеріалу на виході із сушильної камери ;
- автоматичної регулювання, індикації, реєстрації, сигналізації та розрідження в змішувальній камері;

У барабанній сушарці вологий матеріал з бункера дозатором 2 подається в барабан 5, в який також поступає гаряче повітря, що нагрівається в топці (печі) 3 за рахунок, наприклад охолодження паливного газу. При обертанні барабана частки твердого матеріалу переміщуються уздовж його осі. У тому ж напрямі прямою по барабану проходить гаряче повітря, віддаючи тепло часткам матеріалу і випаровуючи вологу, що знаходиться в них. Висушений матеріал зсипається з барабана в бункер 6, а повітря через циклон 7 відсмоктується вентилятором 8. Тривалість сушіння в барабанних сушарках складає декілька десятків хвилин, проходження повітря обчислюється секундами.

Процес сушіння зазвичай регулюють по вологості теплоносія на виході з барабана. Регулятор вологості впливає на клапан, встановлений на лінії подачі паливного газу в топку. Для якіснішого сушіння необхідно вручну коректувати завдання регулятора вологості або температури повітря за даними лабораторного розрахунку залишкової вологості висушеного матеріалу

Для повного згорання паливного газу в топку подають первинне повітря, кількість якого підтримують постійним, за допомогою регулятора витрати. Необхідна температура повітря на вході в барабан забезпечується регулятором температури, що впливає на подачу вторинного повітря в камеру змішування.

Навантаження сушарки за вологим матеріалом стабілізують за допомогою АСР витрати, в яку входить давачі маси (в дозаторі та в сушильній камері) , автоматичний регулятор.

При зменшенні кількості висушеного матеріалу в сушильній камері відносно заданого значення регулятор виробляє сигнал на відкриття заслінки. В результаті забезпечується постійність витрати твердого матеріалу в сушильний барабан.

Навантаження об'єкту по сушильному агентові (повітря) підтримується на постійному значенні регулятором розрідження повітря в камері змішувача що впливає на клапан, встановлений на лінії відведення повітря після циклону. При постійному гідравлічному опорі барабана і відсутності підсосу повітря з атмосфери система регулювання розрідження забезпечує постійність швидкості проходження сушильного агента вздовж барабана. Оптимальне значення швидкості встановлюють з урахуванням того, що з її збільшенням, зростає швидкість сушіння твердого матеріалу і одночасно збільшуються втрати тепла з відпрацьованим повітрям.

Контролю і реєстрації підлягають витрати паливного газу і вторинного повітря, а також розрідження і вологість матеріалу в сушильній камері, та температура в змішувальній камері .

Схема автоматизації барабанної сушарки забезпечує висушування вологого твердого матеріалу до заданої залишкової вологості, лише при невеликих по величині змінах вхідних величин процесу сушіння.

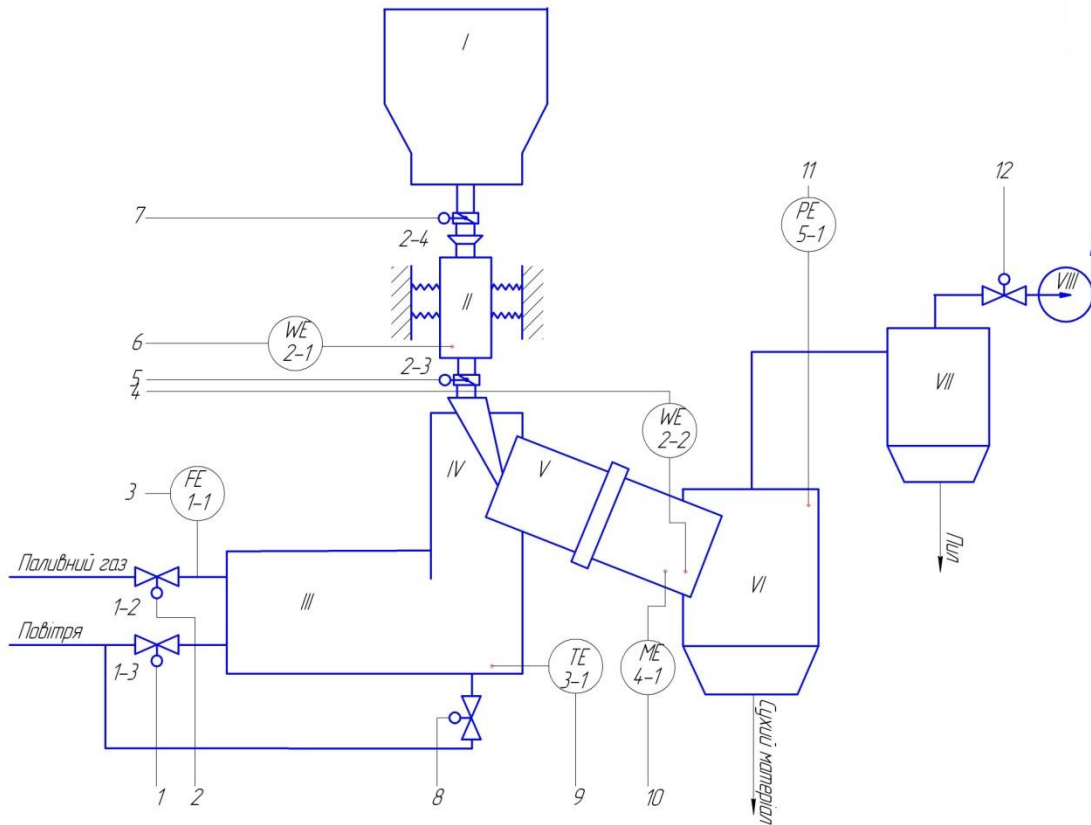


Рисунок 2.2 - Функціональна схема автоматизації процесу сушіння в барабанній сушарці

На схемі позначено:

- I. Бункер вологого матеріалу
- II. Дозатор
- III. Піч
- IV. Змішувальна камера
- V. Сушильна камера
- VI. Бункер сухого матеріалу
- VII. Циклон
- VIII. Вентилятор



### 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ.

#### 3.1. Вибір і обґрунтування технічних засобів автоматизації

Виберемо технічні засоби автоматизації на основі створеної ФСА.

Для контура керування процесом сушіння виберемо універсальний мікропроцесорний контроллер ПЛК110[М02].



Рисунок 3.1 - Універсальний мікропроцесорний контроллер ПЛК110[М02].

ПЛК110 [М02] - лінійка програмованих моноблокових контролерів з дискретними входами/виходами на борту для автоматизації середніх систем. Оптимальні для побудови систем автоматизації середнього рівня та розподілених систем керування.

#### **Переваги ПЛК110[М02]**

- Наявність вбудованих дискретних входів/виходів на борту.
- Швидкісні входи для оброблення енкодерів.
- Ведення архіву роботи обладнання або робота за сценарієм, який обговорили заздалегідь, при підмиканні до контролера USB-накопичувачів.
- Просте та зручне програмування у системі CODESYS v. 2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug.

- Передавання даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS).
- 4 послідовних портів (RS-232, RS 485):
  - збільшення кількості входів/виходів;
  - керування частотними перетворювачами;
  - підмикання панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів тощо.
- Наявність двох виконань із живлення (220 В та 24 В).

Параметр	Лінійка ПЛК110[M02]		
	ПЛК110-30[M02]	ПЛК110-32[M02]	ПЛК110-60[M02]
<b>Кількість входів</b>	18	18	36
Швидких входів	2	2	4
Швидких лічильників	2	2	4
Енкодерів	1 АВ	1 АВ	АВ АВZ 1 або 2
<b>Кількість виходів</b>	12	14	24
Швидких виходів (для ПЛК110 з транзисторними виходами)	4	4	4
<b>Кількість портів</b>			
RS-485	2	1	2
RS-232	1	1	1
RS-232-Debug	1	1	1
Ethernet 100 Base-T	1	1	1

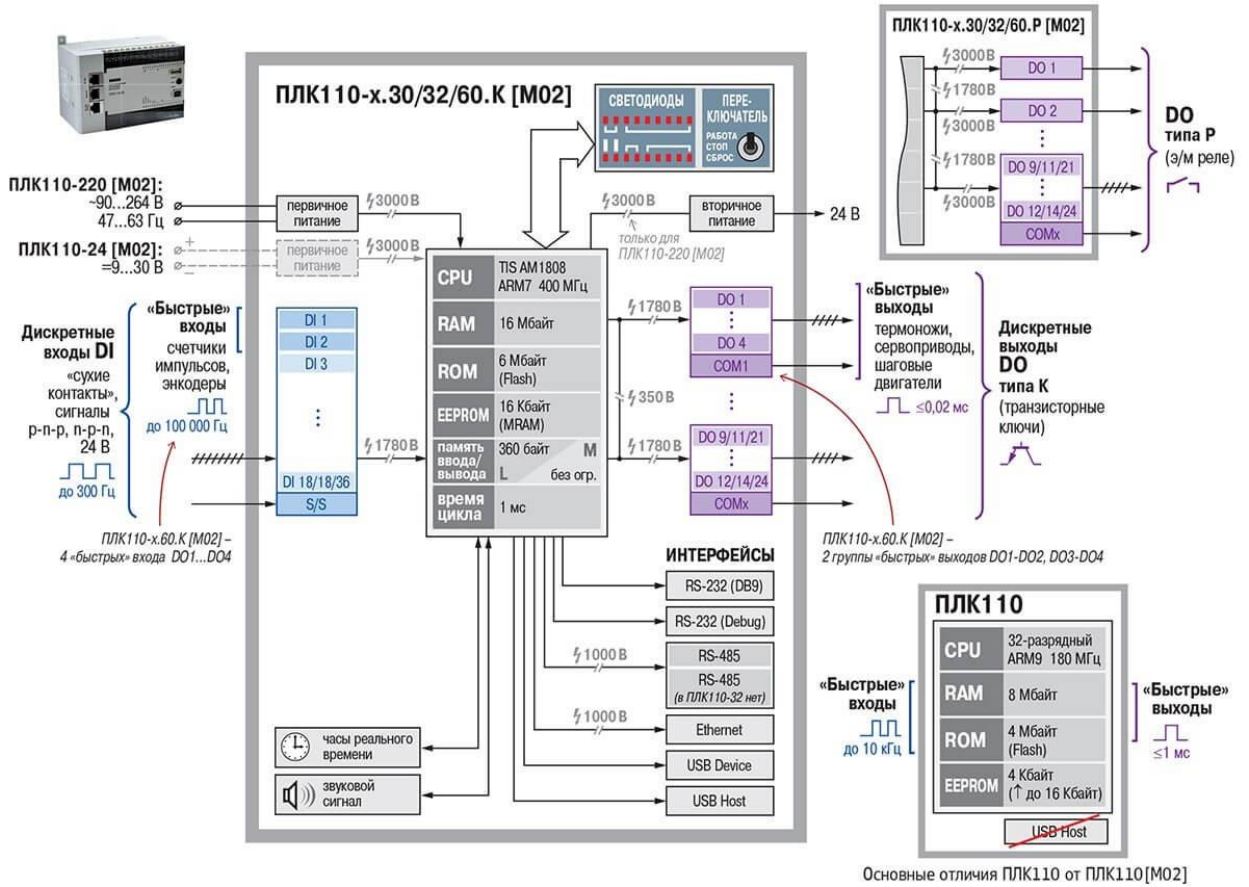


Рисунок 3.2 - Функціональна схема контроллера ПЛК110[M02]



Рисунок 3.3 - MB110-8A. Модуль вводу аналогових сигналів

Пристрій працює у мережі RS-485 за протоколами OVEN, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Тип протоколу визначається пристроєм автоматично.

Пристрій має наступні типи гальванічно ізольованих кіл:

- кола живлення пристрою;
- кола інтерфейсу RS-485;
- кола вимірювальних входів.

Пристрій не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. У якості Майстра мережі можуть використовуватися контролери ПЛК тощо.

До пристрою надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування пристрою здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, AC3-M або AC4, відповідно) за допомогою програми «**Конфігуратор M110**», що входить до комплекту.

### **Основні особливості модуля вводу аналогових сигналів MB110-8A**

- 8 універсальних каналів аналогового вводу
- Типи вхідних сигналів: термоперетворювачі опору, термопари, уніфіковані сигнали напруги та струму (потребують використання зовнішнього резистора 50 Ом), опір до 2 кОм
  - Частота вимірювань: до 0,3 с на канал
  - Термопари: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3
  - Термоперетворювачі опору: 50M, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100M, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500M, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000M, Cu1000, 1000П, Pt1000
  - Уніфіковані сигнали: 4-20 мА, 0-20 мА, 0-5 мА, +/-50мВ, 0-1 В
  - Напруга живлення: ~220 В та =24 В (універсальне джерело живлення)



### Основні особливості модуля вводу дискретних сигналів МВ110-16ДН

- 16 каналів дискретного вводу, без ізоляції – модифікація Д, групова ізоляція - модифікація ДН
- Типи вхідних сигналів: сигнали  $\approx 24$  В, транзисторні ключі р-п-р, п-р-п типу
- Частота вимірювань: до 1 кГц, мінімальна тривалість імпульсу 0.5 мс
- Лічильник імпульсів для кожного каналу
- Напруга живлення\*:  $\sim 220$  В та  $\approx 24$  В (універсальне джерело живлення)

\* Також випускаються модифікації із живленням  $\sim 220$  В або  $\approx 24$  В



Рисунок 3.5 - МУ110-16Р. Модуль дискретного виводу

### Призначення модуля дискретного виводу МУ110-16Р

Пристрій призначений для керування вбудованими дискретними ВЕ за сигналами із мережі RS-485, які використовуються для підмикання виконавчих механізмів з дискретним керуванням.

Вбудовані ВЕ можуть працювати у режимі ШІМ.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами OVEN, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування МУ110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить до комплекту.

Пристрій відповідає вимогам за стійкістю до впливу завад за ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

### **Основні особливості модуля дискретного виводу МУ110-16Р**

- 16 каналів дискретного виводу, групова розв'язка
- Типи вихідних елементів: Р – е/м реле 3 А ~250 В або =30 В
- Можливість видавання ШІМ-сигналу з будь-якого виходу
- Напруга живлення: ~220 В або =24 В (залежно від модифікації)

### **Ультразвуковий датчик витрати газу Dymetic-1222**

Сфера застосування: промислові об'єкти різних галузей промисловості і об'єкти комунально-побутового призначення. Вимірювана середа: різні гази, у тому числі попутні і природні нафтові, щільністю в стандартних умовах від 0,7 до 1,4 кг/м<sup>3</sup> і температурою від мінус 45 до + 85 °С при надлишковому тиску від 0 до 1,6 Мпа.



Зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірів під № 28126-04.

Призначення: Датчик призначений для виміру і перетворення в послідовність електричних імпульсів об'єму минулого через нього газу. Датчик може працювати в комплекті з мікрообчислювальними пристроями сімейства «DUMETIC» або у складі вимірювальних систем, що сприймають число-імпульсні сигнали у вигляді комутованого ключа (відкритий колектор) і мають джерело живлення постійного струму 24 В потужністю не менше 8Вт.

