

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний

Автоматизації теплоенергетичних процесів

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ВОЛОЩУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Автоматизоване управління
технологічними процесами»**

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Автоматизована система керування нагрівальним колодязем»

Виконала:

студент IV курсу, групи ТА-81

Шумко Станіслав Олександрович _____

Керівник:

Старший викладач,

Любицький Сергій Вікторович _____

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Доктор технічних наук, професор

Глива Валентин Анатолійович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний

Автоматизації теплоенергетичних процесів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Автоматизоване управління технологічними процесами»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Володимир ВОЛОЩУК

«__» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт

студенту Шумку Станіславу

Олександровичу

1. Тема проєкту «Автоматична система керування нагрівальним колодязем», керівник проєкту Любицький Сергій Вікторович, старший викладач, затверджені наказом по університету від «08» червня 2022 р. № 965-с
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту: температура в колодязі до 1200 °С, температура газу та повітря на вході в діапазоні (25-30) °С та їх тиск в діапазоні (5-7) кПа, витрата газу та повітря до 1600 м³/год й 2200 м³/год відповідно, розрідження в колодязі (30-40) Па, температура димових газів до 600 °С, вміст кисню в димових газах (0,4-1,8)%
4. Зміст пояснювальної записки:

Постановка задачі АСК ТОК, Проєктування АСК ТОК, Розрахунок і моделювання АСК, Розробка програмного забезпечення, імітаційне

моделювання і аналіз функціонування АТК, Охорона праці, Розрахунок техніко – економічної ефективності АСК.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) :

Схема автоматизації функціональна, Специфікація обладнання, Схема принципова електрична, Креслення загального виду щита, Відомість дипломного проекту.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Глива В.А. д.т.н., професор		

7. Дата видачі завдання 2 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Постановка задачі автоматизації гідропонної теплиці	6.05.2022	
2	Схема автоматизації. Схема структурна ПТК		
3	Схема принципова електрична		
4	Синтез САР і аналіз її функціонування	20.05.2022	
5	Розрахунок вимірювальних і виконавчих каналів АТК		
6	Креслення щита загального виду		
7	Розрахунок надійності функціонування АСК	27.05.2022	
8	Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСК		
9	Охорона праці	05.06.2022	
10	Розрахунок техніко-економічної ефективності АСК		
11	Відомість дипломного проекту		
13	Передзахист ДП	15.06.2022	
14	Захист ДП	22.06.2022	

Студент

Станіслав ШУМКО

Керівник

Сергій ЛЮБИЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт виконаний на тему «Автоматизована система керування нагрівальним колодязем». Розроблена система керування призначена для контролю технологічним процесом нагрівом металевих зливків перед їх прокаткою.

Всі задачі, що були поставлені на початку роботи виконані, а саме: проведено огляд та аналіз об'єкта керування, що дозволило визначити основні технологічні параметри та засоби для автоматизації, розроблені функціональна схема автоматизації, розширена електрична схема підключень та креслення загального виду щита. Також були обрані методи та системи регулювання для всіх існуючих контурів регулювання.

Відповідно до особливостей об'єкту була створена програма для ПЛК у середовищі CODESYS та SCADA система, що розроблена у середовищі Indusoft Web Studio. Для того, щоб перевірити правильність роботи програми було проведено імітаційне моделювання на базі об'єкту створеного у Simulink.

Наступним етапом були виконані розрахунки техніко-економічних показників, в результаті яких система є економічно вигідною. Також, в розділі, що стосується охорони праці показано, що розроблена система є абсолютно безпечною та готова до впровадження.

Ключові слова: автоматична система керування, нагрівальний колодязь, співвідношення «паливо – повітря».

ABSTRACT

The diploma project was made on the topic "Automated control system of the heating well". The developed control system is designed to control the technological process by heating metal ingots before rolling.

All the tasks set at the beginning of the work were performed, namely: inspection and analysis of the control object, which allowed to determine the main technological parameters and tools for automation, developed a functional scheme of automation, extended wiring diagram and drawings of the general shield. Control methods and systems were also selected for all existing control circuits.

According to the specifics of the object, a program for PLC in the CODESYS environment and a SCADA system developed in the Indusoft Web Studio environment were created. In order to verify the correctness of the program, simulation was performed on the basis of an object created in Simulink.

The next stage was the calculation of technical and economic indicators, as a result of which the system is economically viable. Also, the section on labor protection shows that the developed system is completely safe and ready for implementation.

Key words: automatic control system, heating well, fuel - air ratio.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «АСК нагрівального колодязя»

Київ – 2022 року

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСК – автоматична система керування;

САР – система автоматичного регулювання;

РО – регулюючий орган;

ВМ – виконавчий механізм;

ПІ - регулятор – пропорційно - інтегральний регулятор;

$W(p)$ – передавальна функція;

РАФХ – метод розширеної амплітудно - фазової характеристики;

ПЛК – програмно-логічний контролер;

ПЗ – програмне забезпечення;

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОК.....	10
1.1 Характеристика ТОК.....	11
1.2 Ідентифікація ТОК	11
1.3 Огляд і аналіз сучасних АСУ ТОУ.....	13
1.4 Обґрунтування і вибір структур САР.....	14
1.5 Опис функціональної структури АСУ ТП	16
1.6 Опис вимог до реалізації АСУ ТП	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ АСК ТОК	10
2.1 Опис схеми автоматизації.....	18
2.2 Обґрунтування та вибір засобів автоматизації	18
2.3 Опис структури ПКА	12
2.4 Технологічні вимірювання.....	13
2.5 Виконавчі механізми та регулюючі органи	14
2.6 Рішення з мережевої автоматизації	18
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ САР.....	16
3.1 Вибір типорозміру регулюючого органу	16
3.2 Вибір типу ВМ.....	17
3.3 Розрахунок вимірювальних каналів	17
3.4 Розрахунок надійності САР	17
3.5 Синтез САР і аналіз її функціонування.....	24
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	50
4.1 Програмування ПЛК	50
4.2 Розробка SCADA системи	52
РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ АТК	54
5.1 Опис структурного полігону	54
5.2 Імітаційне моделювання	56

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	АСК нагрівальним колодязем				Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Шумко С.О.									
Перевірив		Любицький С.В.									
Н. Контр.		Некрашевич О.В.									
Затверд.		Волощук В.А.									
									«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ТЕФ, ТА-81		

5.3 Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСК	57
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
6.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації	64
6.2 Промислова санітарія	66
6.3 Пожежна безпека	71
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІКО-ОГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	74
7.1 Розрахунок вартості впровадження САР	74
7.2 Розрахунок техніко-економічного ефекту від впровадження САР	76
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Будь-яке підприємство сьогодні, що хоче бути конкурентоспроможним – автоматизується. Не є виключення і важке металургійне виробництво. Впровадження автоматизації допомагає зменшити витрати, та підвищити ефективність. Зменшується вплив людського фактору, оскільки системою керує програмно логічний контролер, а людина більшу частину часу займається спостереженням та аналізом технологічним процесом.

У даному дипломному проєкті представлено автоматизовану систему керування нагрівального колодязя. Перед прокаткою металічних зливків, їх розігрівають у спеціальних ямах, що називаються нагрівальними колодязями. Особливістю автоматизації даного ланцюга виробництва є контроль температури зливка та режиму його прогріву, оскільки недогрів або перегрів може призвести до браку зливка. Якісна автоматизація в свою чергу дозволяє зекономити паливе, що йде на нагрів, та зменшити вірогідність надзвичайних ситуацій.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОК

1.1 Характеристика ТОК

Серцем важкої промисловості була та буде металургія чорних металів. Темою даної роботи є автоматизація нагрівального колодязя, що використовується на заводах з прокатки металів, цей продукт зазвичай потрібен в великих кількостях, тому збільшення його випуску за рахунок збільшення ефективності підприємства а не його розмірів, постійно має запит. Нагрівальні колодязі – представляють собою яму в яку за допомогою крані опускаються зливки, їх розігрівають, після чого прокатують.

Складність в управлінні процесом виникає при нагріванні оскільки не достатньо просто довести температуру в камері до потрібного значення. Важливо нагріти його плавно, витримавши потрібну кількість часу, якщо цього не робити то зливок втратить свої властивості або ж почне руйнуватися.

Ручне керування в такій системі призводить до значного зниження ефективності, тому на всіх виробництвах цим процесом займаються спеціалізовані системи на базі ПЛК. Контролер слідкує за всіма параметрами та регулює їх по мірі протікання процесу. В нашому випадку регулюється температура в камері, розрідження, та кількість повітря що подається. Задавати режим роботи спираючись на вимір температури поверхні зливка досить важко, тому в основному режим роботи визначається виходячи із спеціальних інструкцій. Вони одержуються шляхом дослідів при роботі колодязя, тому є досить точними. Для їх використання достатньо знати фізичні параметри зливка. Тому набагато простіше та дешевше створити програму яка буде підібрати режим роботи використовуючи ці інструкції. Сам нагрів відбувається у дві фази. Під час першої фази у комірці досягається потрібна температура. Друга фаза – це витримка, температура підтримується на потрібному рівні щоб прогріти весь об'єм зливка. Іншим важливим

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

параметром регулювання є визначення співвідношення палива та повітря. Зазвичай воно розраховується просто базуючи на витраті газу. Одна для підвищення ефективності згоряння була застосована кореляція по вмісту кисню.

Таблиця 1.1 - Перелік технологічних параметрів

Номінальний параметр	Одиниці вимірювання	Номінальне значення
Температура димових газів	°C	600
Температура в топці	°C	1200
Витрата газу	м³/год	1600
Витрата повітря	м³/год	2200
Температура на вході в систему газу	°C	30
Температура на вході в систему повітря	°C	30
Тиск на вході в систему повітря	кПа	6
Тиск на вході в систему газу	кПа	7
Вміст кисню в шлакових газах	%	2

1.2 Ідентифікація ТОК

Нагрівальний колодязь, є нашим об'єкт керування й основним параметром що регулюється в ньому є температура. Провівши аналіз стає зрозумілим, що наш об'єкт є статичним. Робимо висновок, що апроксимувати його потрібно за допомогою аперіодичної ланки та ланки

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортного запізнення, зв'язаних послідовно..