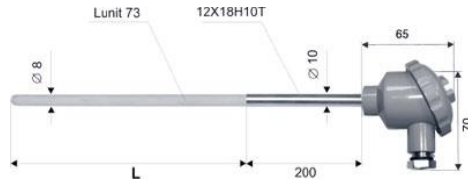
*Основні технічні характеристики:*

Робочий тиск	не більше 1,6 Мпа
Втрата тиску на максимальній витраті, не більш	Додаткових втрат не вносить
Робоча середа - газ при температурі	від -40 до + 50 °С
Температура навколишнього повітря	від - 40 до + 50 °С
Значення максимальної витрати	$Q_{\max} = 85 \cdot 10^{-3} \cdot D_{\text{вн}}^2$ м <sup>3</sup> /ч *
Значення мінімальної витрати	$Q_{\min} = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot D_{\text{вн}}^2$ м <sup>3</sup> /ч *
Межа основної відносної погрішності вимірів	± 2,0 %, ± 2,5 %
Споживана потужність, не більш	6 Вт
Живлення датчика від джерела постійного струму напругою	24 В
Вихідні сигнали датчика число імпульсні, гальвановідв'язані типа ОК:	100 В; 25 мА; 36 В; 2 В
• комутований струм, що гранично допускається, в лінії зв'язку	
комутована напруга, що гранично допускається, в лінії зв'язку	
падіння напруги, що гранично допускається, на замкнутому контакті	



## Давач температури (Термопара)

ТП 0395/4



НСХ	Діапазон вимірів, °С	Клас допуск а	К-сть робочих спаїв
ХА (К)	0...+1250	1	
НН (N)		2	
ПП (R)	0...+1600	2	1
ПШ (S)			2
ПР (В)	+600...+1700	2 3	

Показник теплової інерції, с

20

Довжина монтажної частини L, мм

250, 300, 350, 440

Умовний тиск Р, МПа

Степінь захисту від пилу и вологи (ГОСТ 14254-96)

0,1

IP65

### Додаткові характеристики

Матеріал клемної головки

Алюмінієвий сплав ( $t_{\max} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Матеріал захисного чохла

Газонепронка кераміка Luxal 203 — (ТП 0395/1...5)  
Самозв'язний карбід кремнію — ТП 0395/6, ТП 0395/7  
Сіалон — ТП 0395/8

Матеріал штуцера

12X18H10T

Чутливий елемент

Кабель КТМС (D = 3; 6 мм)

Кліматичні умови експлуатації (ГОСТ 12997-84)

Група виконання ДЗ: -50...+100 °С

Середній наробіток на відмову (ТП 0395/1...5)

15000 годин

Середній термін служби (ТП 0395/1...5)

6 років (при вимірі температур вище 1100 °С срок служби — не більше 1000 годин)

Міжповірочний інтервал

2 роки (методика повірки — в відповідності з ГОСТ 8.338)

Гарантійний срок експлуатації (ТП 0395/1...5)

1 год

Час роботи в стаціонарних умовах (ТП 0395/6...8)

Рідкий алюміній і його сплави:  
3000 годин (4 місяці) — ТП 0395/6, ТП 0395/7  
9000 годин (1 рік) — ТП 0395/8

Рідкі сплави на основі міді:  
3500 годин (5 місяців) — ТП 0395/6, ТП 0395/7  
9000 годин (1 рік) — ТП 0395/8

## Давач тиску NSL для низького тиску

Тип NSL



<b>Категорія</b>	Перетворювач тиску
<b>Діапазон тиску</b>	Від 0.0.2 до 0.2.5 панів (абс. або відн. тиск)
<b>Вихідний сигнал</b>	4.20мА, 0.10В
<b>Електричне присіднання</b>	М 12 x 1
<b>Присіднання до процесу</b>	G 1/4" зовнішнє
<b>Застосування</b>	Технологічні процеси, випробувальні стенди
<b>Робоча температура</b>	-40.....125 °С
<b>Навколишня температура</b>	-40.....125 °С
<b>Сенсорна технологія</b>	Тензорезистивний шар на сталевій мембрані
<b>Захист</b>	IP67
<b>Точність</b>	± 0, 1 % ВПІ (нелінійність і гістерезис)

## Давач вологості Hydro-Probe II

- давач вологості сипких матеріалів



<b>Особливості:</b>	Цифрова обробка сигналу з врахуванням термокомпенсації
<b>Глибина проникнення в матеріал:</b>	75-100мм
<b>Вихідний сигнал:</b>	
аналоговий:	0 – 20 mA, 4-20 mA або 0-10V
цифровий:	оптоізольований RS-485
<b>Робоча температура:</b>	0-60°C
<b>Частота опиту:</b>	25 гц
<b>Живлення:</b>	+15VDC -30 V, 3 w
<b>Розміри датчика</b>	діаметр 76 мм, довжина 383 мм
<b>Корпус</b>	Надміцний алюмінієвий с керамической насадкой

## Тензодавач ваги

Низькопрофільні тензодатчики РТ LPC.  
Основні характеристики:

Компактна конструкція, компенсація ексцентричного навантаження і компенсація діапазону температур від  $-10$  до  $+50$  °С - ось .  
Виберемо в якості давача маси тензодавач цього типу тому, що модель LPC доступна в 7 різних модифікаціях для навантажень від 1 до 100 тонн. Являє собою повний захист навколишнього середовища, поставляється з високоякісним і міцним 6-ти жильним проводом з екраном з полівінілхлориду. Тензодавач LPC сконструйований з інструментальної сталі і має нікелеве покриття, отримане методом хімічного відновлення, стійке до різного виду корозій.



## Регулюючі клапани

25eНЖ ,  $D_y = 25$  мм,  $P_y = 64$  кгс/см<sup>2</sup> ,  $K_v = 10$  т/год;

$D_y = 150$  мм,  $P_y = 25$  кгс/см<sup>2</sup> ,  $K_v = 400$  т/год;

$D_y = 50$  мм,  $P_y = 64$  кгс/см<sup>2</sup> ,  $K_v = 63$  т/год;

$D_y = 100$  мм,  $P_y = 64$  кгс/см<sup>2</sup> ,  $K_v = 160$  т/год;

### 3.2. Специфікація на технічні засоби автоматизації

На всі вибрані ТЗА складемо специфікацію у вигляді таблиці 3.1  
Таблиця 3.1

#### Специфікація на технічні засоби автоматизації

№ п/п	№ позиції	Назва параметра	Назва засобу та коротка техн. характеристика	Тип
1	2	3	5	6
1	TE-3-1	Температура	Давач температури	ТП 0395/4
2	FE-1-1	Витрата	Ультразвуковий датчик витрати газу Dymetic-1222	ДКС 10-100
3	PE-5-1	Тиск	Давач тиску фірми Siemens	NSL
4	1-2	Витрата повітря	Клапан регулюючий	25ЕНЖ
5	1-3	Витрата палива	Виконавчий механізм електричний багатообертовий, МЭМ-10/160-10Р	МЕМ
6	WE-2-2	Дозування матеріалу	Тензодавач LPC	РТ LPC
7	ME-4-1	Вологість в барабані	Давач вологості <a href="#">Hydro-Probe II</a>	<a href="#">Hydro-Probe II</a>
8	2-3,2-4	Витрата матеріалу	Заслінка	25ЕНЖ

### 3.3. Розробка структурної схеми системи керування

Проаналізувавши усю технічну інформацію про протікання процесу, можна запропонувати структуру управління, яка зображена на рис.6.

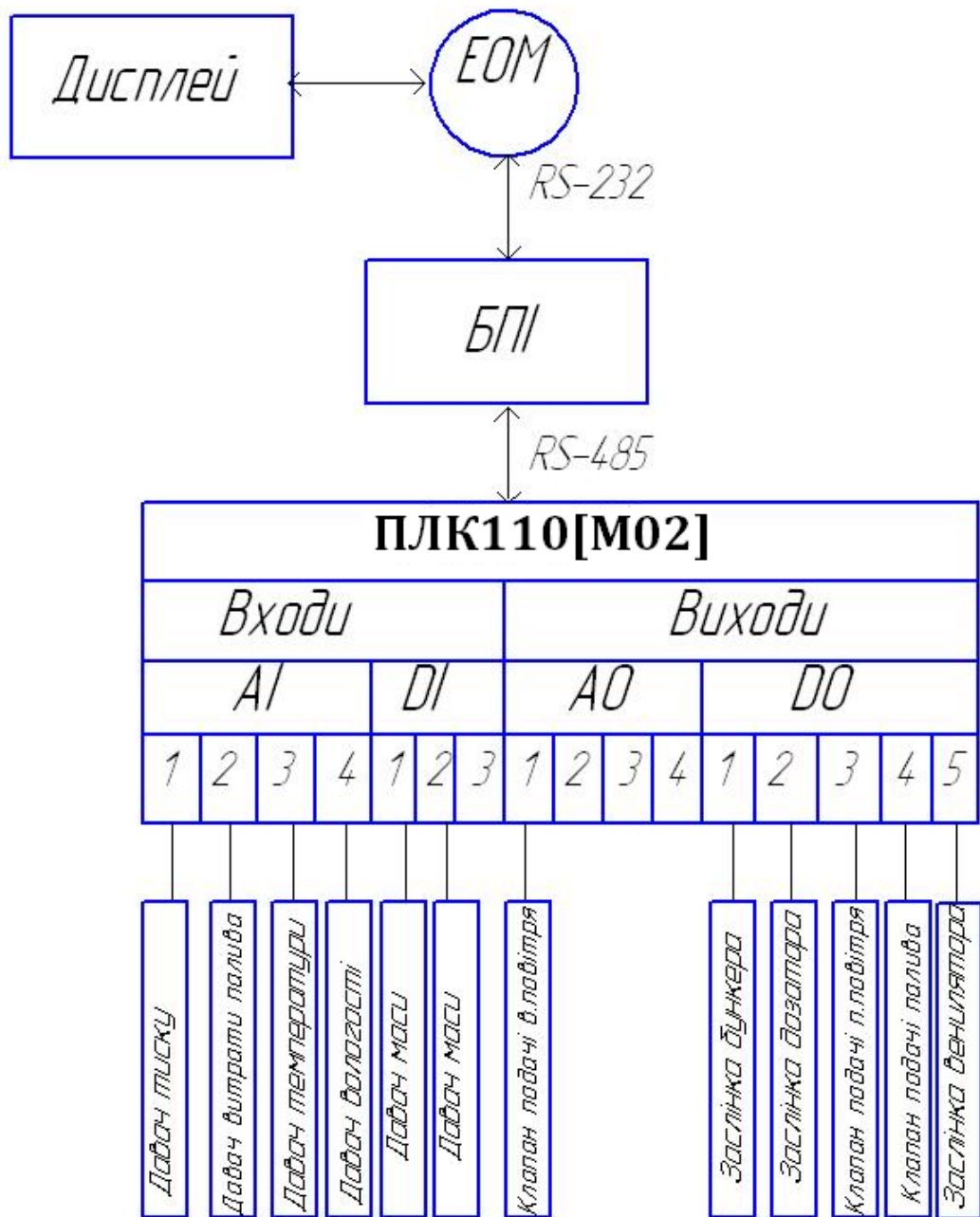


Рисунок 3.6. - Структура системи управління

## 4. РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

### 4.1 Синтез САР і аналіз її функціонування

В системі регулюється температура зерносушарки. Температуру можна апроксимувати АП ланкою другого порядку[4]:

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об}}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1} \quad (4.1)$$

Параметри візьмемо з літературних джерел:

- 1) Коефіцієнт підсилення:  $K_{об} = 0.035 \frac{^{\circ}\text{C}}{\%PO}$  ;
- 2) Стала часу:  $T_2 = 20.16\text{c}$  ,  $T_1 = 10.06\text{c}$  ;
- 3) Транспортне запізнення:  $\tau_{об} = 3.7\text{c}$  ;
- 4) Змоделюємо перехідну характеристику:

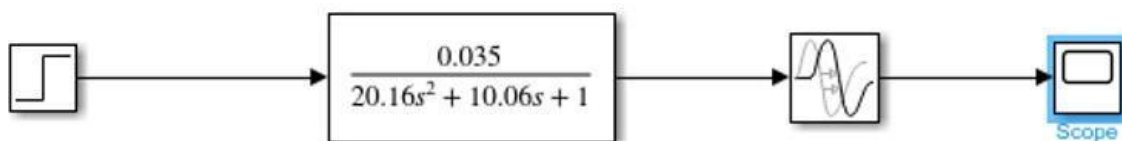


Рисунок 4.1 – Модель перехідного процесу контуру регулювання температури в зерносушарці

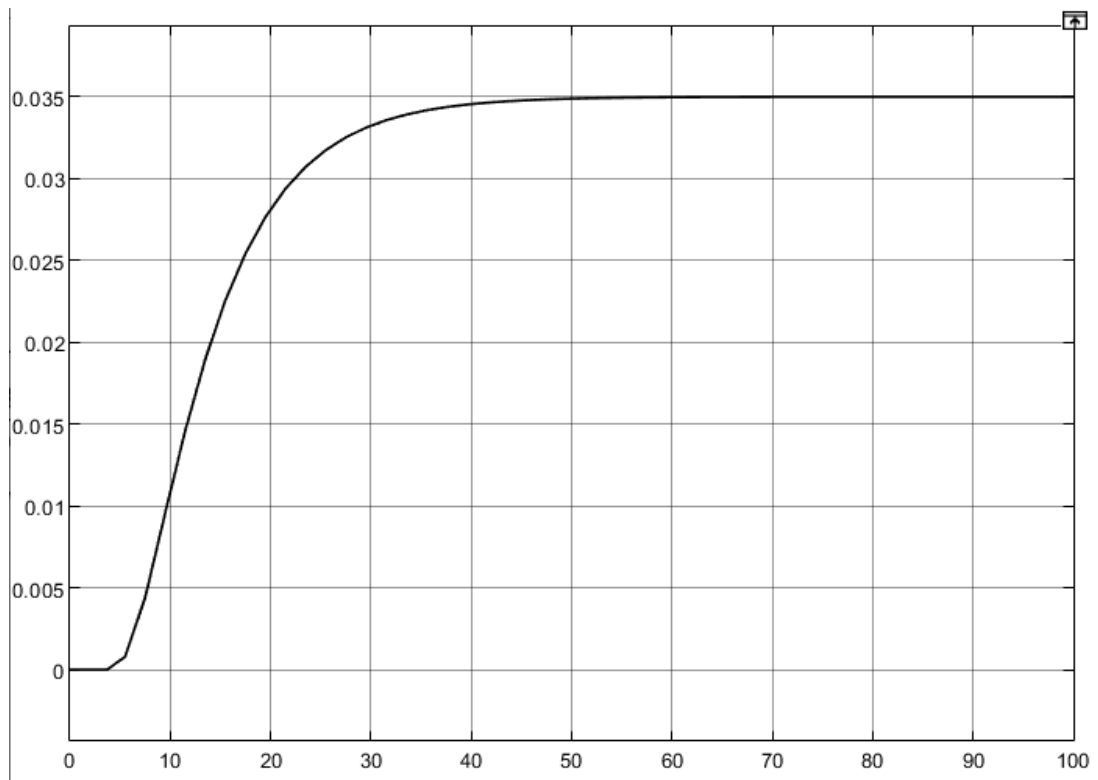
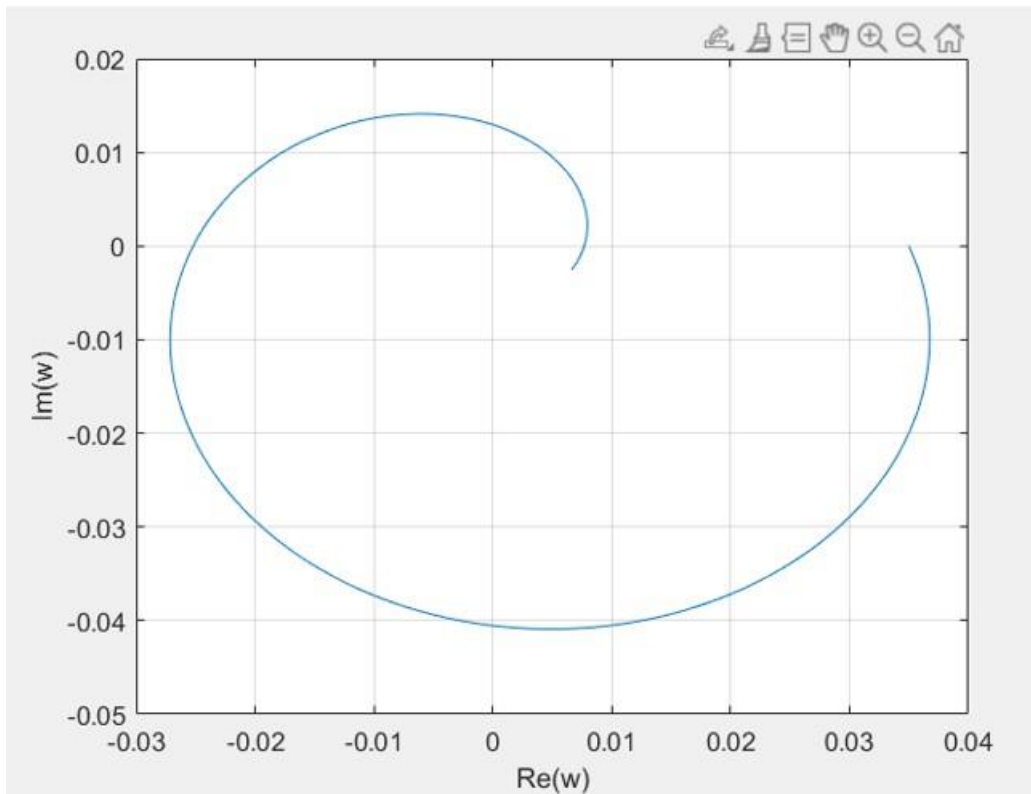