Використовуючи літературні джерела отримуємо передавальну функцію об'єктами:

$$W(s) = \frac{1.37}{800s + 1} e^{-15s}$$

Отримаємо графік перехідного процесу в програмі Simulink

$h(t)$

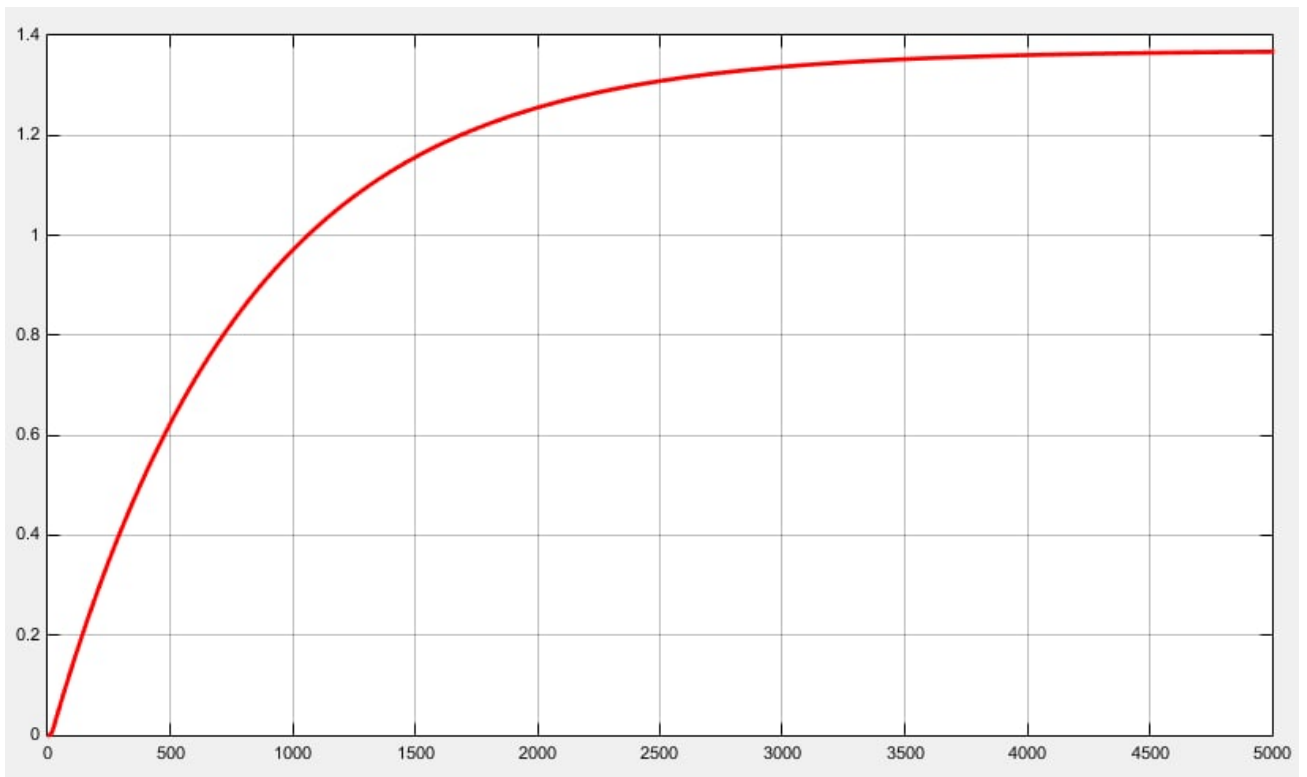


Рисунок 1.1 - Перехідна характеристика об'єкту керування

1.3 Огляд і аналіз сучасних АСУ ТОВ

Автоматизована система не просто повинна регулювати параметри, крім цього необхідно створити високоточну стабілізацію параметрів, їх контроль, сигналізацію про аварії. Ручне керування для АСУ нагрівального колодязя, окрім того, що є дуже не ефективним, ще й може бути небезпечним

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

для цілісності самої системи та робітників підприємства. Взявши до уваги вище сказане можна заключити, що система повинна слідкувати та керувати такими параметрами як:

- 1) Температура палива
- 2) Температура повітря
- 3) Температура в колодязі
- 4) Температура димових газів
- 5) Тиск палива
- 6) Тиск повітря
- 7) Розрідження в колодязі
- 8) Витрата палива
- 9) Витрата повітря
- 10) Вміст кисню в димових газах

1.4 Обґрунтування і вибір структур САР

Наявні наступні контури регулювання:

1. Регулювання температури відбувається за рахунок зміни витрати газу що йде на горіння. Для цього контуру була обрана одноконтурна САР. Отримуючи дані від датчика температури, що знаходиться в колодязі, ПЛК генерує керуючий сигнал на ВМ, що змінює положення РО, змінюючи витрату палива і таким чином стабілізуючи температуру.

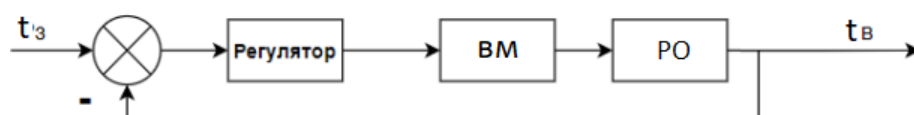


Рисунок 1.2 - Одноконтурна система регулювання температури

2. Для регулювання подачі повітря можна використати звичайну одноконтурну схему «паливо – повітря» або покращити її додавши кореляцію по вмісту кисню. У першому випадку реалізація простіша та дешевша, проте зменшується суттєво ефективність згоряння газу. В свою чергу другий варіант реалізації відповідає каскадній структурній схемі системи регулювання. Стабілізація витрати повітря до заданого рівня відбувається, залежно від кількості газу що йде на спалювання, співвідношення «паливо-повітря» що було задане та вмісту кисню в димових газах. Необхідна кількість повітря рахується як добуток необхідної, в теорії, кількості повітря для того щоб газ повністю згорів і коефіцієнту по надлишковому повітрі. Залежно від вмісту кисню регулятор корегує витрату повітря. Така система є ефективнішою в порівнянні з простою одноконтурною системою.

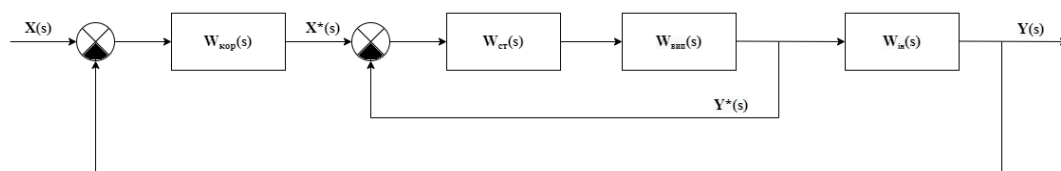


Рисунок 1.3 - Каскадна система регулювання витрати повітря

3. Регулювання розрідження в колодязі регулюється за допомогою вентилятора, встановленого в димовідвідний тракт. При регулюванні застосовують просту, одноконтурну, схему керування. На регулятор надходить значення тиску з датчика тиску, встановленого у колодязі, його значення порівнюється із заданим. Регулятор змінює частоту обертання вентилятора в залежності від різниці тиску.

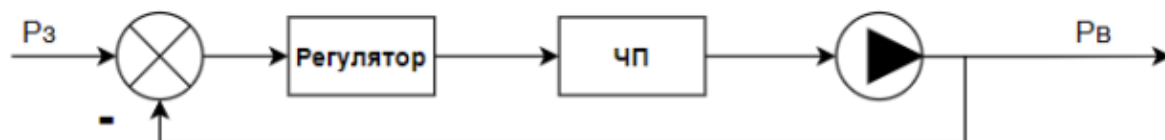


Рисунок 1.4 - Одноконтурна система регулювання тиску

1.5 Опис функціональної структури АСУ ТП

Основні три функції наявні в системі:

- Регулююча;
- Інформаційна;
- Захисна;

Функція керуюча – створена для стабілізації параметрів на потрібному рівні. У нашій системі це:

- Стабілізація температури в колодязі за допомогою одноконтурної системи;
- Стабілізація витрати повітря до пальника, каскадна система;
- Стабілізація розрідження в колодязі, одноконтурна система;

Функція інформаційна – реалізує безперервну, точну передачу даних від датчиків, до контролера для їх подальшої обробки та архівації. Наприклад:

- Температура палива;
- Температура повітря;
- Температура в колодязі;
- Температура в димових газах;
- Тиск палива;
- Тиск повітря;
- Розрідження в колодязі;
- Витрата палива;
- Витрата повітря;
- Вміст кисню в димових газах;

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція захисту – ця функція створена, щоб система могла уникнути непередбачуваних ситуації в наслідок позаштатних інцидентів. Система реагує на такі ситуації як:

- Сигналізація при небезпеці згоряння вентилятора, що прокачує димові гази.
- Сигналізація та припинення подачі палива при надто високій температурі в колодязі.
- Сигналізація про перевищення тиску в нагрівальному колодязі.

1.6 Опис вимог до реалізації АСУ ТП

Враховуючи особливості АСУ ТП нагрівального колодязя , можна виокремити декілька пунктів на які потрібно звернути увагу. Такими пунктами є:

- Максимально можлива точність датчиків;
- Забезпечення обладнанням, що буде максимально надійним та безперервно працюючим;
- Мінімізація потреби в людині при роботі системи.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ АСК ТОК

2.1 Опис схеми автоматизації

Починається процес з того що задається температура до якої потрібно нагріти колодязь. ПЛК отримує сигнал від датчика температури (поз. 5а) і подає сигнал на ВМ (поз. 4а) що змінює витрату природного газу. Після чого залежно від значення витрати з витратоміра (поз. 4б) да рівня кисню з датчика (поз. 8а), ПЛК генерує керуючий сигнал на частотний перетворювач (поз. 3а) який змінює частоту обертання вентилятора, що змінює витрату повітря яке йде на горіння. Тиск в топці вимірюється датчиком тиску (поз. 6а) залежно від його значення змінює свій режим роботи вентилятор що управляється частотним перетворювачем (поз. 9а). Щоб димові гази не спалили вентилятор, їх температуру контролює датчик (поз. 7а). Датчики на повітропроводі (поз. 1а, 1б) та на газопроводі (поз. 2а, 2б), слугують для контролю параметрів газів що надходять у систему задля уникнення аварійних ситуацій.

2.2 Обґрунтування та вибір засобів автоматизації

Основними вимога для приладів будуть:

- Мінімальна похибка при вимірюванні;
- Мінімальний час реагування на зміну параметрі вимірюваного середовища;
- Значення та тип вихідного сигналу;
- Діапазон при якому працює прилад.

Датчики температури були обрані двох типів:

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) Термопара з металевою захисною трубкою та з керамічною внутрішньою трубкою Rosemount 1075 з вихідним сигналом (0...10)В. Вимірює температуру в колодязі та температуру димових газів, температурний діапазон (-50...+1350)°С, що і необхідний для роботи у заданих середовищах
- 2) Pt1000 від RAUT-automatics, вихідний сигнал (0...10)В. Вимірює температуру палива та повітря на вході в систему, діапазон вимірювання (-50...+150)°С, чого повністю достатньо.

Датчики тиску:

- 1) XMLP004GD21F від Schneider Electric, вихідний сигнал (4...20)мА. Має діапазон вимірювання (0...10)кПа, дешевий та надійний варіант.
- 2) DMP 343 від BD Sensor, вихідний сигнал (4...20)мА. Може працювати в середовищах з високою температурою, та має діапазон (0...100)Па, тому і був підібраний.

Датчик кисню АНГОР-С, вихідний сигнал (4-20)мА. Має достатню точність та фізичні характеристики щоб працювати заданих умовах, тому є найоптимальнішим варіантом.

2.3 Опис структури ПТК

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

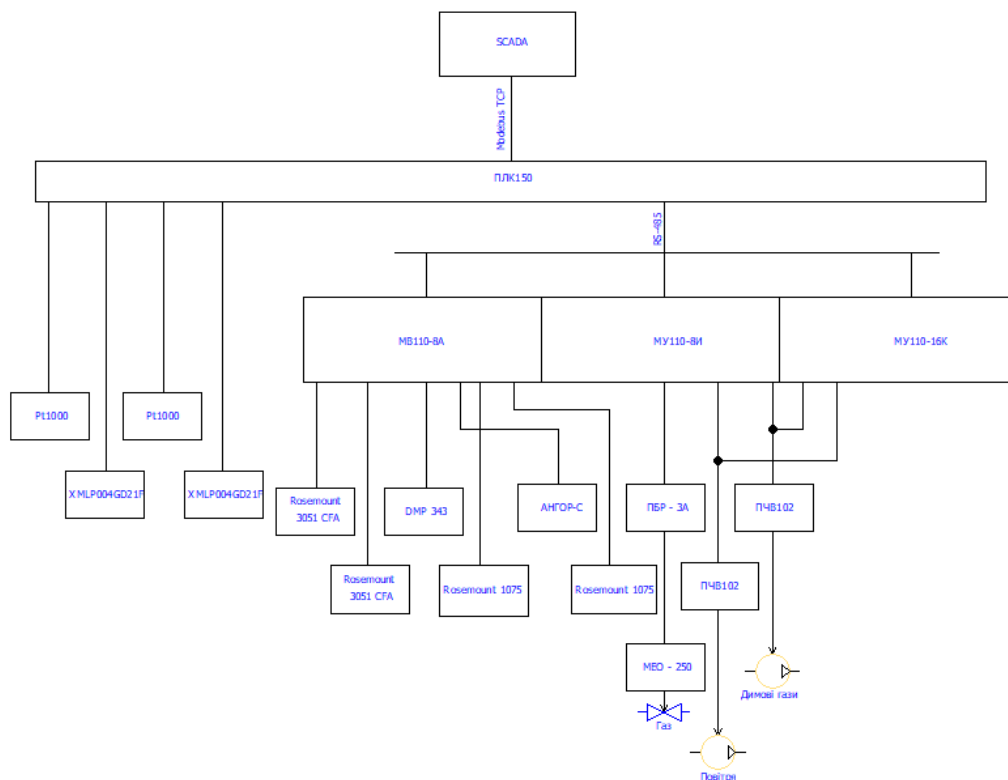


Рисунок 2.1 - Структура ПТКЗА

На структурі ПТКЗА зображено два рівні АСУ ТП. Перший з яких – це нижній рівень, представляє собою всі датчики, які надсилають дані до контролера, та виконавчі механізми, що отримують керуючі сигнали та надсилаються інформацію про свій стан. Верхній рівень, це SCADA (InduSoft Web Studio) в яку через ПЛК надходить інформація з датчиків, після чого формується керуючий сигнал на ВМ від SCADA через ПЛК. SCADA слугує для віддаленого управління системи оператором.