Рисунок 4.2 – Перехідна характеристика контуру регулювання температури в зерносушарці

Побудуємо годографі АФХ об'єкта в Matlab:

```
w1 = 0:0.001:0.9;
p = w1.*(1i - m);
W1 = (0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);
Re = real(W1);
Im = imag(W1);
plot(Re, Im);
grid on;
xlabel('Re(w)');
ylabel('Im(w)');
hold on;
```



#### 4.2. Розрахунок налаштувань методом РАФХ

Для розрахунків нам потрібні наступні формули:

$$K_p = -\frac{mQ(m, i\omega) + P(m, i\omega)}{A^2(m, i\omega)};$$

$$K_u = \frac{-\omega(m^2 + 1) \cdot Q(m, i\omega)}{A^2(m, i\omega)},$$

$$A(m, i\omega) = \sqrt{P^2(m, i\omega) + Q^2(m, i\omega)}.$$

(4.2)

Використаємо показник коливальності  $m = 0.3665$ :

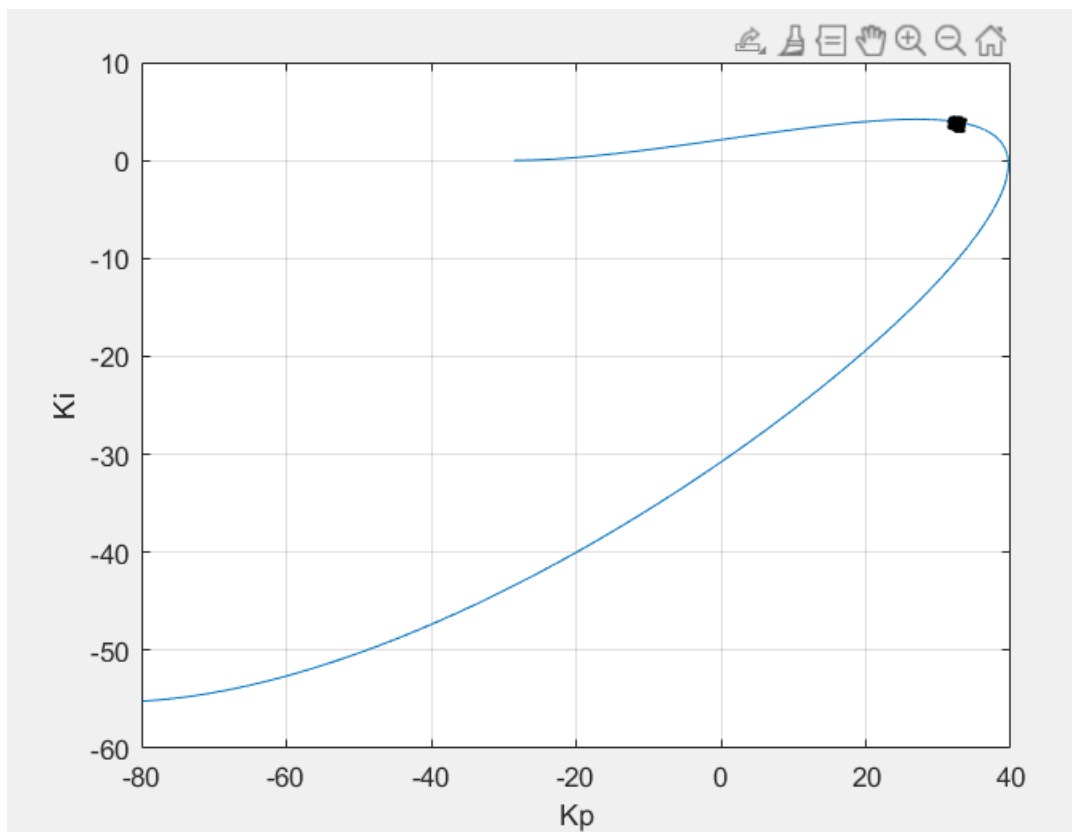
Побудуємо графік залежності  $K_i = f(K_p)$



```

w1 = 0:0.0001:0.6;
m = 0.3665;
p = w1.*(1i - m);
W1 = (0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);
Re = real(W1);
Im = imag(W1);
Kp = -(m .* Im + Re)./(Im.^2 + Re.^2);
Ki = -w1 .* (m^2 + 1) .* Im ./ (Im.^2 + Re.^2);
plot(Kp, Ki);
grid on;
xlabel('Kp');
ylabel('Ki');
hold on;

```



Графік 4.4 – Графік залежності  $K_i = f(K_p)$

Візьмемо точку  $K_i = 0.9 \max(K_i)$  для ПІ-регулятора і визначаємо налаштування:

$$K_p = 33.635; K_i = \frac{K_p}{T_u} = 3.78; T_u = 8.898$$

Тепер знайдемо РАФХ підставляючи знайдені коефіцієнти:

```
w1 = 0.005:0.00001:0.9;  
m = 0.366;  
p = w1.*(1i - m);  
W1 = (33.635+(33.635./(8.898.*p)).)*(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);  
Re = real(W1);  
Im = imag(W1);  
plot(Re, Im);  
grid on;  
xlabel('Re');  
ylabel('Im');  
hold on;
```

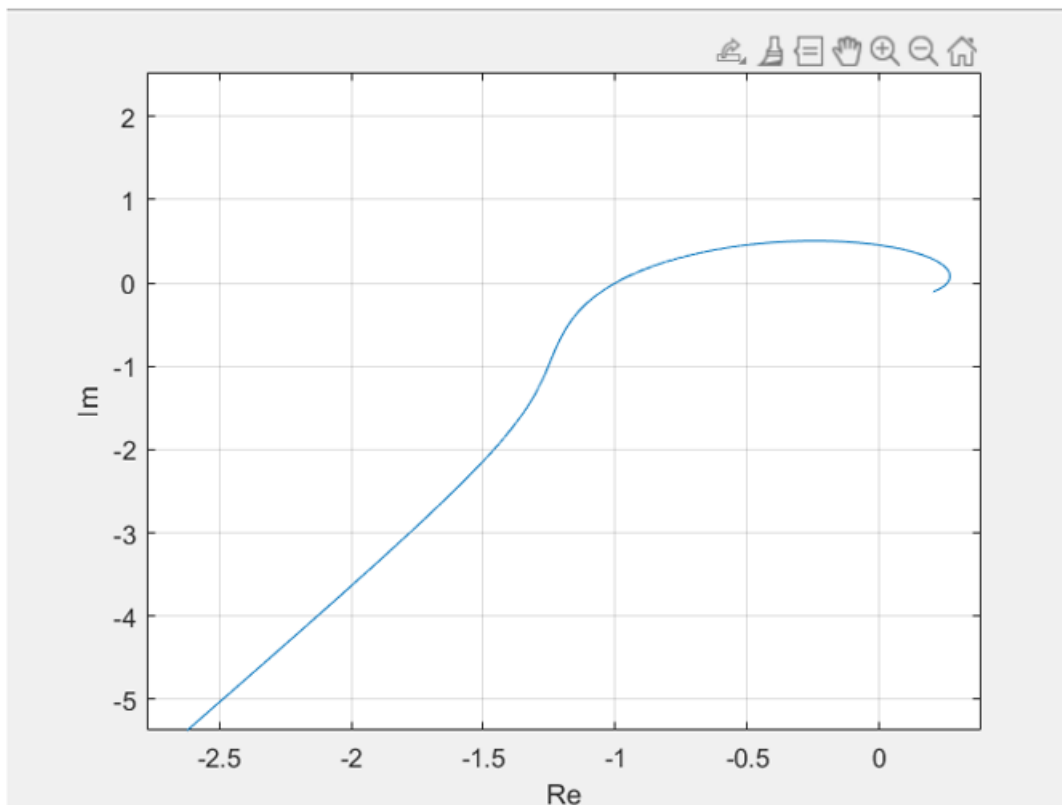


Рисунок 4.5 – РАФХ системи із знайденими налаштуваннями

Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку  $(-1; j0)$ . Це

значить, що отримана система повинна мати кореневий показник коливальності  $m$ , рівний заданому:  $m=m^*=0,366$ .

В Matlab побудуємо перехідну характеристику з ПІ-регулятором:

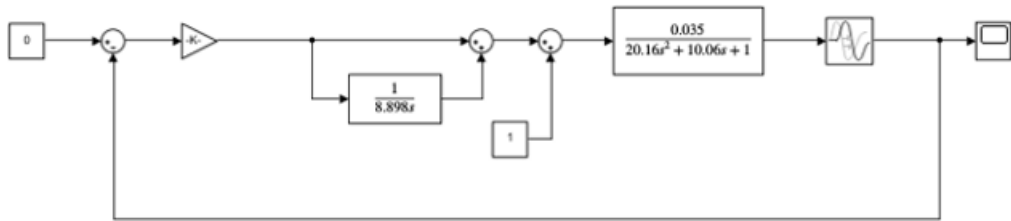


Рисунок 4.6 – Модель контуру по каналу «збурення-вихід»

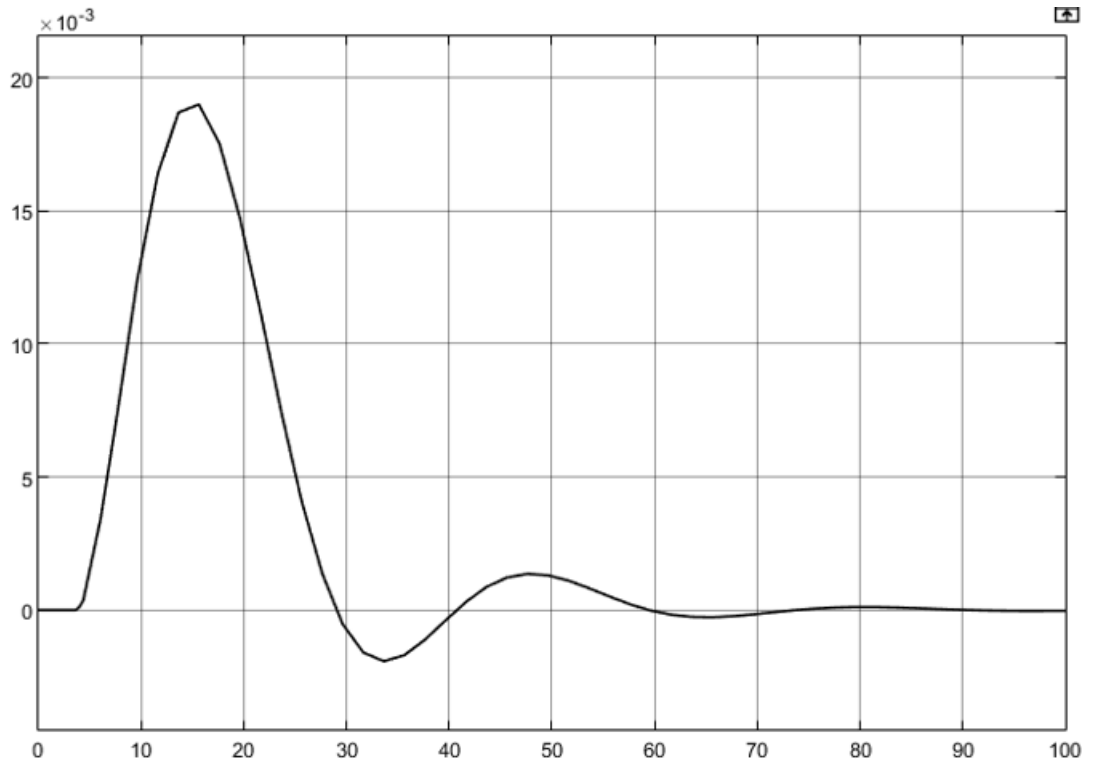


Рисунок 4.7 – Перехідний процес по каналу «збурення вихід»

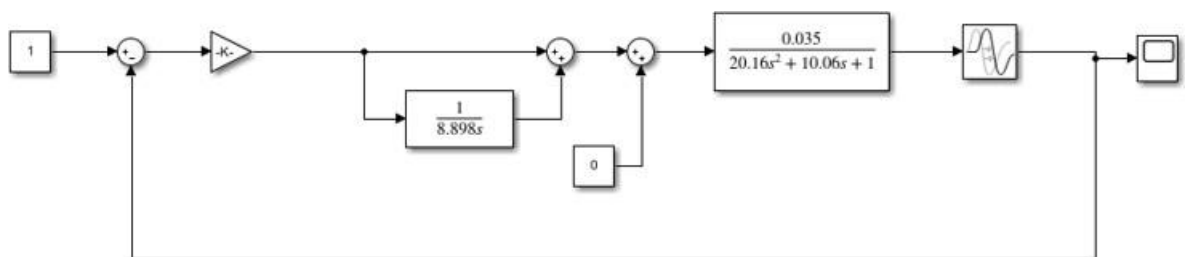


Рисунок 4.8 – Модель контуру по каналу «завдання-вихід»

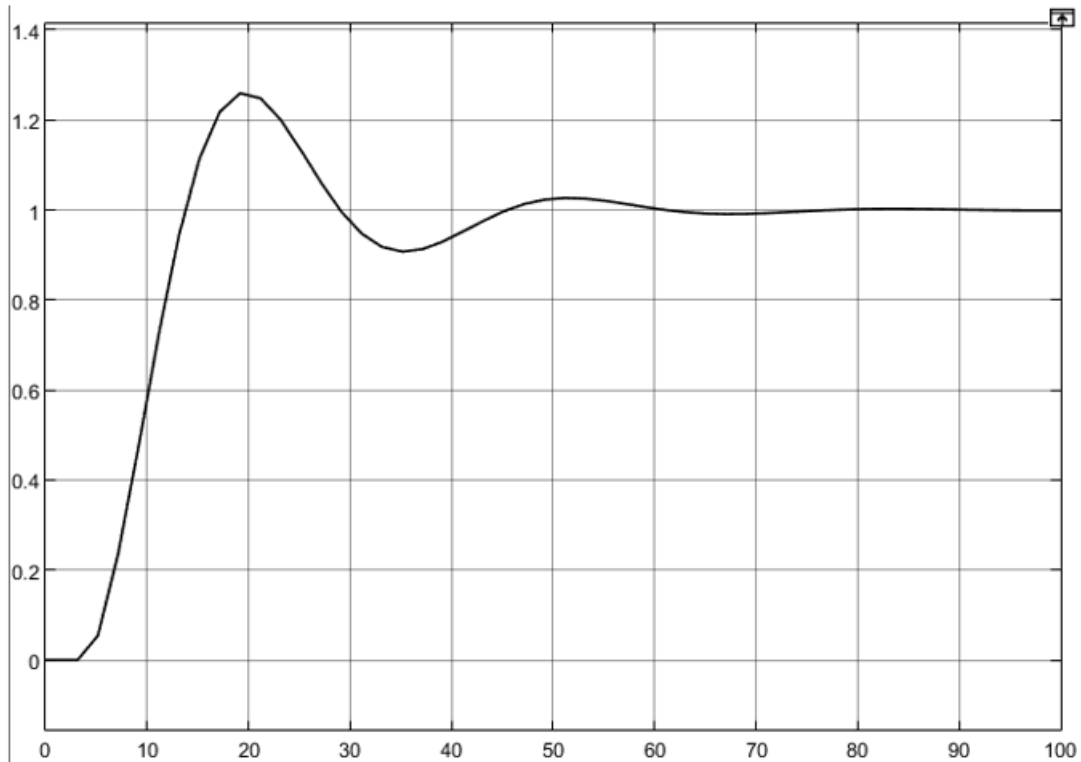


Рисунок 4.9 – Перехідний процес по каналу «завдання вихід»

### 4.3 Розрахунок налаштувань методом МАЧХ

Задаємо показник коливальності –  $M = 1.6$ . Для розрахунку за цим методом нам потрібно побудувати АФХ розімкнутої системи, де будемо використовувати  $K_p = 1$  і  $T_u = \{20, 25, 30, 35, 40\}$ . Для побудови прямої скористаємося формулою:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{1}{M}\right) = \arcsin\left(\frac{1}{1.6}\right) = \arcsin(0.625) = 38.68^\circ$$

Після ми підбираємо коло, із забезпеченням умов дотику. Знаходимо радіус кола  $r$ .

- 1) При  $T_u = 20, M = 1.6$

```

w=0.07:0.001:10;
p=1j*w;
W1=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);
W2=(1+1./(20.*p));
W=W1.*W2;
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im);
grid on;
hold on;
M=1.6;
R=0.02125;|
L=R.*M;
k = asin(1/M);
x = -0.1:0.1:0;
y = tan(k).*x;
plot(x,y,'r');
ylabel('Im');
xlabel('Re');
hold on;
ang=0:0.001:2*pi;
xp=R.*cos(ang);
yp=R.*sin(ang);
plot(-L+xp,0+yp,'r');

```

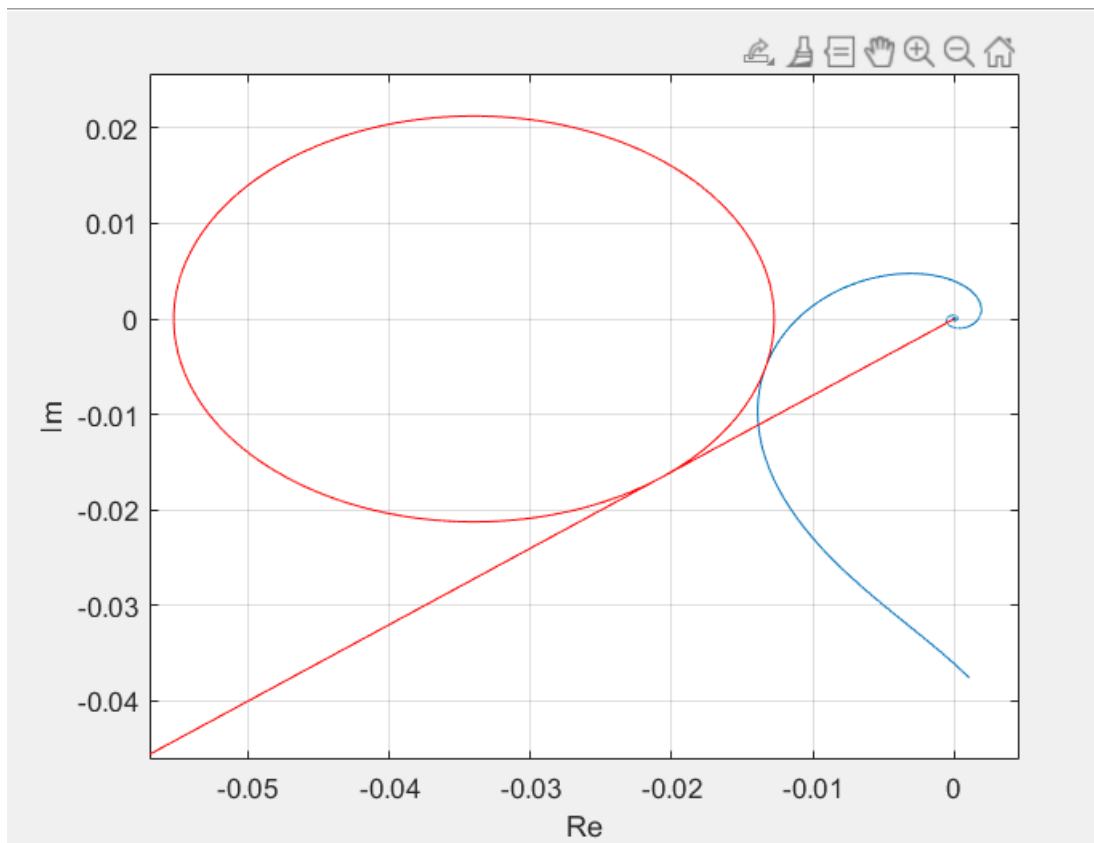


Рисунок 4.10 – АФХ системи при  $T_u = 20, M = 1.6$

З даного графіка отримаємо радіус  $r = 0.02125$

2) При  $T_u = 25, M = 1.6$

```
w=0.07:0.001:10;  
p=1j*w;  
W1=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);  
W2=(1+1./(25.*p));  
W=W1.*W2;  
Re=real(W);  
Im=imag(W);  
plot(Re,Im);  
grid on;  
hold on;  
M=1.6;  
R=0.02055;  
L=R.*M;  
k = asin(1/M);  
x = -0.1:0.1:0;  
y = tan(k).*x;  
plot(x,y,'r');  
ylabel('Im');  
xlabel('Re');  
hold on;  
ang=0:0.001:2*pi;  
xp=R.*cos(ang);  
yp=R.*sin(ang);  
plot(-L+xp,0+yp,'r');
```

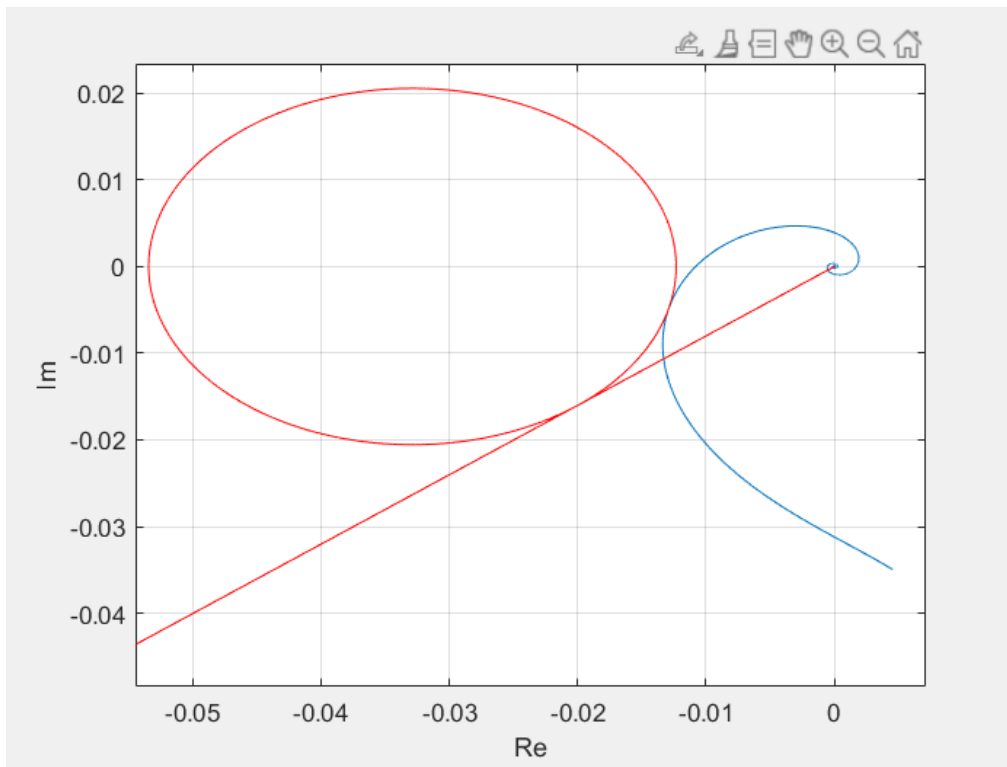


Рисунок 4.11 – АФХ системи при  $T_u = 25, M = 1.6$

З даного графіку отримаємо  $r = 0.02055$

3) При  $T_u = 30, M = 1.6$

```
w=0.07:0.001:10;  
p=1j*w;  
W1=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.+10.06.*p+1);  
W2=(1+1./(30.*p));  
W=W1.*W2;  
Re=real(W);  
Im=imag(W);  
plot(Re,Im);  
grid on;  
hold on;  
M=1.6;  
R=0.02016;  
L=R.*M;  
k = asin(1/M);  
x = -0.1:0.1:0;  
y = tan(k).*x;  
plot(x,y,'r');  
ylabel('Im');  
xlabel('Re');  
hold on;  
ang=0:0.001:2*pi;  
xp=R.*cos(ang);  
yp=R.*sin(ang);  
plot(-L+xp,0+yp,'r');
```

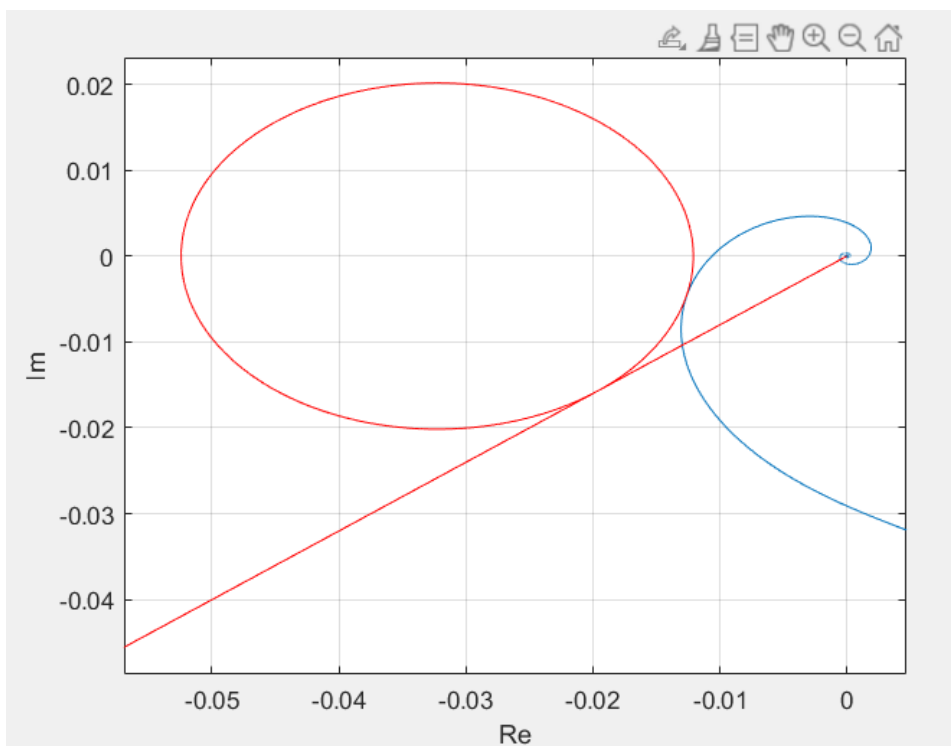


Рисунок 4.12 – АФХ системи при  $T_u = 30, M = 1.6$

З даного графіку отримаємо  $r = 0.02016$

4) При  $T_u = 35, M = 1.6$

```
w=0.07:0.001:10;  
p=1j*w;  
W1=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);  
W2=(1+1./(35.*p));  
W=W1.*W2;  
Re=real(W);  
Im=imag(W);  
plot(Re,Im);  
grid on;  
hold on;  
M=1.6;  
R=0.01985];  
L=R.*M;  
k = asin(1/M);  
x = -0.1:0.1:0;  
y = tan(k).*x;  
plot(x,y,'r');  
ylabel('Im');  
xlabel('Re');  
hold on;  
ang=0:0.001:2*pi;  
xp=R.*cos(ang);  
yp=R.*sin(ang);  
plot(-L+xp,0+yp,'r');
```

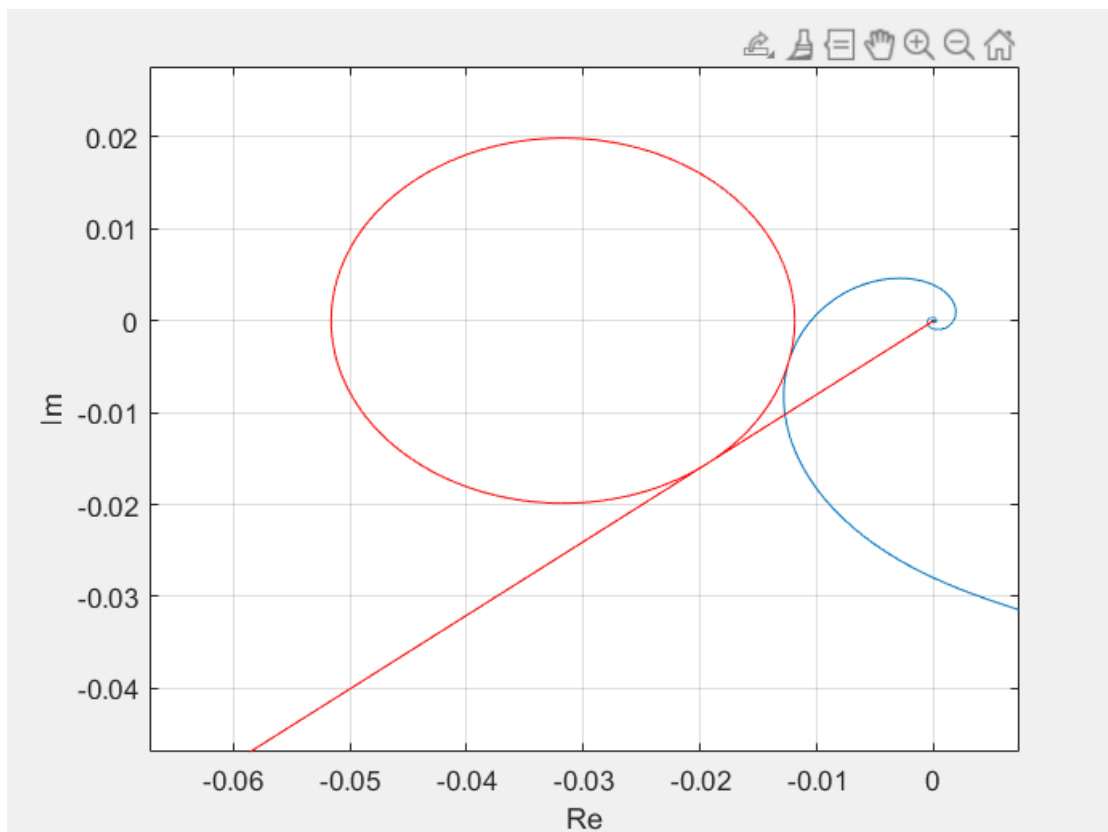


Рисунок 4.13 – АФХ системи при  $T_u = 35, M = 1.6$

З даного графіку отримаємо  $r = 0.01985$



5) При  $T_u = 40, M = 1.6$

```
w=0.07:0.001:10;  
p=1j*w;  
W1=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);  
W2=(1+1./(40.*p));  
W=W1.*W2;  
Re=real(W);  
Im=imag(W);  
plot(Re,Im);  
grid on;  
hold on;  
M=1.6;  
R=0.01968;  
L=R.*M;  
k = asin(1/M);  
x = -0.1:0.1:0;  
y = tan(k).*x;  
plot(x,y,'r');  
ylabel('Im');  
xlabel('Re');  
hold on;  
ang=0:0.001:2*pi;  
xp=R.*cos(ang);  
yp=R.*sin(ang);  
plot(-L+xp,0+yp,'r');
```