2.4 Технологічні вимірювання

1) Температура природного газу на вході у систему (поз. 2а).

Діапазон зміни температури (25-30) °С. Температура вимірюється за допомогою датчика температури Pt-1000. Даний прилад має температурний діапазон 0...+40 °С та похибку вимірювання ± 0.2 °С

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

2) Температура повітря на вході у систему (поз. 1а).

Діапазон зміни температури (25-30) °С. Температура вимірюється за допомогою датчика температури Pt-1000. Даний прилад має температурний діапазон 0...+40 °С та похибку вимірювання ± 0.2 °С

3) Тиск тиск природного газу на вході системи (поз. 2б)

Діапазон зміни тиску (5-7) кПа. Тиск вимірюється за допомогою датчику XMLP004GD21F. Прилад має діапазон вимірювання 0-10 кПа та похибку вимірювання 0.5 %

4) Тиск тиск повітря на вході системи (поз. 1б)

Діапазон зміни тиску (5-6) кПа. Тиск вимірюється за допомогою датчику XMLP004GD21F. Прилад має діапазон вимірювання 0-10 кПа та похибку вимірювання 0.5 %

5) Витратомір виміряє витрату газу що йде на нагрівання колодязя (поз. 4б)

Діапазон зміни витрати (0-1600) м³/год. Витрата вимірюється за допомогою датчику Rosemount 3051 CFA. Прилад має діапазон вимірювання 0-2400 м³/год та похибку вимірювання 0.5 %

6) Витратомір виміряє витрату повітря що йде на нагрівання колодязя (поз. 3б)

Діапазон зміни витрати (0-2200) м³/год. Витрата вимірюється за допомогою датчику Rosemount 3051 CFA. Прилад має діапазон вимірювання 0-2400 м³/год та похибку вимірювання 0.5 %

7) Температура у колодязі (поз. 5а)

Діапазон зміни температури (-30-1200) °С. Температура вимірюється за допомогою датчика температури Rosemount 1075. Даний прилад має температурний діапазон -50...+1350 °С та похибку вимірювання ± 1.8 °С

8) Розрідження у колодязі (поз. 6а)

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон зміни тиску (30-40) Па. Розрідження вимірюється за допомогою датчика тиску DMP 343. Даний прилад має діапазон 0...100 Па та похибку вимірювання 0.5 %

9) Температура димових газів (поз. 7а)

Діапазон зміни температури (-30-600) °С. Температура вимірюється за допомогою датчика температури Rosemount 1075. Даний прилад має температурний діапазон -50...+1350 °С та похибку вимірювання ± 1.8 °С

10) Вміст кисню в димових газах (поз. 8а)

Діапазон зміни вміст (0,4-1,8) %. Вміст кисню вимірюється датчиком АНГОР-С. Даний прилад має діапазон 0...100% та похибку вимірювання ± 0.2 %

2.5 Виконавчі механізми і регулюючі органи

У якості ВМ на об'єкті використовуються електропривод для відкриття клапану та частотний перетворювач для керування вентилятором. Для керування ВМ використовується електричний пускач. Якщо керуючий сигнал не надходить клапан нормально закритий, а вентилятор не працює.

2.6 Рішення з мережевого обміну даними

Усі прилади для виміру параметрів системи таких, як тиску, температури та вмісту кисню, передають дані на ПЛК уніфікованим сигналом. Датчики зв'язані на пряму з ПЛК або ж через один з модулів.

Контролер з модулями об'єднані інтерфейсом RS-485, та здійснюють обмін по протоколу OWEN.

Нижній рівень з верхнім здійснюють обмін використовуючи протокол ModbusTCP, через Ethernet інтерфейс.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ САР

3.1 Вибір типорозміру регулюючого органу

Щоб дізнатися типорозмір, необхідно встановити мінімальний перепад тиску якщо РО відкритий та максимальне значення витрати газу.

$$Q_{max} = 1600 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$\Delta P_{po}^{min} = 2.34 \text{ бар}$$

За формулою нижче можемо визначити перепускну здатність:

$$K_{vy} \frac{Q_{max}}{\sqrt{\Delta P_{po}^{min}}} \quad (3.1)$$

Розраховуємо

$$K_{vy} = \frac{Q_{max}}{\sqrt{\Delta P_{po}^{min}}} = \frac{1600}{\sqrt{2.34}} = 1342 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (3.2)$$

Користуючись табличними значеннями визначаємо потрібне значення умовної перепускну здатності:

$$D_y = 200 \text{ мм}$$

3.2 Вибір типу ВМ

У якості виконавчого механізму для поворотного затвору в комплекті являється електропривод МЕО – 250/10-0,25-92К з аналоговим керування (4-20) мА.

3.3 Розрахунок вимірювальних каналів

В замкнених АСР точність регулювання визначається тільки похибкою задавача, так як стабілізація параметра на заданому рівні

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

впродовж тривалого часу еквівалентна багатократному вимірюванню. Тому до вимірювальних каналів регулятора не пред'являються високі вимоги по точності. Похибка інформаційних вимірювальних каналів повинна бути зведена до мінімуму.

Схема вимірювальних каналів виглядає наступним чином.

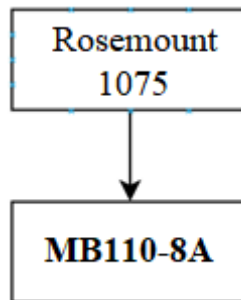


Рисунок 3.1 - Схема структурна ВК температури

Приймемо максимальну абсолютну похибку для каналу

Таблиця 3.1- Елементи вимірювальний каналів

Елемент ВК	Тип	Клас точності	Діапазон вимірювання
Датчик температури	Rosemount 1075		-50...1300°C
Модуль	MB110-8A	0.5	4...20 мА

Для модуля, використовуючи формулу нижче, розраховуємо абсолютну похибку:

$$\Delta = \varepsilon_{кл} \frac{X_{\max} - X_{\min}}{100\%}; \quad (3.3)$$

де $\varepsilon_{кл}$ - клас точності; $X_{\max}, X_{\min}$ - максимальна та мінімальна величина вимірюваного параметру.

Для датчику температури абсолютна похибка вже вказана в його документації:

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_1 = 1.8^\circ\text{C}$$

В свою чергу модуль:

$$\Delta_2 = 0.5 \frac{1650}{100} = 8.25^\circ\text{C}$$

Обрахунок абсолютної та відносної похибки проведемо формулою:

$$\Delta_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2} = \sqrt{1.8^2 + 8.25^2} = 8.44^\circ\text{C}$$

де Δ_n – являє собою абсолютну похибку ВК по температурі.

Рахуємо відносну похибку ВК:

$$\eta_{\text{ВК } n} = \frac{\Delta_{\text{ВКР}}}{X} = \frac{8.44}{1600} = 0.0052$$

Абсолютна похибка для ВК розрідження менша за допустиму, отже отримана точність вимірювання по ВК задовольняє потребам.

3.4 Розрахунок надійності САР

Спочатку розберемо інформаційні канали. Для інформаційного каналу показниками надійності будуть τ - це ймовірність безвідмовної роботи, чи середнє напрацювання на відмову $T_{\text{сер}}$. Оскільки у разі поломки ми втрачаємо всю інформацію з каналу остаточно, без можливості її відновлення, така умова є достатньою.

Для розрахунків будемо користуватися наступними формулами:

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} \quad (3.4)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3.5)$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} \quad (3.6)$$

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

λ – загальна інтенсивність відмов

$P(\tau)$ – ймовірність безвідмовної роботи Р за певний час

Припустим $\tau = 680$ год

Почнемо аналізувати схеми надійності інформаційних функцій



Рисунок 3.2 - Інформаційний канал для виміру температури в колодязі

Таблиця 3.2 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$
Датчик температури Rosemount 1075	16.32
Модуль МВ110-8А	7.4
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
ПК	11.4
ДКМ	1

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (13,55 + 7,4 + 3,2 + 11,4 + 1) \cdot 10^{-6} = 36,55 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{36,55 \cdot 10^{-6}} = 27\,359 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-36,55 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0,979$$



Рисунок 3.3 - Інформаційний канал для виміру розрідження в топці

Таблиця 3.3 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год
Датчик розрідження DMP 343	11.74
Модуль МВ110-8А	7.4
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
ПК	11.4
ДКМ	1

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (11,74 + 7,4 + 3,2 + 11,4 + 1) \cdot 10^{-6} = 34,74 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{34,74 \cdot 10^{-6}} = 28\,785 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-34,74 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0,98$$



Рисунок 3.4 - Інформаційний канал для виміру витрати

Таблиця 3.4 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$
Витратомір Rosemount 3051 CFA	10
Модуль MB110-8A	7.4
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
ПК	11.4
ДКМ	1

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (10 + 7,4 + 3,2 + 11,4 + 1) \cdot 10^{-6} = 33 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{33 \cdot 10^{-6}} = 30\,303 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-33 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0,975$$



Рисунок 3.5 - Інформаційний канал для виміру вмісту кисню

Таблиця 3.5 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$
АНГОР-С	18.21
Модуль MB110-8A	7.4
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
ПК	11.4
ДКМ	1

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (18,21 + 7,4 + 3,2 + 11,4 + 1) \cdot 10^{-6} = 41.21 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{41.21 \cdot 10^{-6}} = 24\,265 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-41.21 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0,984$$

Тепер розглянемо керуючу функцію. Для неї встановлюються жорсткіші вимоги, через що потрібно характеризувати надійність цього каналу використовуючи $T_{\text{сер}}$ а також час відновлення працездатності $T_{\text{в}}$. Встановимо значення $T_{\text{в}} = 4 \text{ год}$ та $T_{\text{доп}} = 12 \text{ год}$.



Рисунок 3.6 - Структурна схема керуючої функції

Таблиця 3.6 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}$
Датчик температури Rosemount 1075	13.5
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
Модуль МВ110-8А	7.4
Модуль МУ110-8И	11,19
МЕО - 250	23
ДКМ	1
ПК	11

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (13,5 + 3,2 + 7,4 + 11,19 + 23 + 1 + 11) \cdot 10^{-6} = 58.29 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{58.29 \cdot 10^{-6}} = 17155 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-58,29 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0.978$$

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-\frac{T_{доп}}{T_B}} = 1 - e^{-\frac{12}{4}} = 0.95$$

В кінці проаналізуємо захисні функції. Вони мають найжорсткіші вимоги, оскільки від них залежить наскільки адекватно себе буде поводити система в аварійних ситуаціях, вона характеризується, $T_{сер}$, $K_{зот}$, $P_{оч}$.

Знаходимо чому дорівнює ймовірність безвідмовної роботи за час T_B :

$$P_B(\tau) = P(\tau) + (1 - P(\tau))P_B(\tau) = 0.978 + (1 - 0.978) * 0.95 = 0,9983$$

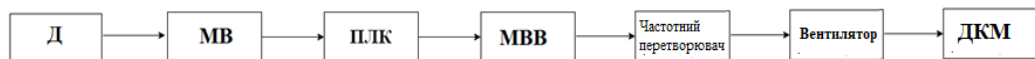


Рисунок 3.7 - Структурна схема захисної функції

Таблиця 3.7 - Інтенсивність відмов

Елементи	$\lambda \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$
Датчик температури Rosemount 1075	13.5
ПЛК 150 ОВЕН	3.2
Модуль МВ110-8А	7.4
Модуль МУ210	11,19
МЕО - 250	23
ДКМ	1
ПК	11
Частотний перетворювач ПЧВ102 з насосом	15.1

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (13,5 + 3,2 + 7,4 + 11,19 + 23 + 1 + 11 + 15,1) \cdot 10^{-6}$$

$$= 86.39 \cdot 10^{-6}$$

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{86.39 \cdot 10^{-6}} = 11\,575 \text{ год}$$

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-86.39 \cdot 10^{-6} \cdot 680} = 0.95$$

$$K_{\text{гот}} = \frac{T_{\text{сер}}}{T_{\text{сер}} + T_{\text{в}}} = \frac{11\,575}{11\,575 + 4} = 0,99983$$

$$P_{\text{оч}}(\tau) = P(\tau) * K_{\text{гот}} = 0,95 * 0,99983 = 0,949$$

Таблиця 3.8 - Результати розрахунку функцій відмов

Функція	$\lambda \cdot 10^6, 1/\text{год}$	$T_{\text{сер}}, \text{год}$	$P(\tau)$
Інформаційна (температура)	36.55	27 359	0.979
Інформаційна (розрідження)	34.74	28 785	0.98
Інформаційна (витрата)	33	30 303	0.975
Інформаційна (вміст кисню)	41.21	24 265	0,984
Регулююча	58.29	17155	0,975
Захисна	86.39	11 575	0,95

Рівень надійності АСК повинен відповідати вимогам, які описані нижче, при $T_{\text{зад}} = 11000$:

Середнє напрацювання на відмову для усіх функцій $T_{\text{сер}} > T_{\text{зад}}$;

Середній час відновлення для керуючої функції $T_{\text{в}} < 4$ год;

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт готовності для захисної функції $K_{\text{гот}} > 0.998$.

3.5 Синтез САР і аналіз її функціонування

Спочатку ми будемо розглядати САУ одноконтурну з інерційним об'єктом. Беремо параметри об'єкта керування з літературних джерел.

$$K_{\text{об}} = 1.37$$

$$T_{\text{об}} = 800\text{с}$$

$$\tau_{\text{об}} = 15\text{с}$$

Отримуємо такий вигляд перехідної характеристики об'єкту:

$$W(s) = \frac{1.37}{800s + 1} e^{-15s}$$

Змоделюємо її у програмі Simulink.

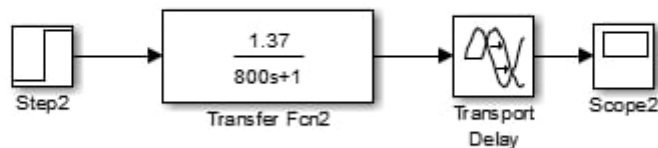


Рисунок 3.8 - Схема об'єкту

Отримуємо такий графік

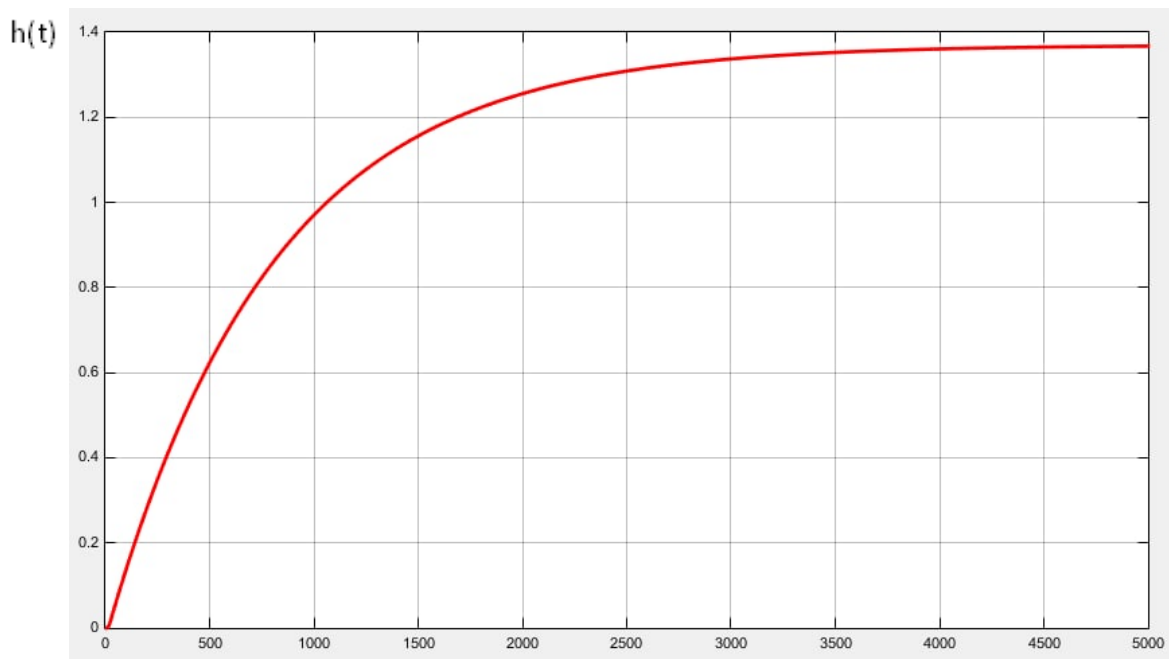


Рисунок 3.9 - Перехідна характеристика об'єкта керування

Будуємо АФХ для нашого об'єкта. Код з М-файла:

```
w=0.15:0.0001:2;
p=1j*w;
W=(1.37.*exp(-15.*p))./(800.*p);
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im);
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
```

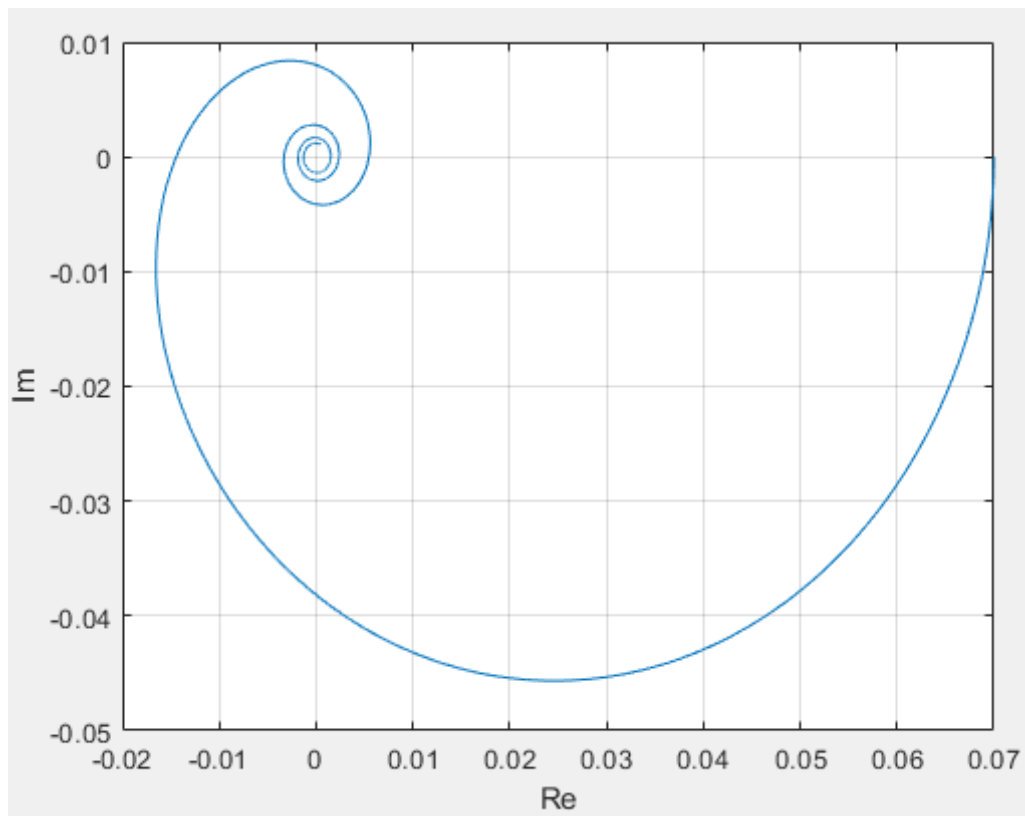


Рисунок 3.10 - АФХ об'єкту

Для розрахунків налаштування регулятора будуть використовуватися наступні методи:

- Інженерним з 0-% перерегулюванням
- Методом РАФХ

Розрахунок налаштувань регулятора методом с 0-% перерегулюванням

Формули для розрахунку параметрів ПІ-регулятора:

$$K_p = \frac{0.375 * (T_{об} + \tau_{об})}{K_{об} * (0.5 * \tau_{об} * (2T_{об} + \tau_{об}) + 0.0781)}$$

$$T_p = T_{об} + \tau_{об} - \frac{0.5 * \tau_{об} * (2T_{об} + \tau_{об}) + 0,0781}{T_{об} + \tau_{об}}$$

Підставляємо значення і маємо:

$$K_p = 0.18$$

$$T_u = 800.33$$

Передавальна функція ПІ-регулятора:

$$W_p(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_u s}) = 0.18(1 + \frac{1}{800.33s})$$

Будуємо перехідні процеси для одноконтурної системи з необхідними налаштуваннями для каналів завдання та збурення.

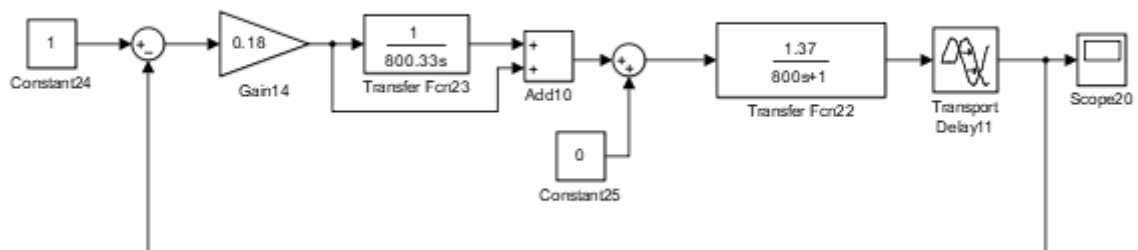


Рисунок 3.11 - Схема для моделювання замкненої системи за каналом завдання

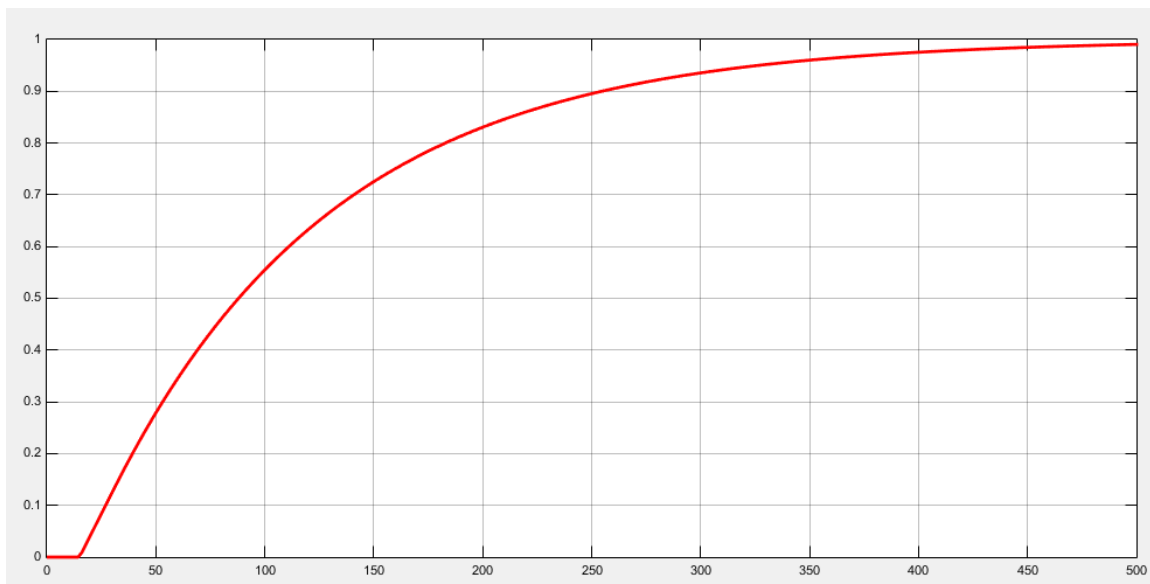


Рисунок 3.12 - Змодельована перехідна характеристика для замкненої системи за каналом завдання - вихід