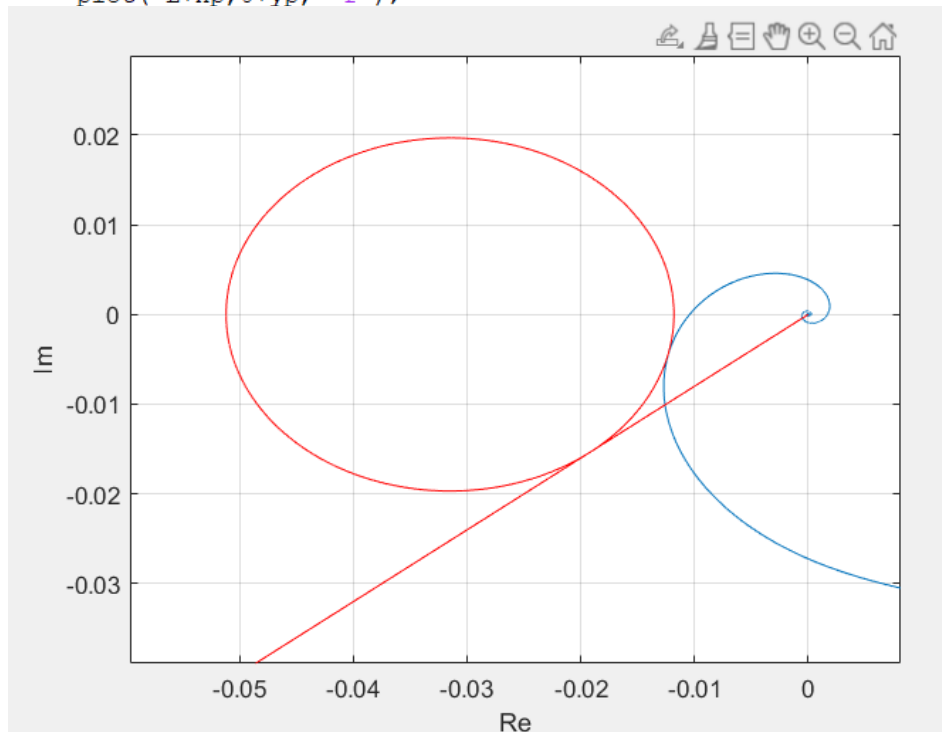


Рисунок 4.14 – АФХ системи при  $T_u = 40, M = 1.6$

З даного графіка отримаємо  $r = 0.01968$

Після отриманих значень радіусів можна вирахувати  $K_p$  за формулою

$$K_p = \frac{1}{r} \cdot \frac{M}{M^2 - 1};$$

$$1) T_u = 20: K_p = \frac{1}{0,02125} \cdot \frac{1,6}{1,6^2 - 1} = 48,265;$$

$$2) T_u = 25: K_p = \frac{1}{0,02055} \cdot \frac{1,6}{1,6^2 - 1} = 49,91;$$

$$3) T_u = 30: K_p = \frac{1}{0,02016} \cdot \frac{1,6}{1,6^2 - 1} = 50,875;$$

$$4) T_u = 35: K_p = \frac{1}{0,01985} \cdot \frac{1,6}{1,6^2 - 1} = 51,669$$

$$5) T_u = 40: K_p = \frac{1}{0,01968} \cdot \frac{1,6}{1,6^2 - 1} = 52,116$$

Створимо таблицю з вирахованими даними і побудуємо залежність

$K_u = f(K_p)$  (Рис. 3.15), одночасно вираховуємо  $K_u = \frac{K_p}{T_u}$ :

Таблиця 3.2 – Параметри метода МАЧХ

$K_p$	$K_u$	$T$
48,265	2,413	20
49,91	1,9964	25
50,875	1,6958	30
51,669	1,4763	35
52,116	1,3029	40

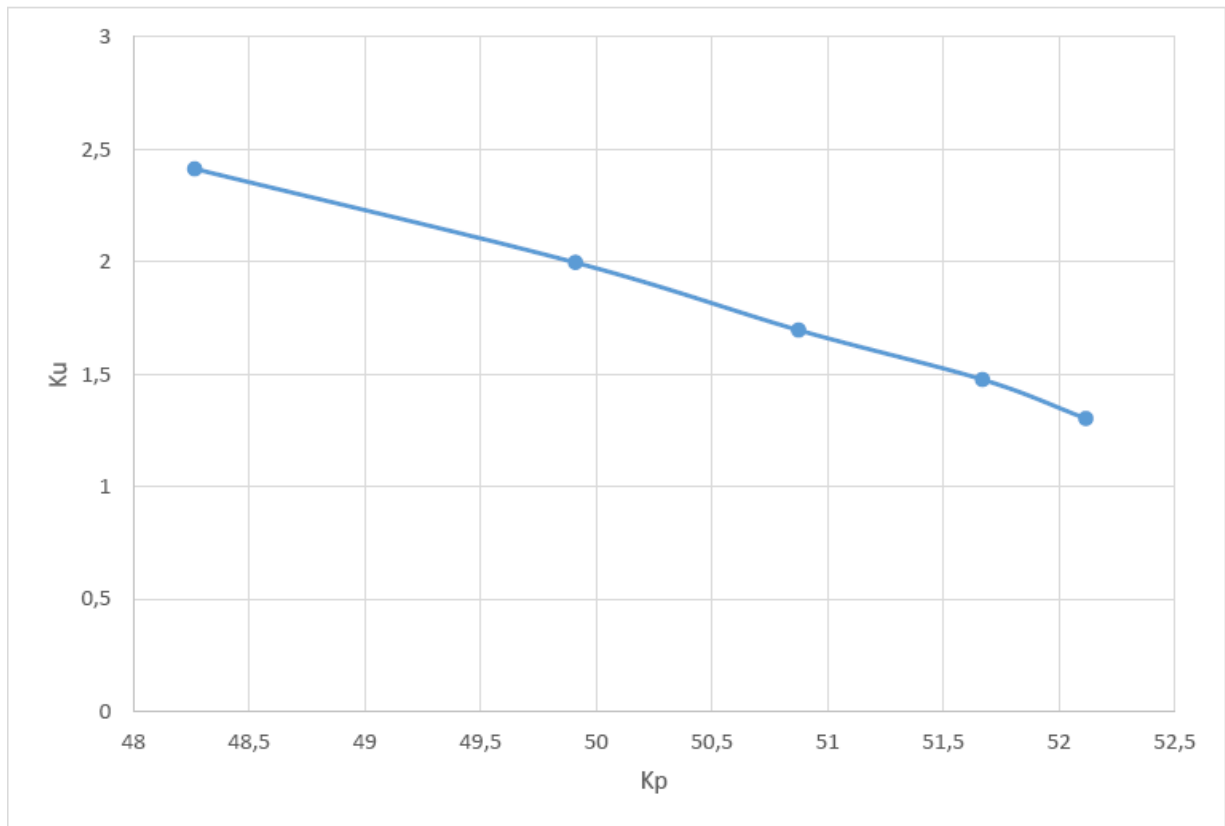


Рисунок 4.15 – Графік залежності  $K_u = f(K_p)$

З рисунку 4.15 ми можемо побачити, що найбільш оптимальна пара:  $T_u = 20, K_p = 48.265$ , побудуємо АЧХ системи, при цих параметрах

```
w=0:0.001:1;
p=1j*w;
W1=48.265.*(1+1./(20.*p));
W2=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);
W=(W1.*W2)./(1+W1.*W2);
Re=real(W);
Im=imag(W);
A=sqrt(Re.^2+Im.^2);
plot(w,A);
grid on;
xlabel('w');
ylabel('A(w)');
```

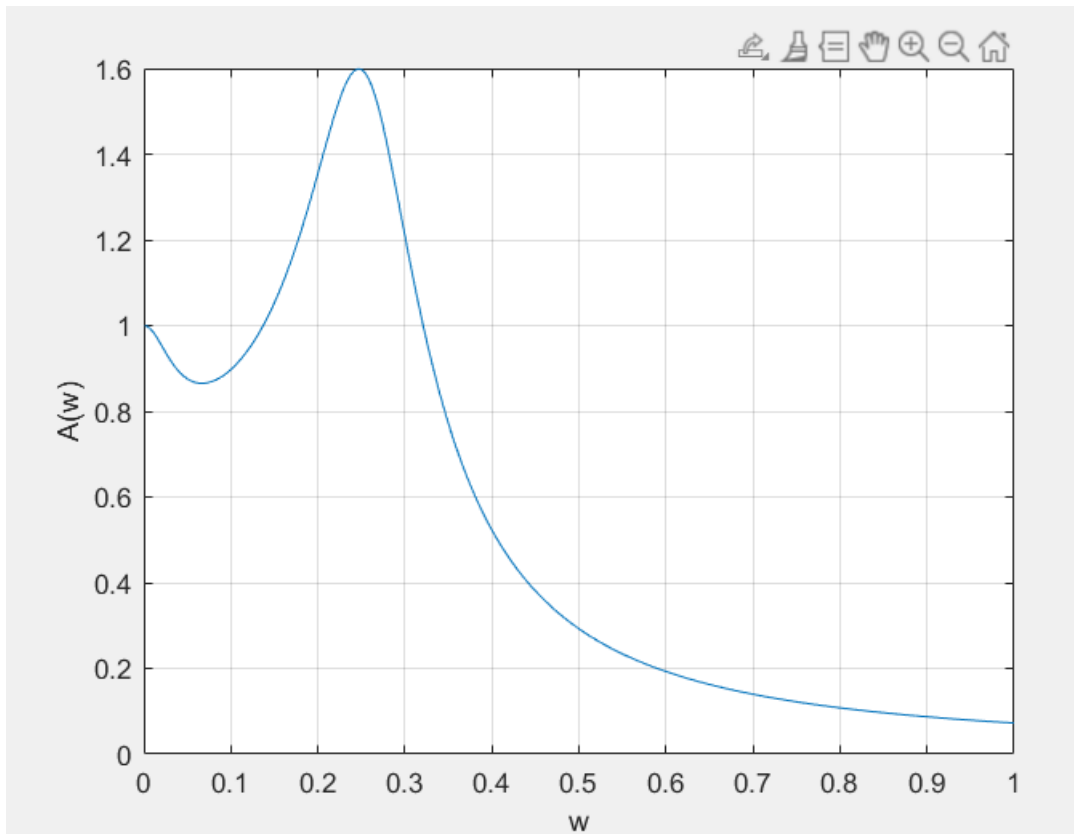


Рисунок 4.16 – АЧХ для системи з  $T_u = 20, K_p = 48.265$

З рисунку 4.16 можна зробити висновок, що розрахунок був проведений вірно, адже заданий показник коливальності  $M = 1,6$  рівній вирахованому.

В Matlab побудуємо перехідні характеристики:

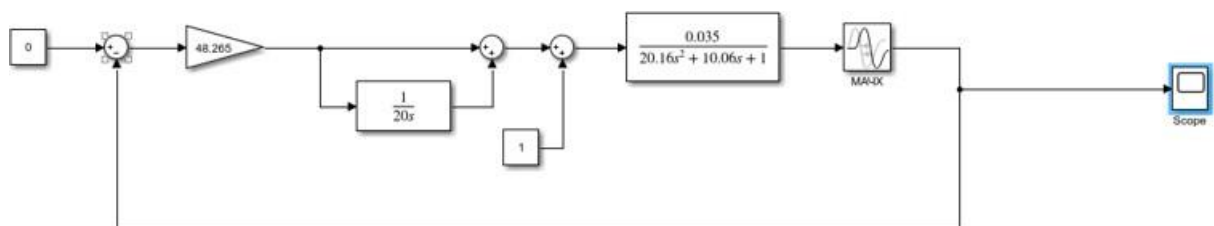


Рисунок 4.17 – Канал «збурення-вихід»

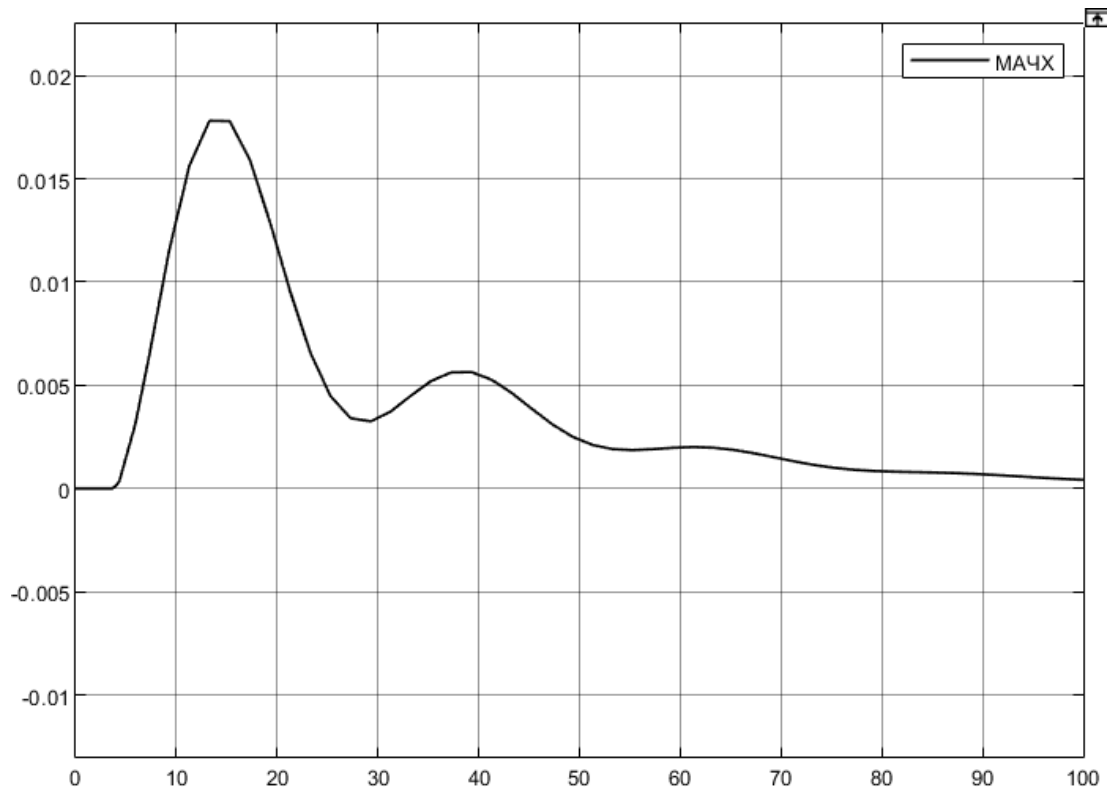


Рисунок 4.18 – Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

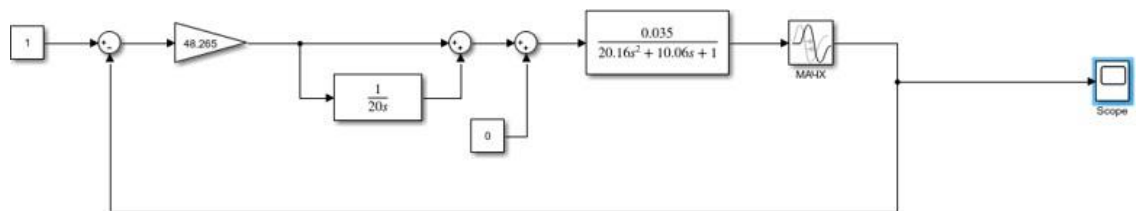


Рисунок 4.19 – Канал «завдання вихід»