Схема для моделювання системи по каналу збурення:

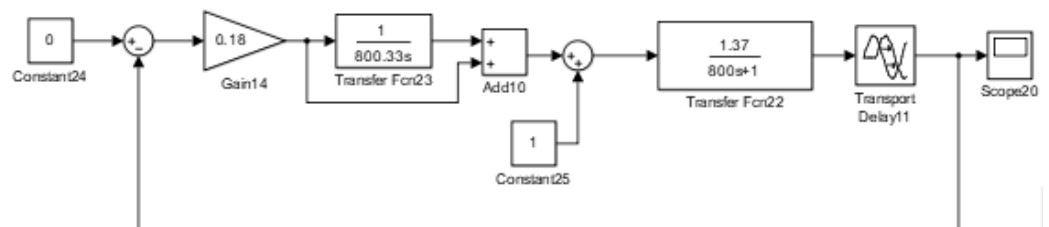


Рисунок 3.14 - Схема для моделювання замкненої системи по каналу збурення

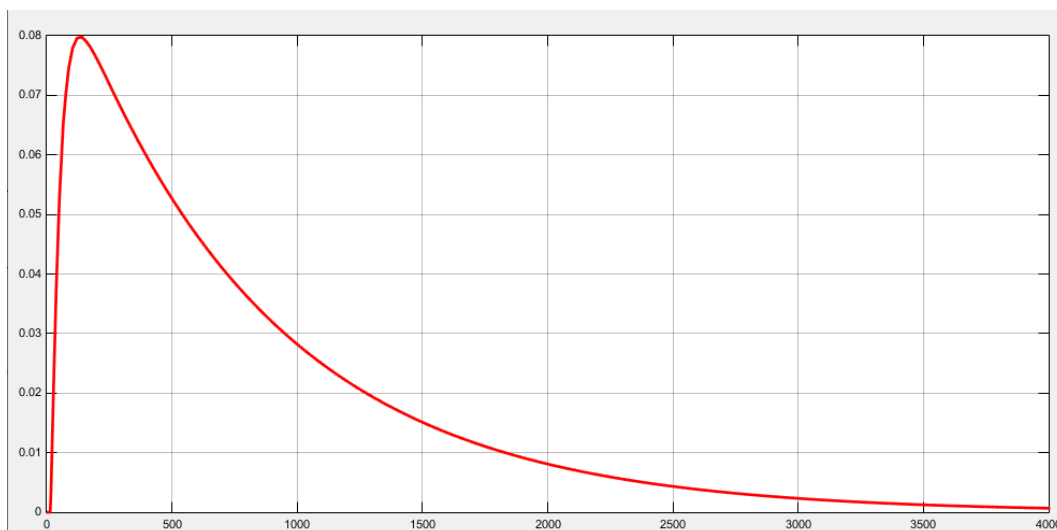


Рисунок 3.15 - Змодельована перехідна характеристика для замкненої системи через канал збурення - вихід

Таблиця 3.9 - Прямі показники якості що були отримані після дослідження перехідних процесів перехідних процесів

Показник якості	Канал завдання - вихід	Канал збурення - вихід	Налаштування
Статична похибка	0	0	$K_p = 0.18$ $T_i = 800.33$
Динамічна похибка	0	0.08	
Ступінь затування	1	1	
Час перехідного процесу, с	332.7	1450	
Перерегулювання, %	0	0	

Розрахунок налаштувань регулятора методом РАФХ

Користуючись методом РАФХ ми можемо забезпечити потрібну точність налаштувань оптимізації одноконтурних систем з класичними

законами регулювання: інтегральним, пропорційним і пропорційно-інтегральним. Сам метод полягає у наступному.

Такий вигляд має функція передавальна замкнутої одноконтурної системи:

$$W_{\text{зс}}(p) = \frac{W_{\text{об}}(p)}{1 + W_p(p)W_{\text{об}}(p)} \quad (3.7)$$

де $W_p(p)$ и $W_{\text{об}}(p)$ – є передавальними функціями об'єкту управління і регулятора. Випливає характеристичне рівняння замкнутої системи що має вигляд:

$$1 + W_p(p)W_{\text{екв}}(p) = 0 \quad (3.8)$$

Представимо розширені АФХ через їх уявні й реальні складові:

$$\begin{cases} W_{\text{екв}}(m, w) = P_{\text{екв}}(m, w) + jQ_{\text{екв}}(m, w) \\ W_p(m, w) = P_p(m, w) + jQ_p(p) \end{cases} \quad (3.9)$$

можемо виразити рівняння границі для заданого ступеня коливальності $m = \text{const}$:

$$1 + [P_{\text{екв}}(m, w) + jQ_{\text{екв}}(m, w)][P_p(m, w) + jQ_p(m, w)] = 0 \quad (3.10)$$

Для ПІ-регулятора передавальна функція буде наступною:

$$W_p(p) = K \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) \quad (3.11)$$

де T_i - постійна інтегрування, K - коефіцієнт передачі. Параметр настройки, що йде другим використовується ще й і в формі коефіцієнта передачі по інтегралу:

$$K_i = \frac{K}{T_i} \quad (3.12)$$

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розширену АФХ для регулятора отримуємо підстановкою $p = w(j-m)$:

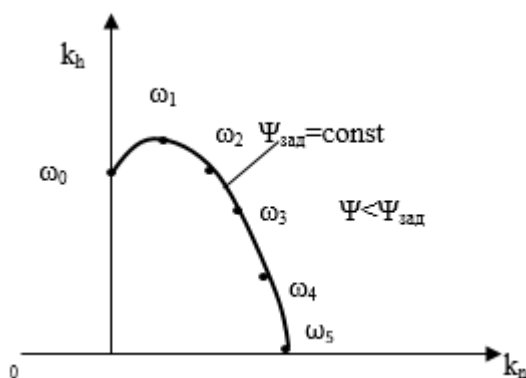
$$\begin{cases} P_p(m, w) = K - \frac{Km}{w(m^2+1)} \\ Q_p(m, w) = -\frac{K}{w(m^2+1)} \end{cases} \quad (3.13)$$

За допомогою рівняння користуючись підстановкою значень змінних розширеної АФХ регулятора з рівнянь можемо вилучити формули для розрахунків, щоб визначити пари налаштувань регулятора в координатах K_p і K_i через частину розширеної АФХ об'єкту:

$$K_p = -\frac{m \cdot Q_{об}(m, w) + P_{об}(m, w)}{A_{об}^2(m, w)} \quad (3.14)$$

$$K_i = -w \cdot (m^2 + 1) \frac{Q_{об}(m, w)}{A_{об}^2(m, w)} \quad (3.15)$$

$$A_{об}^2(m, w) = P_{об}^2(m, w) + Q_{об}^2(m, w) \quad (3.16)$$



В кінці ми отримаємо параметри для регулятора, що будуть відповідати нашим потребам.

Будуємо АФХ та РАФХ інерційного, використовуючи наступний код:

```

w=0:0.0001:0.005;
p=1j*w;
W=(1.37.*exp(-15.*p))./(800*p);
Re=real(W);
Im=imag(W);
m=0.366;
p=w*(1j-m);
W1=(1.37.*exp(-15.*p))./(800*p);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
plot(Re, Im, Re1, Im1);
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
ha=gca;
ha.XAxisLocation = 'origin';
ha.YAxisLocation = 'origin';

```

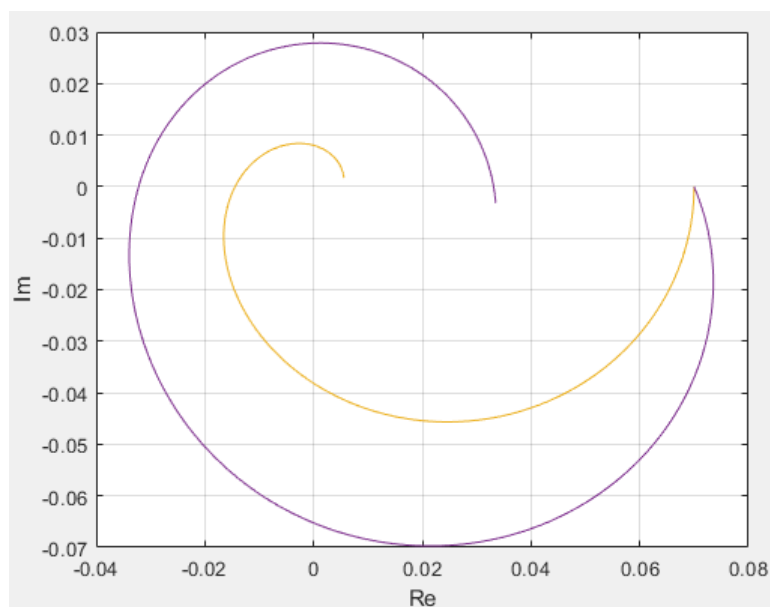


Рисунок 3.16 - АФХ та РАФХ інерційного об'єкта

Будуємо лінію з $m = 0.366$ в координатах (K_i, K_p) . Для реалізації використовуємо наступний код:

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

w=0:0.001:0.12;
m=0.366;
p=w*(1j-m);
W=(1.37.*exp(-15.*p))./(800.*p);
Re=real(W);
Im=imag(W);
Kp=-(m*Im+Re)./(Im.^2+Re.^2);
Ki=-w*(m.^2+1).*Im./(Im.^2+Re.^2);
Kin=0.57988;
Kpn=28.38;
plot(Kp,Ki,'k');
hold on;
plot(Kpn,Kin,'o');
ylabel('Ki');
xlabel('Kp');
grid on;

```

Отримаємо наступний графік

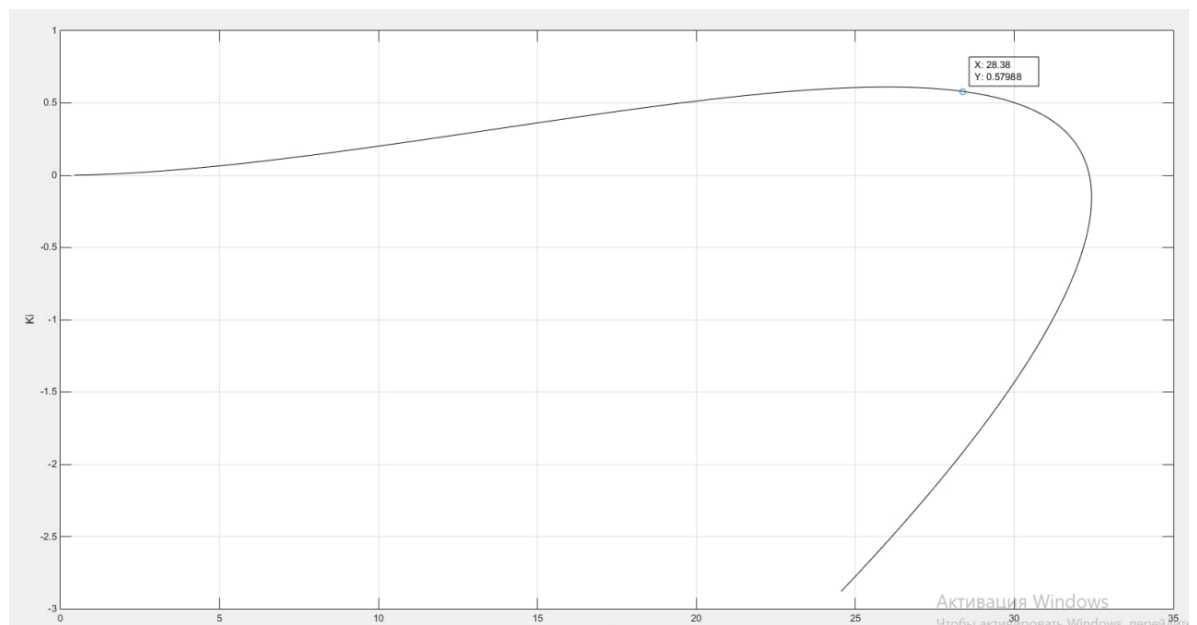


Рисунок 3.17 - Лінія заданого $m=0.366$

З графіку визначаємо налаштування нашого регулятора:

$$K_p = 28.38$$

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$K_u = 0,57988$$

$$T_n = \frac{K_p}{K_u} = \frac{28.03}{0.57988} = 48.33$$

$$W_p(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_n s}) = 28.38(1 + \frac{1}{48.33s})$$

Далі будемо по каналах збурення та завдання перехідні процеси для замкненої одноконтурної системи використовуючи налаштування регулятора що були отримані раніше.

Схема для моделювання для каналу завдання:

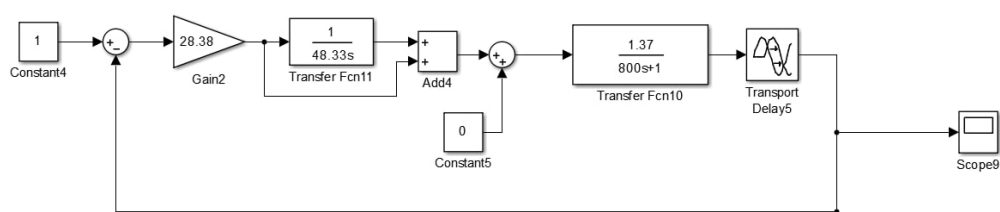


Рисунок 3.18 - Схема для моделювання за каналом завдання

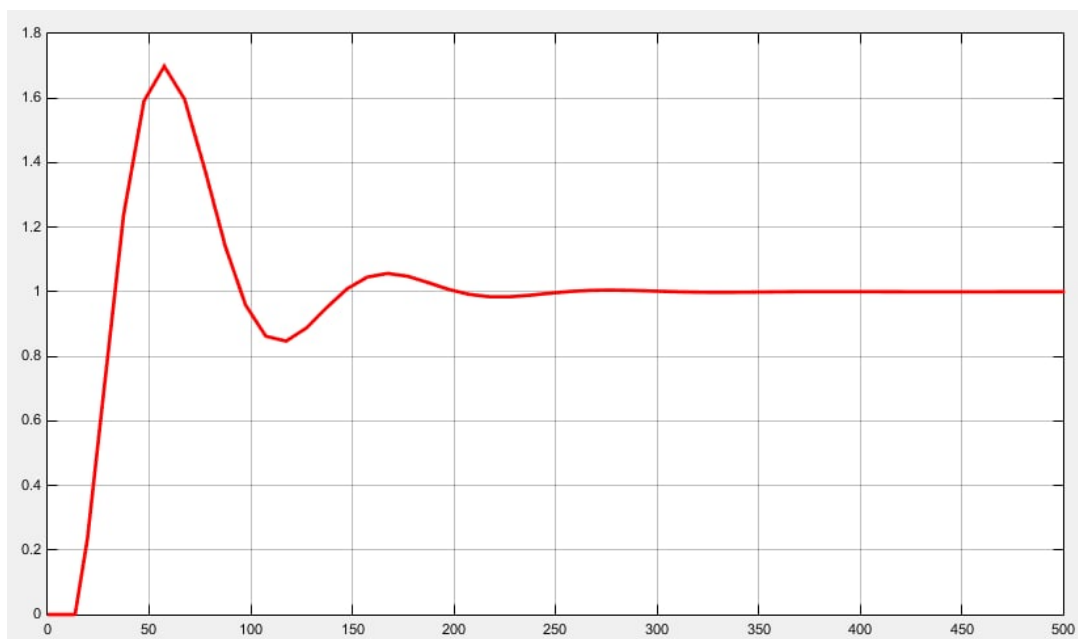


Рисунок 3.19 - Перехідна характеристика об'єкту за каналом завдання

Схема для моделювання для збурення:

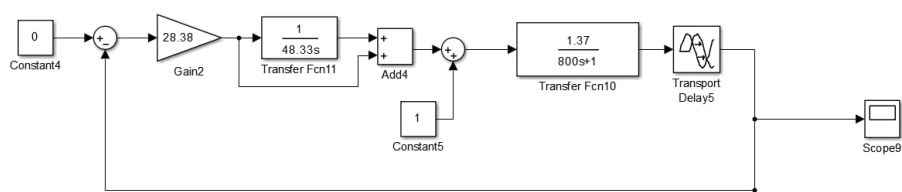


Рисунок 3.20 - Схема для моделювання за каналом збурення

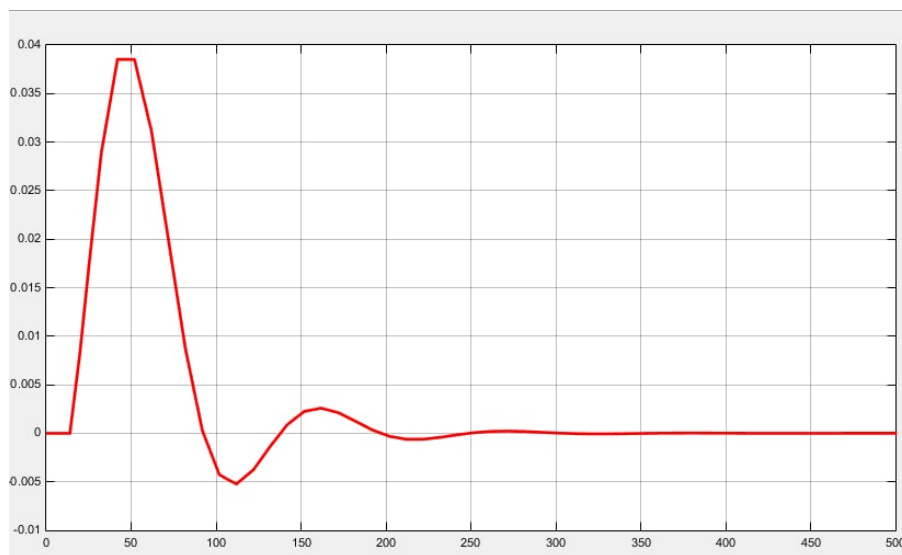


Рисунок 3.21 - Перехідна характеристика об'єкту за каналом збурення

Таблиця 3.10 - Прямі показники якості що були отримані після дослідження перехідних процесів перехідних процесів

Показник якості	Канал завдання - вихід	Канал збурення - вихід	Налаштування
Статична похибка	0	0	$K_p = 28.38$ $T_{\text{и}} = 48.33$