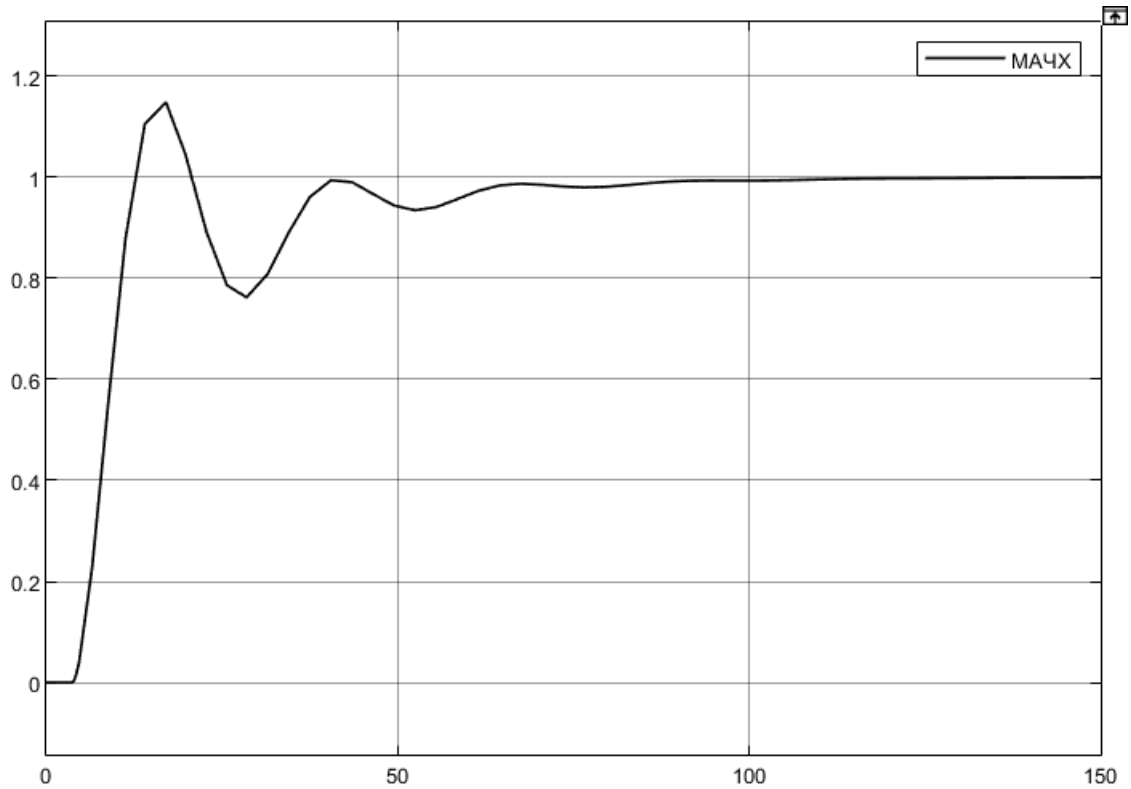


Рисунок 4.20 – Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід»

Таблиця 4.3 – Прямі показники якості

	Канал «Завдання - вихід»	Канал «Збурення-вихід»
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	1.147	0.0177
Показник затухання	1	0.69
Час перехідного процесу, с	57	25
Перерегулювання	-	-

Наступним кроком ми отримаємо АФХ для визначення запасу стійкості об'єкта(рисунок 4.21):

```

w=0.06:0.0001:10;
p=1j*w;
W1=48.265.*(1+1./(20.*p));
W2=(0.035.*exp(-3.7.*p))./(20.16.*p.*p+10.06.*p+1);
W=W1.*W2;
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im);
grid on;
hold on;
t=0:0.001:2*pi;
x=cos(t);
y=sin(t);
plot(x,y);
grid on;
xlabel('Re');
ylabel('Im');

```

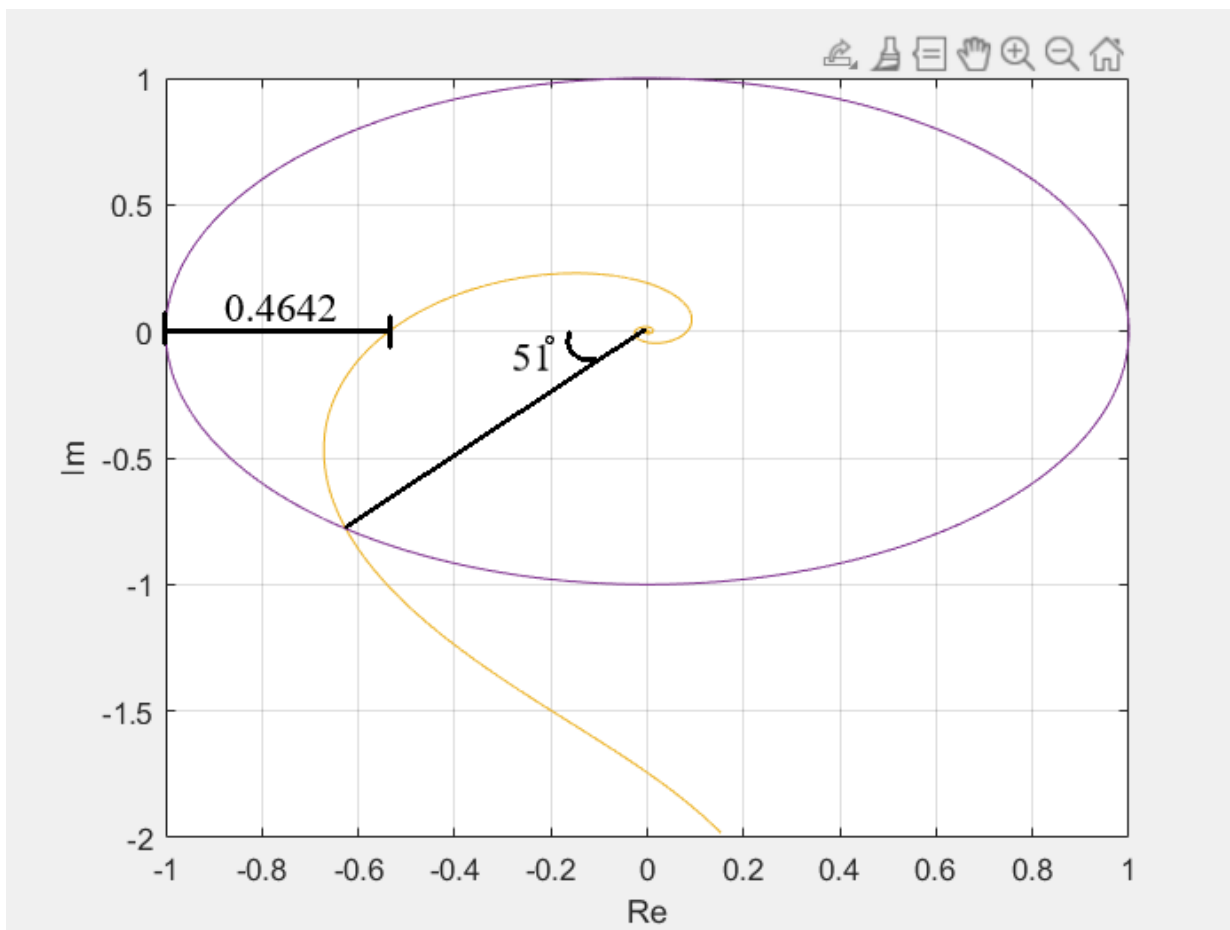


Рисунок 4.21 – АФХ

Запас стійкості по амплітуді:  $M_k = 0.4642$

Запас стійкості по фазі:  $M_\varphi = 51^\circ$

#### 4.4 Порівняння отриманих результатів

Порівняємо перехідні характеристики, в яких параметри налаштування досліджувалися двома методами: методом РАФХ та МАЧХ. Перевірятьтимо канали «завдання-вихід»(Рис. 4.22) та «збурення-вихід»(Рис. 4.23):

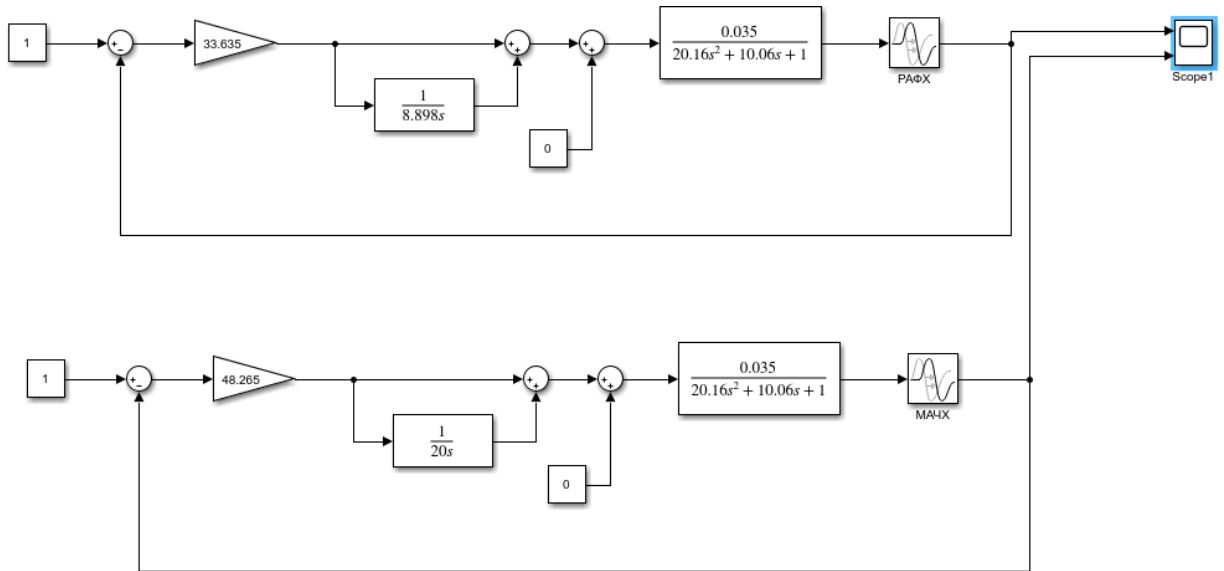


Рисунок 4.22 – Канал «завдання-вихід»

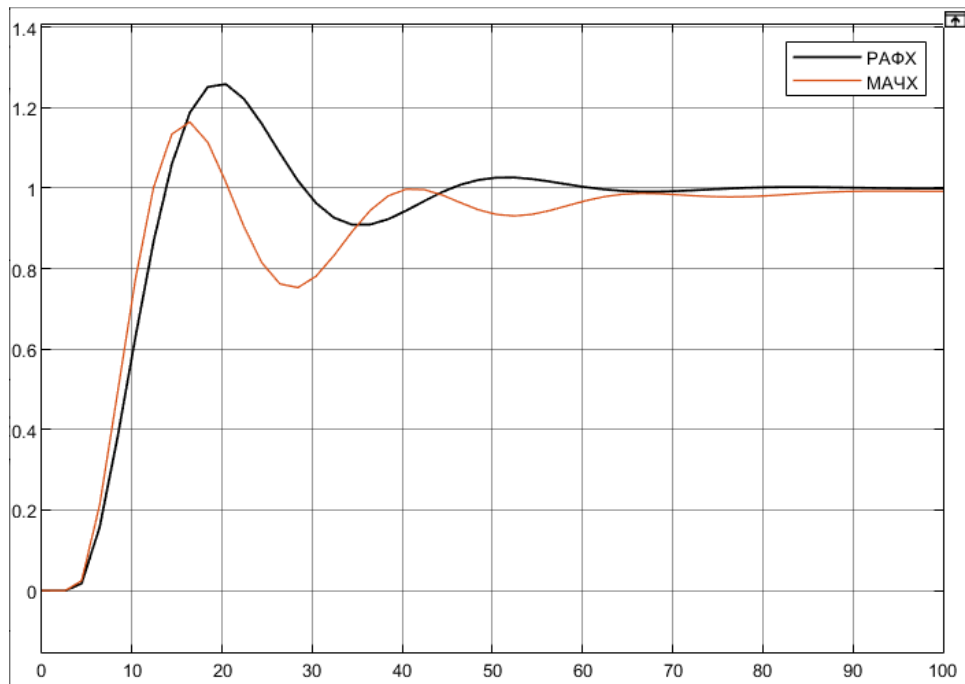


Рисунок 4.23 – Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід»



Таблиця 4.4 – Порівняння прямих показників по каналу «завдання-вихід»

Прямі показники якості	РАФХ	МАЧХ
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	1,25	1.147
Показник затухання	0,9	1
Час перехідного процесу, с	41	57
Перерегулювання, %	34.7	-

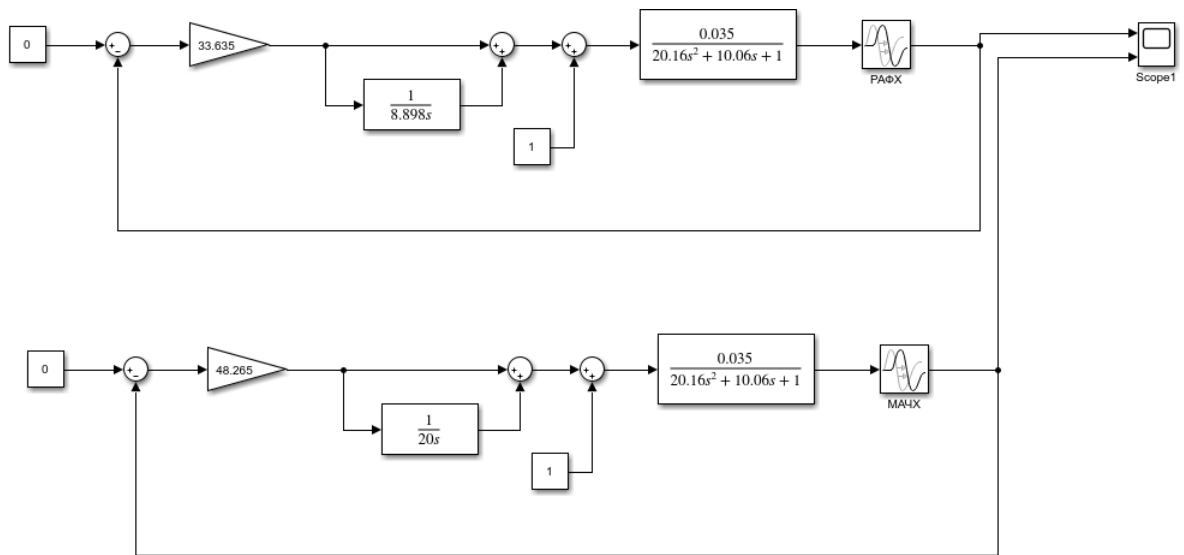


Рисунок 4.24 – Канал «збурення-вихід»

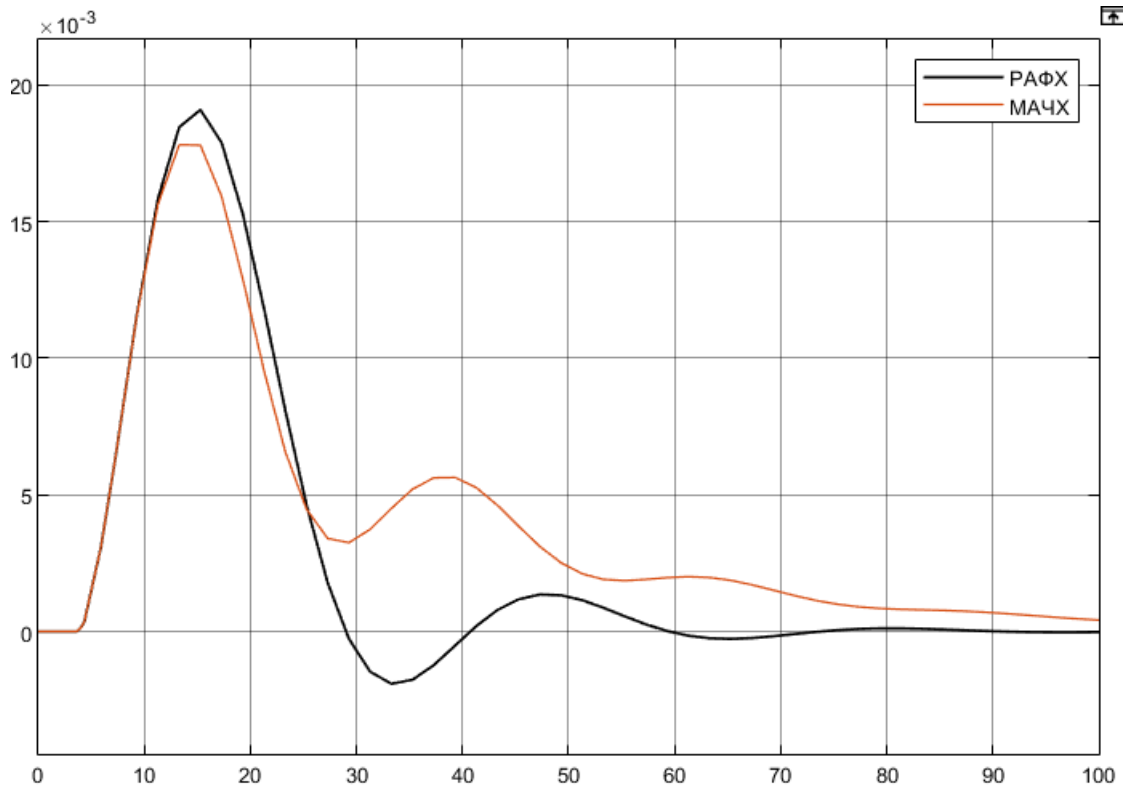


Рисунок 4.25 – Перехідна характеристика по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 4.5 – Порівняння прямих показників по каналу «збурення-вихід»

Прямі показники якості	РАФХ	МАЧХ
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.019	0.0177
Показник затухання	0.93	0.69
Час перехідного процесу, с	22.5	25
Перерегулювання, %	10	-

Вище наведена таблиця(Табл. 4.5), де ми можемо порівняти два методи по їх параметрам. Якщо розглядати канал «завдання-вихід», то кращим є метод МАЧХ, майже по всіх параметрах, а саме: в нього менша динамічна похибка, відсутнє перерегулювання та коливання, хоча час перехідного процесу трішки більший. По каналу «збурення-вихід» методи майже на одному рівні, РАФХ має менше коливань і час перехідного процесу, хоча має перерегулювання, хоч і не значне. В свою чергу метод МАЧХ має меншу динамічну похибку і взагалі не має перерегулювання. З

огляду на вище сказане, я виберу для подальшої роботи метод МАЧХ. Отже основні параметри такі:

$$K_p = 48.265 \frac{C^\circ}{C^\circ};$$

$$T_u = 20c;$$

Далі потрібно наші параметри проваріювати в діапазоні 15%, для того щоб знайти оптимальні параметри для налаштування регулятора.[6] Отже наші параметри матимуть такий вигляд:  $K_p = 41.025$ ,  $K_p = 55.501$ ,  $T_u = 17$ ,  $T_u = 23$ ,  $\tau_1 = 3.145$ ,  $\tau_2 = 4.255$

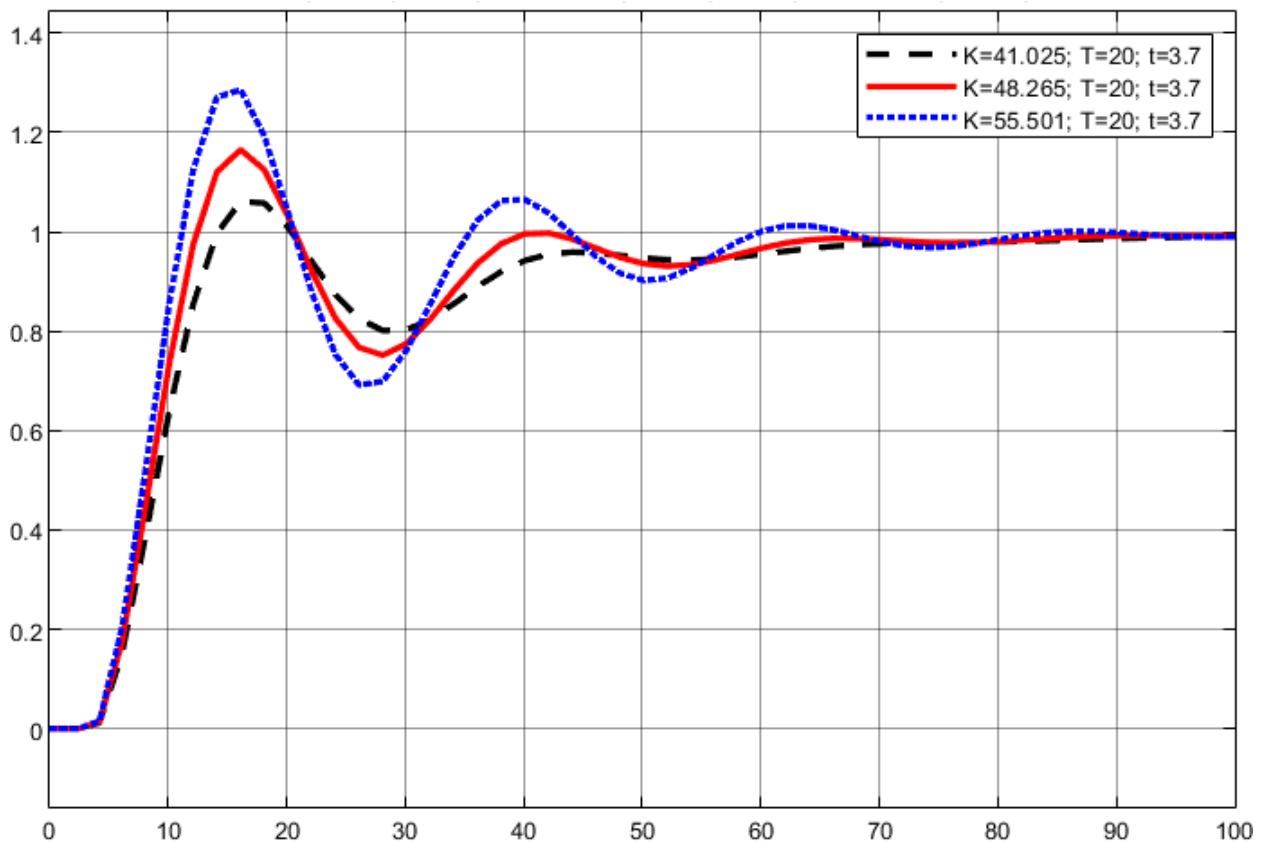


Рисунок 4.26 – Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід» для

$$K = 41.025; K = 48.265; K = 55.501$$

Таблиця 4.6 – Прямі показники якості по каналу «завдання-вихід»

Прямі показники якості	$T = 20, \tau = 3.7$ $K = 41.025$	$T = 20, \tau = 3.7$ $K = 48.265$	$T = 20, \tau = 3.7$ $K = 55.501$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	1.06	1.165	1.285
Показник згасання	1	1	0.77
Час перехідного процесу, с	58	57	56
Перерегулювання, %	-	-	28.5

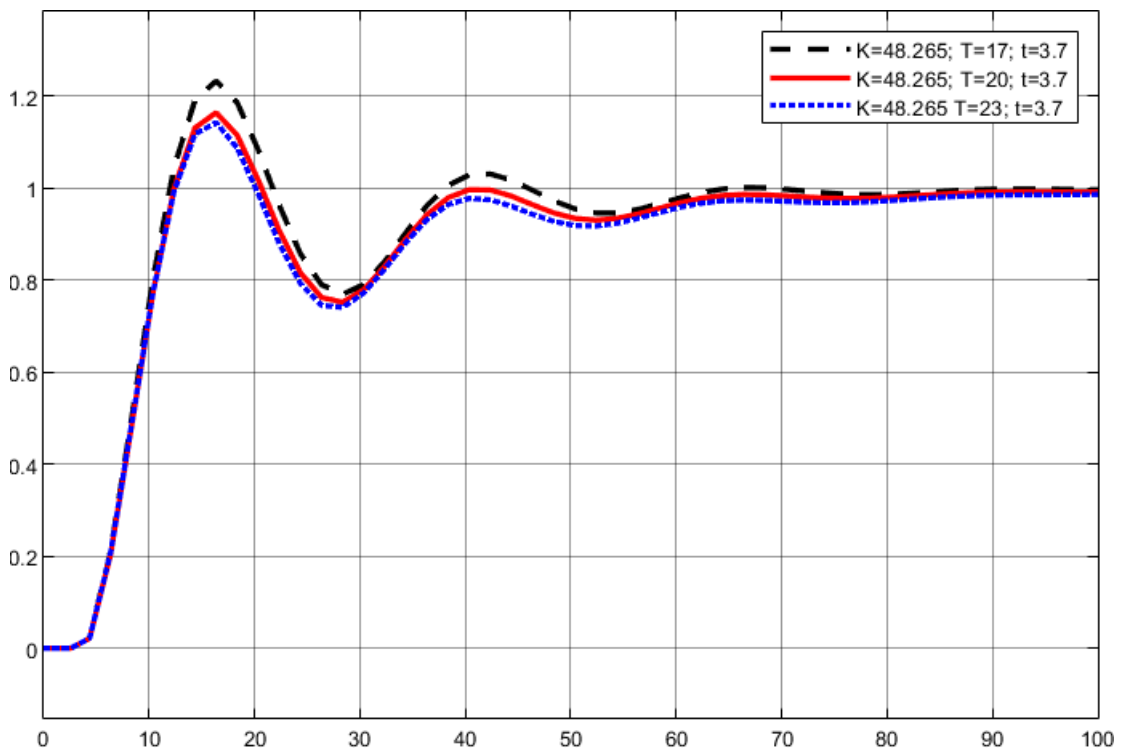


Рисунок 4.27 – Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід» для

$$T = 17; T = 20; T = 23$$

Таблиця 4.7 – Прямі показники якості по каналу «завдання-вихід»

Прямі показники якості	$T = 17, \tau = 3.7$ $K = 48.265$	$T = 20, \tau = 3.7$ $K = 48.265$	$T = 23, \tau = 3.7$ $K = 48.265$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	1.234	1.165	1.14
Показник затухання	0.87	1	1
Час перехідного процесу, с	56	57	59
Перерегулювання, %	23.4	-	-

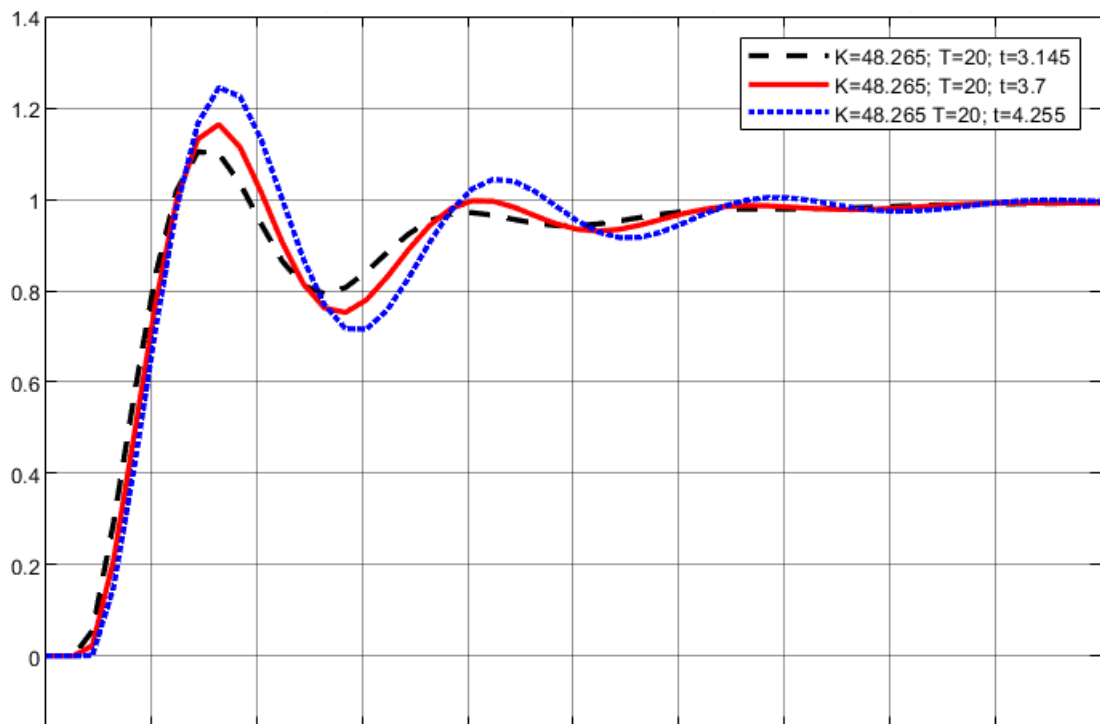


Рисунок 4.28 – Перехідна характеристика по каналу «завдання-вихід» для

$$\tau = 3.145, \tau = 3.7, \tau = 4.255$$

Таблиця 4.8 – Прямі показники якості по каналу «завдання-вихід»

Прямі показники якості	$T = 20, \tau = 3.145$ $K = 48.265$	$T = 20, \tau = 3.7$ $K = 48.265$	$T = 20, \tau = 4.255$ $K = 48.265$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	1.1	1.165	1.245
Показник згасання	1	1	0.86
Час перехідного процесу, с	53	57	60
Перерегулювання, %	-	-	24.5

## 5. ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЕРА

### 5.1. Розробка алгоритмів керування

Розроблена блок-схема алгоритму, на основі якої програмуватиметься програмований логічний контролер ПЛК110[M02], наведена на рис.5.1

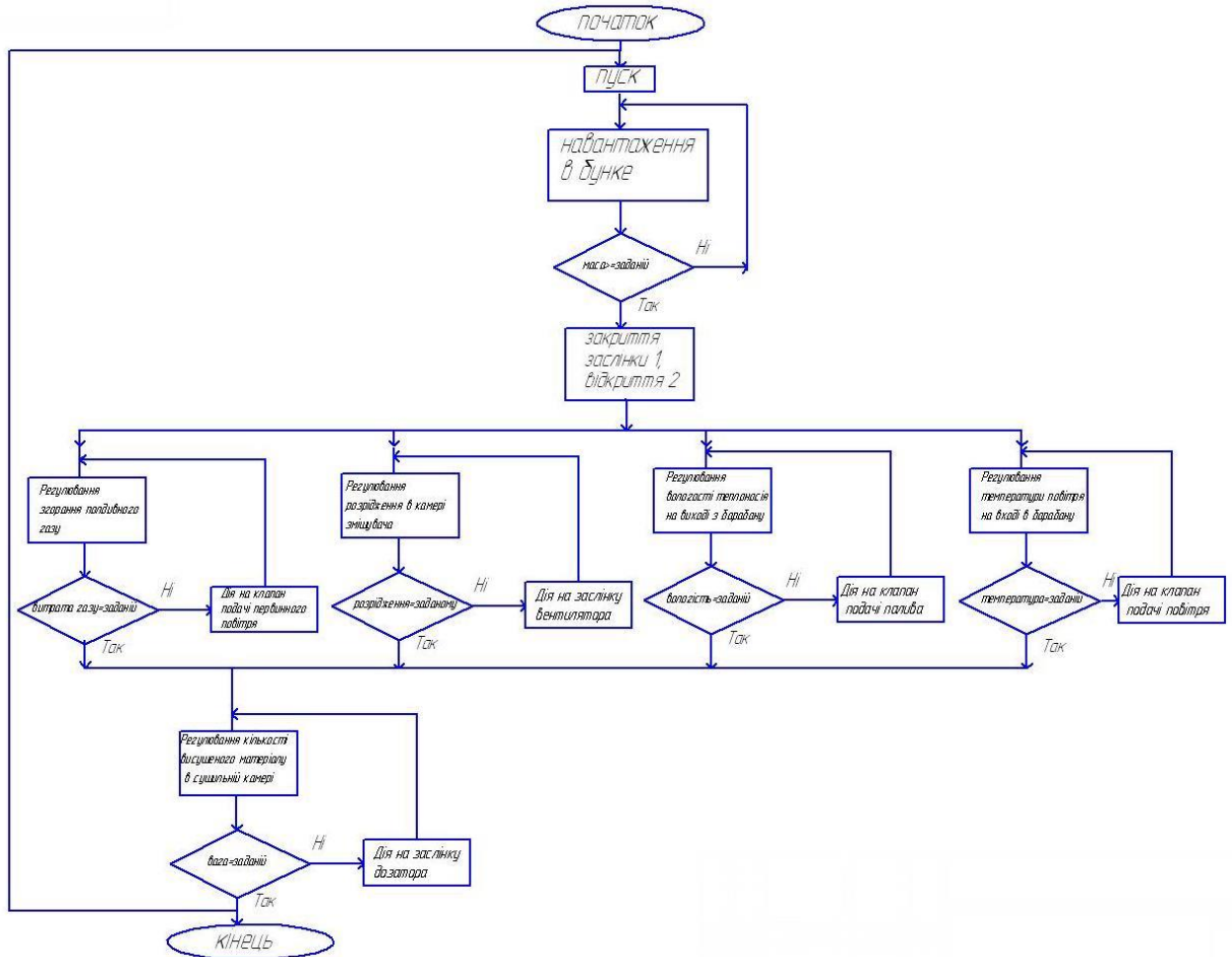
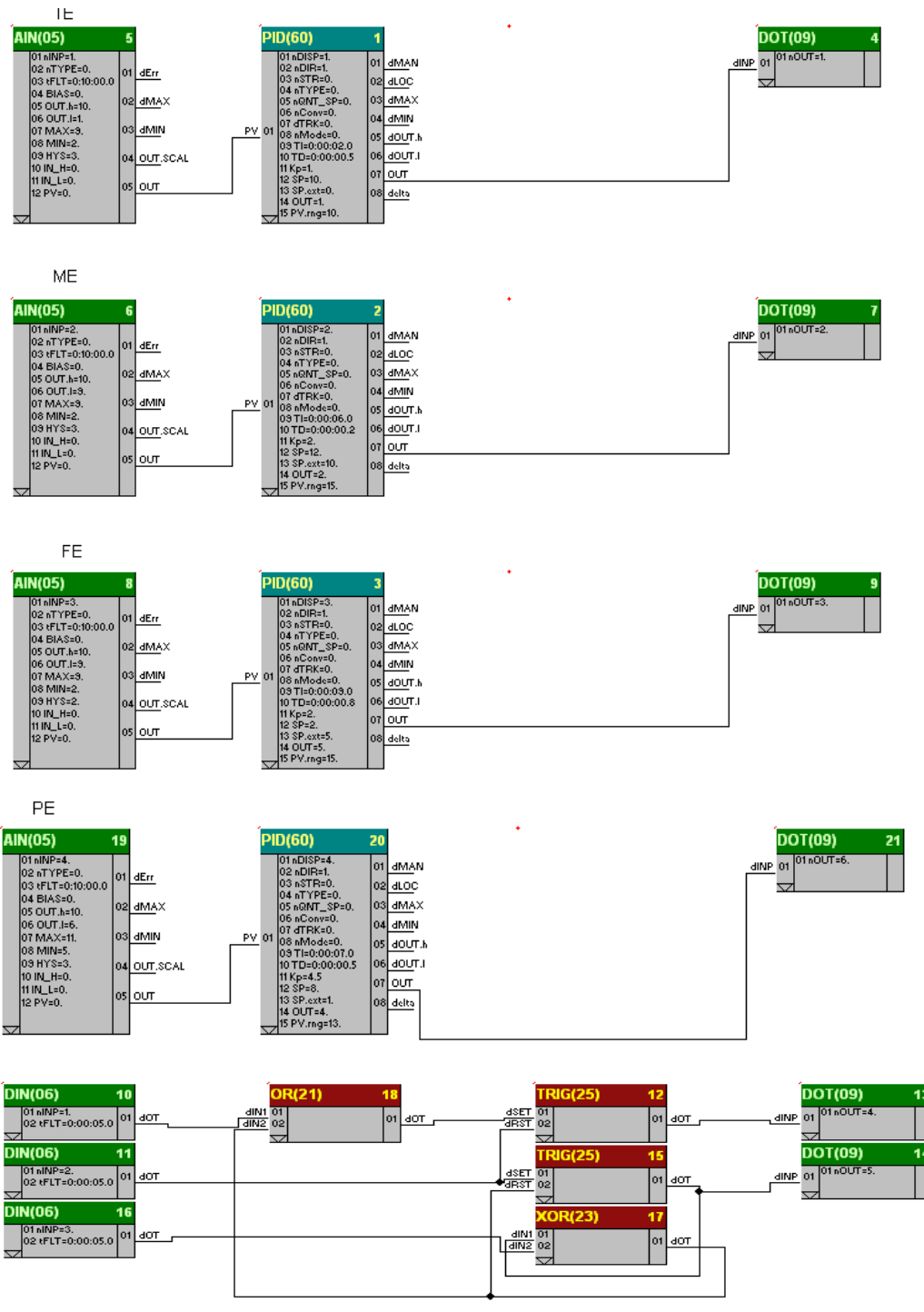


Рисунок 5.1. Блок-схема алгоритму управління процесом сушіння

## 5.2. Створення програм керування для контролера



В програму включено 4 аналогових входи (для давача вологості; давача температури; давача витрати; давача тиску). Для керування дозатором в програмі використовуються

3 дискретних входи та 2 дискретних виходи. Для керування заслінками та керованими клапанами використовуються дискретні виходи.



## **6 . ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

### **6.1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК І ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ РОЗРОБЛЯЮЧОГО ОБ'ЄКТУ.**

Управління всією системою вестиме оператора в інформаційному центрі. Вся інформація, що поступає, обробляється робочою станцією і зберігається на жорсткий диск. Оператор може контролювати роботу системи прочитуючи дані з монітора.

Наявний в даний час в нашій країні комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду обчислювальних центрів показує, що є можливість добитися значно великих успіхів в справі усунення дії на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Проте стан умов праці і його безпеки у ряді ВЦ ще не задовольняють сучасним вимогам. Оператори ЕОМ, оператори підготовки даних, програмісти і інші працівники ВЦ ще стикаються з дією таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика та інші.

Багато співробітників ВЦ пов'язано з дією таких психофізичних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Дія вказаних несприятливих чинників призводить до зниження працездатності, викликане стомленням, що розвивається. Поява і розвиток стомлення пов'язана із змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами в корі головного мозку. Наприклад сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням кольірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривала дія шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

Медичні обстеження працівників ВЦ показали, що окрім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму приводять до погіршення слуху. Тривале знаходження людини в зоні комбінованої дії різних несприятливих чинників може привести до професійного захворювання. Аналіз травматизму серед працівників ВЦ показує, що в основному нещасні випадки походять від дії фізично небезпечних виробничих чинників при заправці носія інформації на барабан, що обертається, при зняттю кожусі, при виконанні співробітниками невластивих ним робіт. На другому місці випадки, пов'язані з дією електричного струму.

Електричні установки, до яких відноситься практично все устаткування ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, оскільки в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт чоловік може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: токоведущі провідники, корпусу ЕОМ і іншого устаткування, що опинився під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають яких-небудь сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останньої через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування електроустановок ВЦ, що діють, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання низки організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки, що діють, при експлуатації електроустановок споживачів" (ПТЕ і ПТБ споживачів) і "Правила установки електроустановок" (ПУЕ). Залежно від категорії приміщення необхідно прийняти певні заходи, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустаткування. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники мають бути виконані з подвійною ізоляцією або їх напруга живлення не повинна перевищувати 42В. У ВЦ до

таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури. У особливо небезпечних же приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинно перевищувати 12В, а робота з напругою не вище 42В вирішується тільки із застосуванням СИЗИЙ (діелектричних рукавичок, килимків і тому подібне). Роботи без зняття напруги на токоведущих частинах і поблизу них, роботи проводяться безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менш встановленого ПЕУ. До цих робіт можна віднести роботи по налагодці окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000 В необхідне застосування певних технічних і організаційних мерів, таких як:

- огорожі, розташовані поблизу робочого місця і інших токоведущих частин, до яких можливий випадковий дотик;
- робота в діелектричних рукавичках, або стоячи на діелектричному килимку;
- застосування інструменту з ізолюючими рукоятками, за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Роботи цього вигляду винні виконуються не менше чим двома працівниками.

Відповідно до ПТЕ і ПТБ споживачам і обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються наступні вимоги:

- особи, що не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;
- обличчя не повинні мати каліцтв і хвороб, що заважають виробничій роботі;
- обличчя повинні після відповідної теоретичної і практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

У ВЦ розрядні струми статичної електрики найчастіше виникають при

дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але окрім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики у ВЦ покриття технологічної половини слід виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики у ВЦ можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

Основними потенційно небезпечними і шкідливими чинниками при експлуатації системи:

- небезпека поразки електричним струмом;
- підвищений рівень шуму;
- пожежна небезпека;
- іонізуюче випромінювання.

Розроблені заходи дозволяють понизити небезпечні і шкідливі чинники до допустимих норм, і тим самим забезпечити безпеку роботи оператора, що здійснює контроль роботи системи.

## 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 7.1 РОЗРАХУНОК ПОВНОЇ СОБІВАРТОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ

Собівартість продукту - це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут - повну собівартість. Розрахунок собівартості продукту за статтями витрат називається калькуляцією. Калькуляція собівартості програмного продукту здійснюється відповідно «Типовому положенню з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості». /Ссылка на літературу: Типове положення з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції. Затверджено КМ. України від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. - № 32-35/.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) продукту (система автоматичного керування барабанної зерносушарки) групуються за наступними статтями:

1. Матеріали і комплектуючі вироби.
2. Основна заробітна плата.
3. Додаткова заробітна плата.
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.
6. Загальновиробничі витрати.
7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.

### 7.1.1 Матеріали і комплектуючі вироби.

Розглядаються виходячи з відомостей на матеріали, сировину, що комплектують, операцію з розрахунку на 1 одиницю випуску.

Таблиця 7.1

#### Матеріали і комплектуючі вироби

Найменування	Кількість	Вартість, грн.
Пристрій ПЛК110[M02]	1	200000
Провідники	11 м	11000
Сумарна вартість купувальних виробів (Сп)		211000

### 7.1.2 Витрати на основну заробітну плату (З<sub>о</sub>):

$$Z_o = T \cdot C \cdot K \cdot A = 8 \cdot 500 \cdot 1 \cdot 2 = 8000 \text{ грн.} \quad (7.1)$$

де Т - сумарна трудомісткість розробки продукту (година).  
Визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво і наладку продукту;

С - середня годинна тарифна ставка 1 робочого, який задіяний у виробництві продукту, грн./час;

К - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

А - кількість працівників задіяних у виробництві.

### 7.1.3 Додаткова заробітна плата (10-30% від З<sub>о</sub>):

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{K_d}{100} = 8000 \cdot \frac{20}{100} = 1600 \text{ грн.} \quad (7.2)$$

де К<sub>д</sub> - відсоток додаткової заробітної плати.

7.1.4 Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати по встановлених ставках

- на обов'язкове державне пенсійне страхування - 33,2%;

- на державне страхування від нещасних випадків - 0,9%;

- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття - 1,3%;

- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, обумовленими народженням дитини і похованням, - 1,5%)

$$\dot{I}_{\text{пi}} = (\zeta\dot{i} + \zeta\dot{a}) \cdot \frac{36,9}{100} = (8000 + 1600) \cdot \frac{36,9}{100} = 3542,4\text{грн} \quad (7.3)$$

7.1.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:

Якщо устаткування знаходиться на балансі підприємства.

Витрати на зміст і експлуатацію устаткування (РСЕО) = основна зарплата \* %РСЕО, визначається з відомостей за аналізом повної собівартості продукту (в середньому 120-150%).

$$Z_{\text{уе}} = z_0 \cdot 150\% = 8000 \cdot 150\% = 12000\text{грн} \quad (7.4)$$

7.1.6 Загальновиробничі витрати.

Є витратами, пов'язаними з управлінням підрозділом, витратами на службові відрядження співробітників підрозділу (цехи), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальцехового призначення і так далі

Визначаються у розмірі 130-250% від основної зарплати.

$$Z_{\text{обц}} = z_0 \cdot 250\% = 8000 \cdot 250\% = 20000\text{грн} \quad (7.5)$$

### 7.1.7 Виробнича собівартість продукту.

$$Pc = cn + Zo + Zd + Hcm + Zue + Zobц = 211000 + 8000 + 1600 + 3542,4 + 12000 + 20000 = 256142,4 \text{ грн} \quad (7.6)$$

### 7.1.8 Адміністративні витрати.

Можуть включати:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані із сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, узятими в оренду (лізинг);
- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- податки, відрахування.

Визначаються у розмірі 140-200% від основної зарплати.

$$Za = zo \cdot 200\% = 800 \cdot 200\% = 16000 \text{ грн} \quad (7.7)$$

### 7.1.9 Витрати на збут.

Включають витрати на рекламу і передпродажну підготовку продукту. Орієнтування ці витрати визначаються у розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$$Zc = pc \cdot 10\% = 256142,4 \cdot 10\% = 25614,2 \text{ грн} \quad (7.8)$$

### 7.1.10 Повна собівартість продукту.

$$C = pc + za + Zc = 256142,4 + 16000 + 25614,2 = 297756,6 \text{ грн} \quad (7.9)$$



### 7.1.11 Калькуляція собівартості продукту зводиться в таблицю

Таблиця 7.2

Калькуляція собівартості системи автоматичного керування барабанної зерносушарки

Найменування статей калькуляції	Величина, грн
Матеріали і комплектуючі вироби.	211000
Основна заробітна плата	8000
Додаткова заробітна плата	1600
Відрахування на соціальні заходи	3542,4
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	12000
Загальновиробничі витрати	20000
Адміністративні витрати	16000
Витрати на збут	25614,2
<b>Повна собівартість продукту</b>	<b>297756,6</b>

## 7.2. РОЗРАХУНОК ЦІНИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/с плюс прибуток, забезпечення фіксованого об'єму прибули, залежно від рівня попиту [ 7].

Розрахунок оптової ціни продукту проведемо по схемі «собівартість плюс прибуток».

$$Ц_{opt} = З + П \quad (7.10)$$

де З - собівартість програмного продукту

П - величина прибули.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\%, \quad (7.11)$$

де  $R$  - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$\ddot{O}_{\text{opt}} = \ddot{N} + \frac{R \cdot C}{100} = 297756,6 + \frac{35\% \cdot 297756,6}{100} = 401971,4 \text{ грн}, \quad (7.12)$$

Позитивні сторони даної методики полягають в її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення і реалізації продукту. Недолік даної методики полягає в тому, що вона майже не враховує ринкові чинники ціноутворення і перш за все попит. Проте в умовах ринкової економіки існують ситуації, якщо підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку програмних продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

$$C_{\text{розн}} = c_{\text{опт}} \cdot 1,2 = 401971,4 \cdot 1,2 = 482365,7 \text{ грн} \quad (7.13)$$

де 20% ПДВ

Висновок. При визначенні повної собівартості системи автоматичного керування барабанної зерносушарки ми визначили, що вона рівна 297756,6 грн.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі я ознайомився з основними принципами процесу сушіння в барабанній сушарці та з основними параметрами, що впливають на цей процес. На основі набутих знань я спроектував автоматизовану систему керування процесом сушіння в барабанній сушарці.

Дана АСК процесом сушіння - це комплексна автоматизована система, яка побудована з використанням сучасних системи автоматизованого проектування та засобів автоматизації ПЛК110[M02] і ПК, що в цілому виконують функції вимірювання, контролю, автоматичного керування та регулювання, візуалізації процесу періодичної дії.

Спроектowana АСК забезпечує оптимальний режим роботи технологічного процесу. Для даної АСК обраний комплекс ТЗА. Розроблена програма керування для ПЛК110[M02] мовою FBD блоків.

Отже, в результаті виконання роботи була розроблена АСК процесом сушіння в барабанній сушарці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лисенко Є. В., Проектування автоматизованих систем керування технологічними процесами 2019
2. Вершинін О.Е. Застосування мікропроцесорів для автоматизації технологічних процесів.-К.: Енергоздат, 2019 – 208 с.
3. Рей У. Методи управління технологічними процесами – К. Мир.2019 – 868 с.
4. Довідник проектувальника автоматизованих систем управління промисловими процесами. -К.: Машинобудування. 2019 – 528 с.
5. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of electrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
6. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-IECON, November 2019.
7. Nyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2014.
8. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
9. Анісімов А.В. Інформаційні системи та бази даних: Навчальний посібник для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. / Анісімов А.В., Кулябко П.П. – Київ. – 2019. – 110 с.
10. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2019. – 212 с.
11. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2019. – 136с.
12. Павлов А. В. Багатовимірні системи автоматичного управління: конспект лекцій для студ. за спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології" денної, заочної та дистанційної форм навчання / А. В. Павлов, О. Ю. Журавльов, Г. А. Олексієнко. — Суми : СумДУ, 2018. — 67 с.