Динамічна похибка	0.6866	0.0392	
Ступінь затухання	0.92	0.93	
Час перехідного процесу, с	175	172	
Перерегулювання, %	68.66	13,01	

Порівняння перехідних процесів

Для порівняння методів створимо наступні дві моделі за допомогою яких створим графіки на яких будуть зображені обидва методи по відповідним каналам

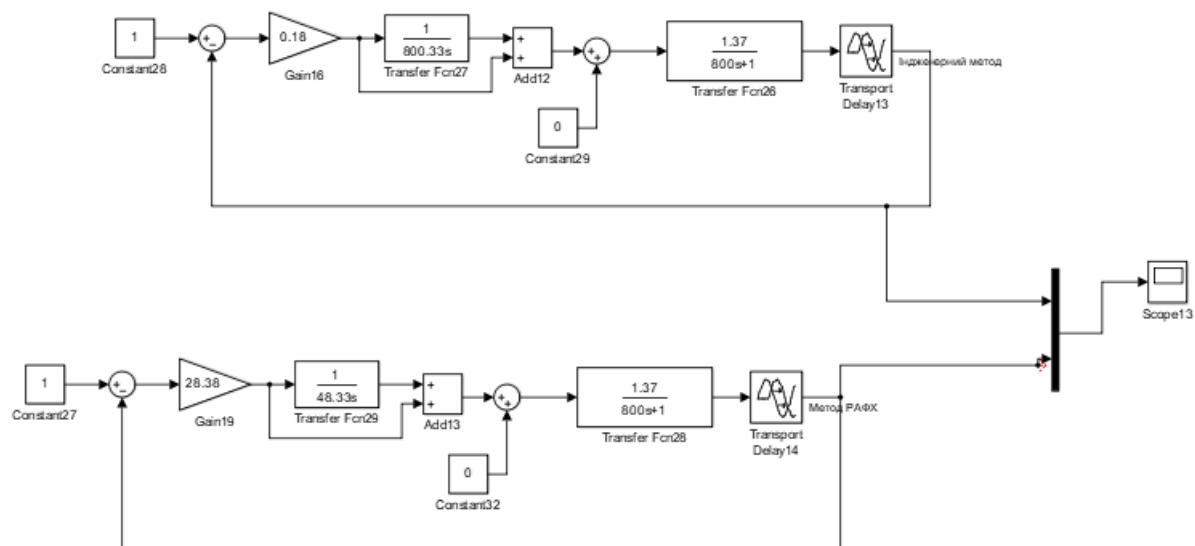


Рисунок 3.22 - Схема моделі систем по каналам завдання-вихід

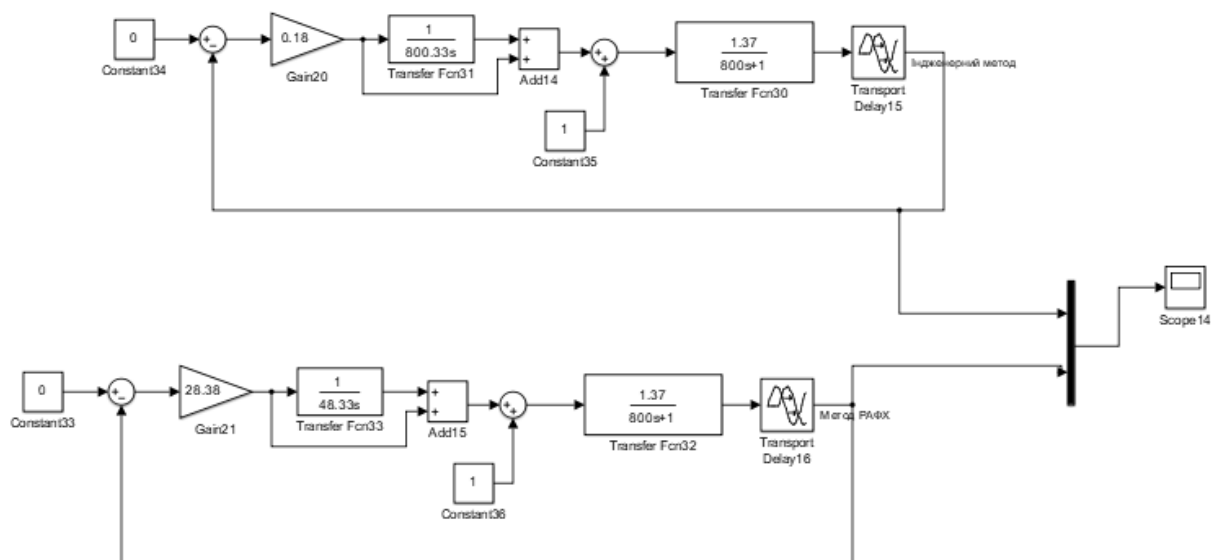


Рисунок 3.23 - Схема моделі систем по каналам збурення-вихід

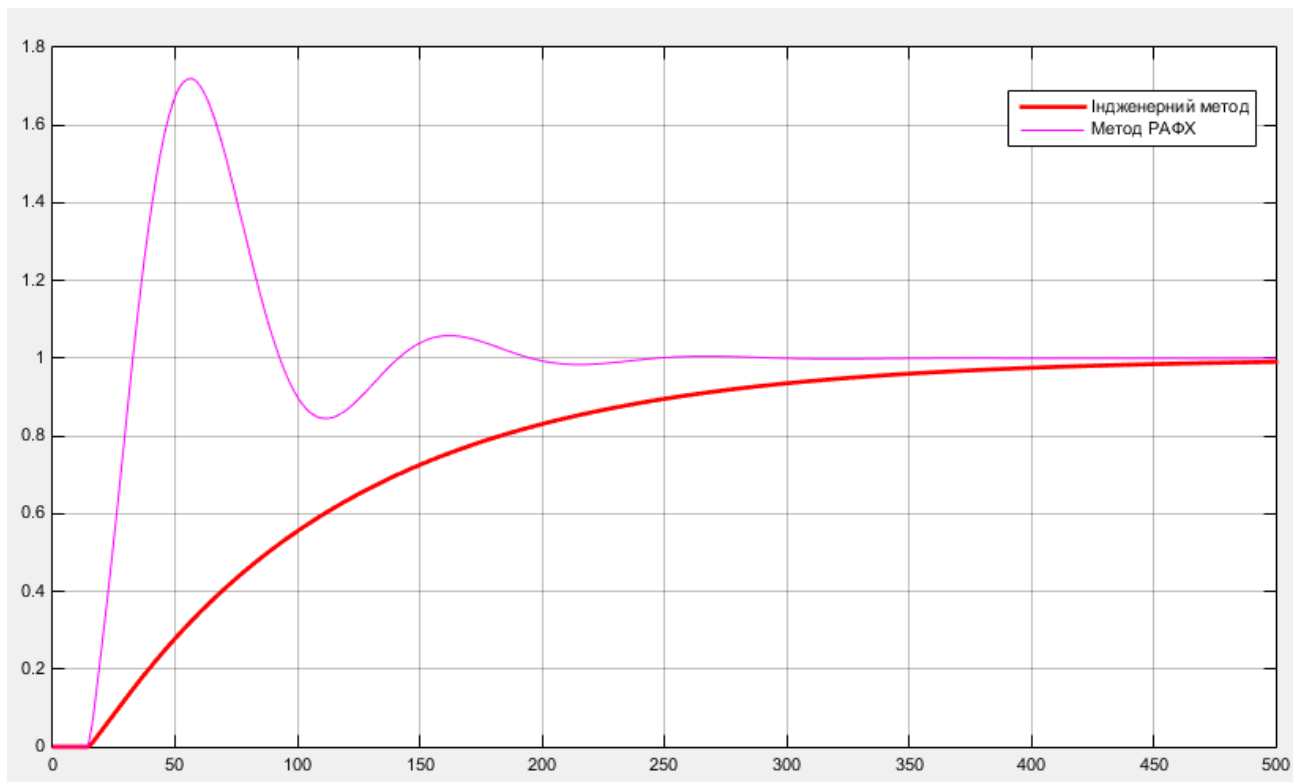


Рисунок 3.24- Графіки перехідних характеристик систем по каналам завдання-вихід

Таблиця 3.11 - Прямі показники якості по каналам завдання-вихід

Показник якості	Метод РАФХ	Інженерний метод
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.6866	0
Час регулювання, с	175	332.7
Степінь затухання	0.92	1
Перерегулювання, %	68,66	0

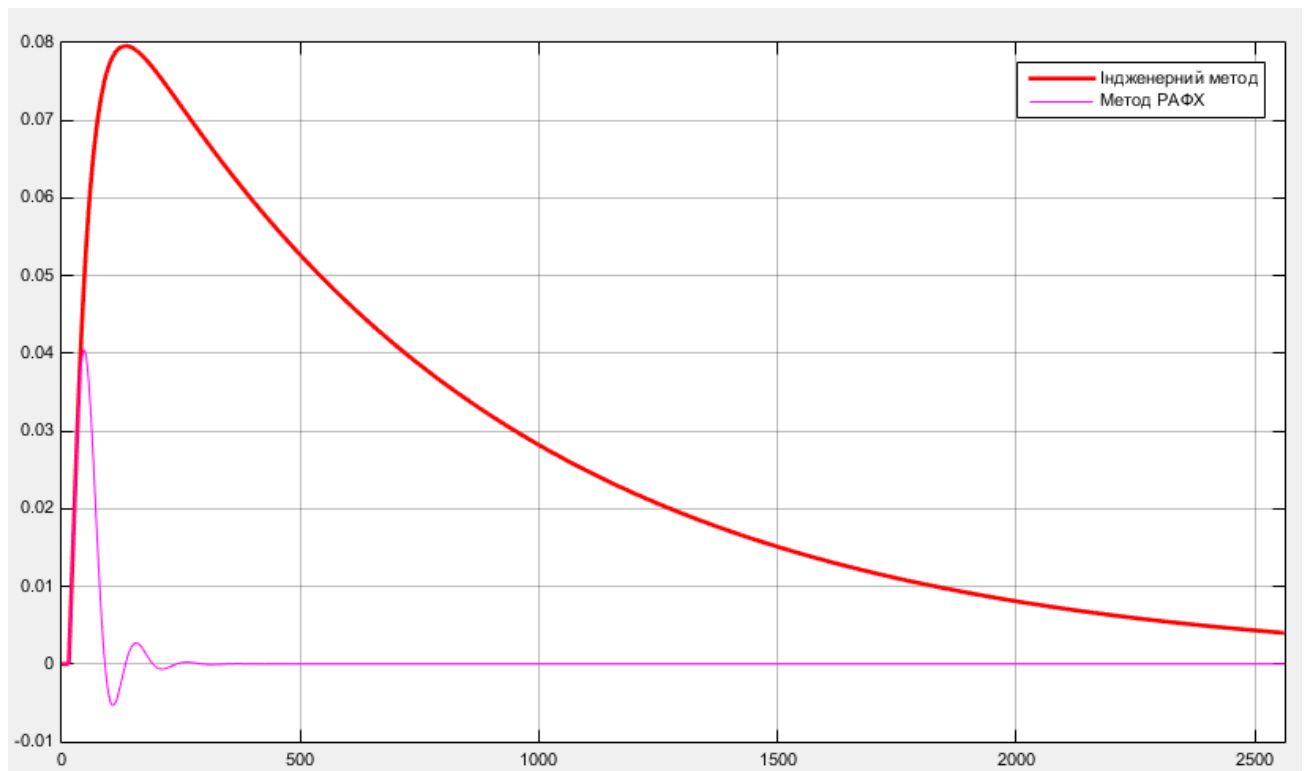


Рисунок 3.25 - Графіки переходних характеристик систем по каналам збурення-вихід

Таблиця 3.12 - Прямі показники якості по каналам збурення-вихід

Показник якості	Метод РАФХ	Інженерний метод
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,0392	0.08
Час регулювання, с	172	1750
Степінь затухання	0.92	1
Перерегулювання, %	68,66	0

Враховуючи особливості системи, оптимальними для нас будуть налаштування регулятора розраховані інженерним методом. Динамічна похибка наявна при використанні параметрів знайдених методом РАФХ, по каналу завдання, може критично вплинути на роботу системи, вивести з ладу датчик або пошкодити цілісність заготовок при нагріві. Тому обираємо такі параметри регулятора:

$$K_p=0.18, T_i=800.33;$$

Перевірка системи на грубість

Підібравши налаштування потрібно перевірити нашу систему на грубість. Для цього будемо варіювати значення нашого об'єкта в межах 15%.

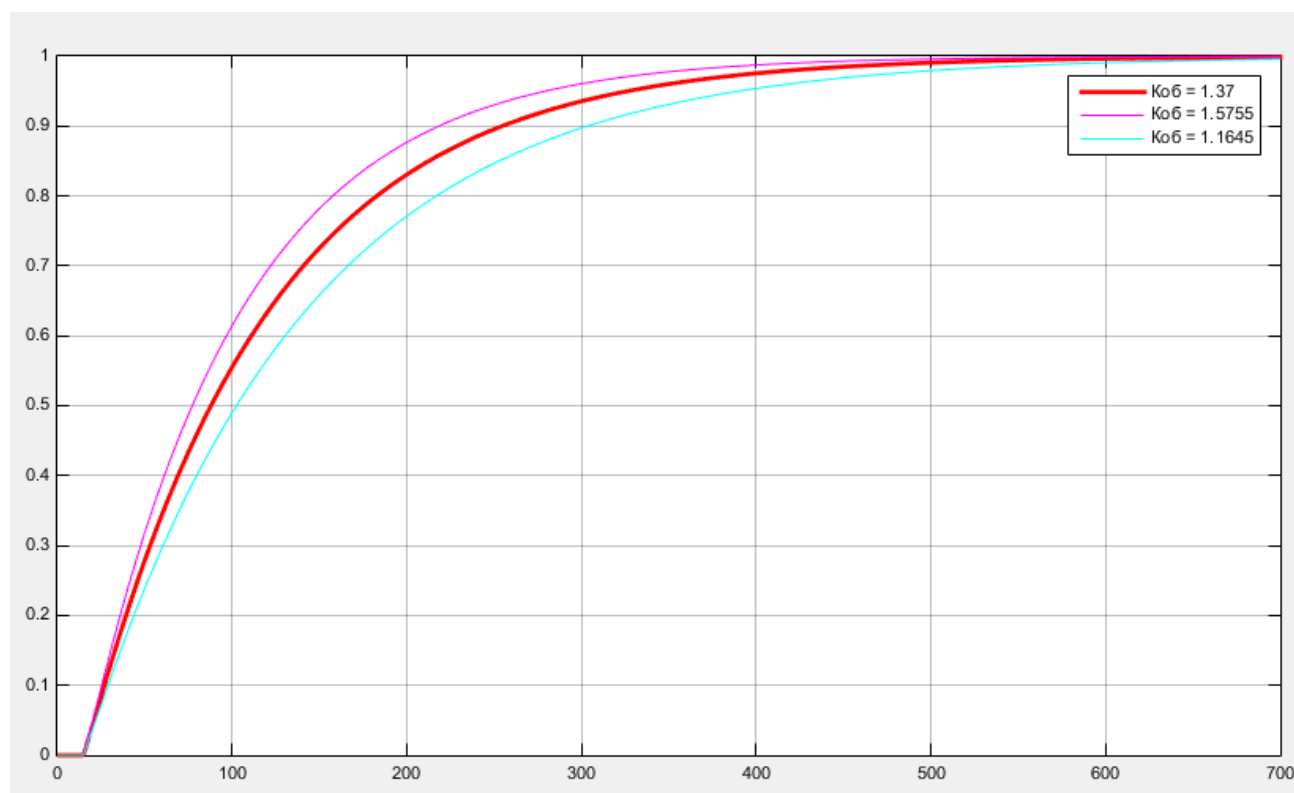


Рисунок 3.26 - Змодельовані графіки систем з різними коефіцієнтами підсилення

Таблиця 3.13 - Показники якості системи з різними значеннями $K_{об}$

Показник якості	$K_{об} = 1.1645$	$K_{об} = 1.37$	$K_{об} = 1.5755$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	0	0	0
Ступінь затухання	1	1	1
Час перехідного процесу, с	298.32	332.7	373.65
Перерегулювання, %	0	0	0

Можемо змоделювати функцію чутливості:

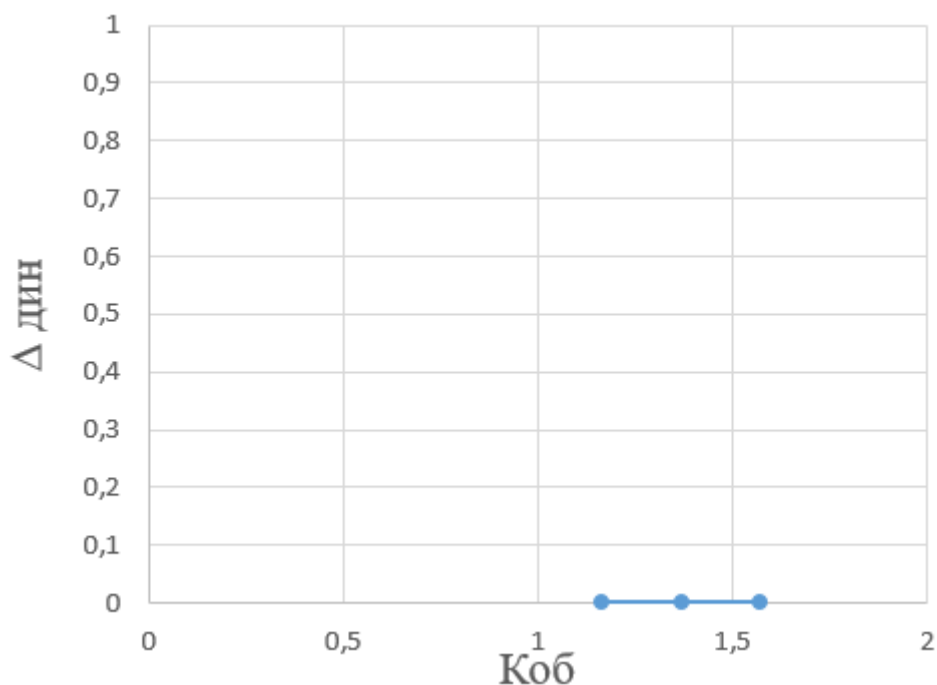


Рисунок 3.27 - Модель функції чутливості по динамічній похибці з варійованими значеннями $K_{об}$

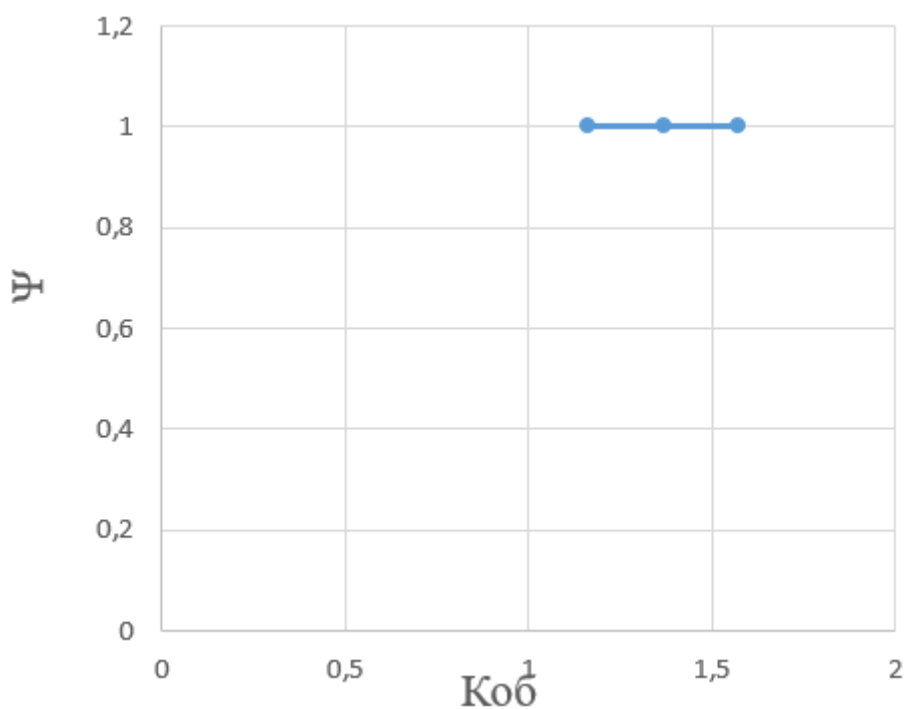


Рисунок 3.28 - Модель функції чутливості затухання з варійованими значеннями $K_{об}$

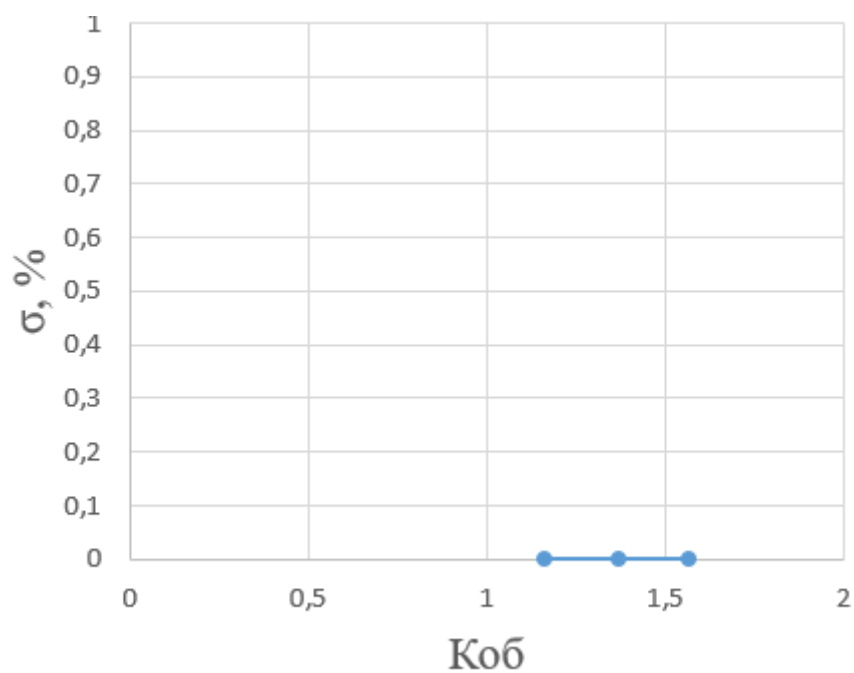


Рисунок 3.29 - Модель функції чутливості по перерегулюванню з варійованими значеннями $K_{об}$

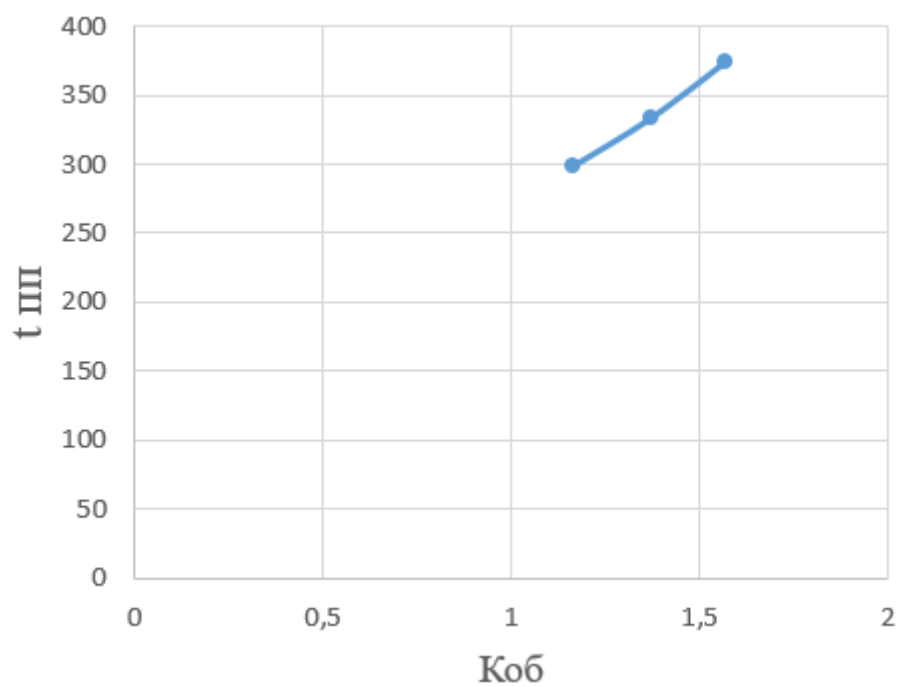


Рисунок 3.30 - Модель функції чутливості по часу регулювання з варійованими значеннями Коб

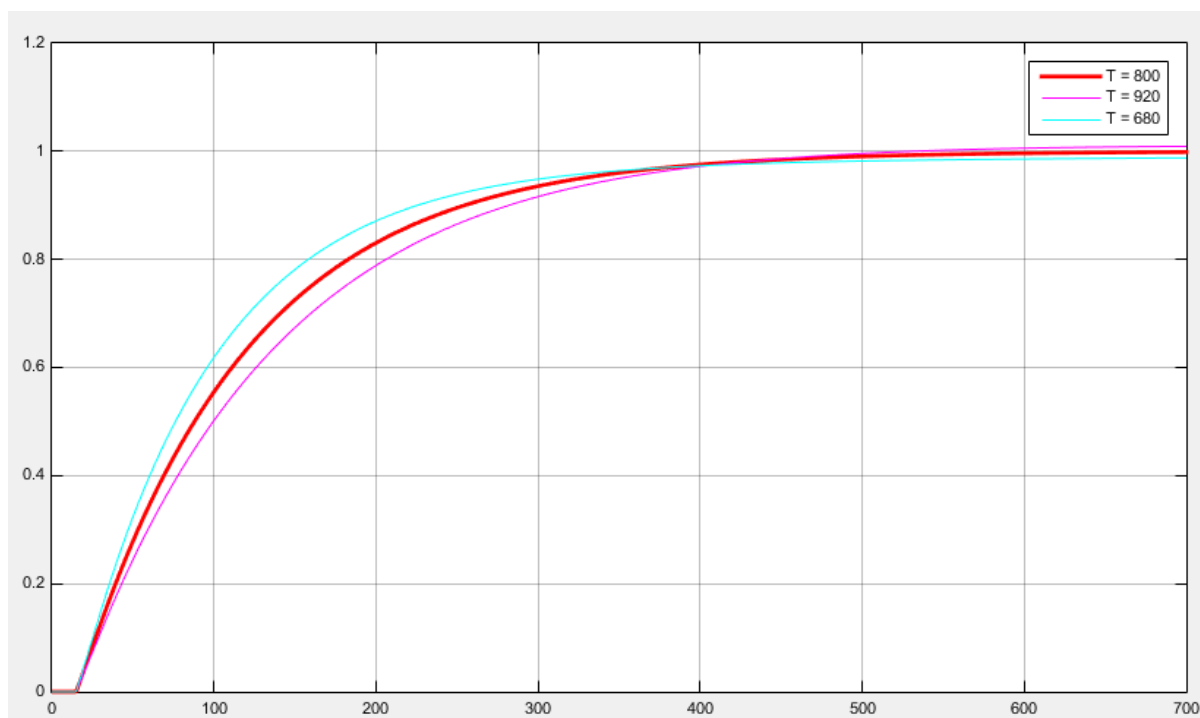


Рисунок 3.31 - Змодельовані графіки систем з різними сталими часу

Таблиця 3.14 - Показники якості системи з різними значеннями

$T_{об}$

Показник якості	$T_{об} = 680$	$T_{об} = 800$	$T_{об} = 920$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	0	0	0
Ступінь затухання	1	1	1
Час перехідного процесу, с	295,8	332,7	351,1
Перерегулювання, %	0	0	0

Можемо змодельовати функцію чутливості:

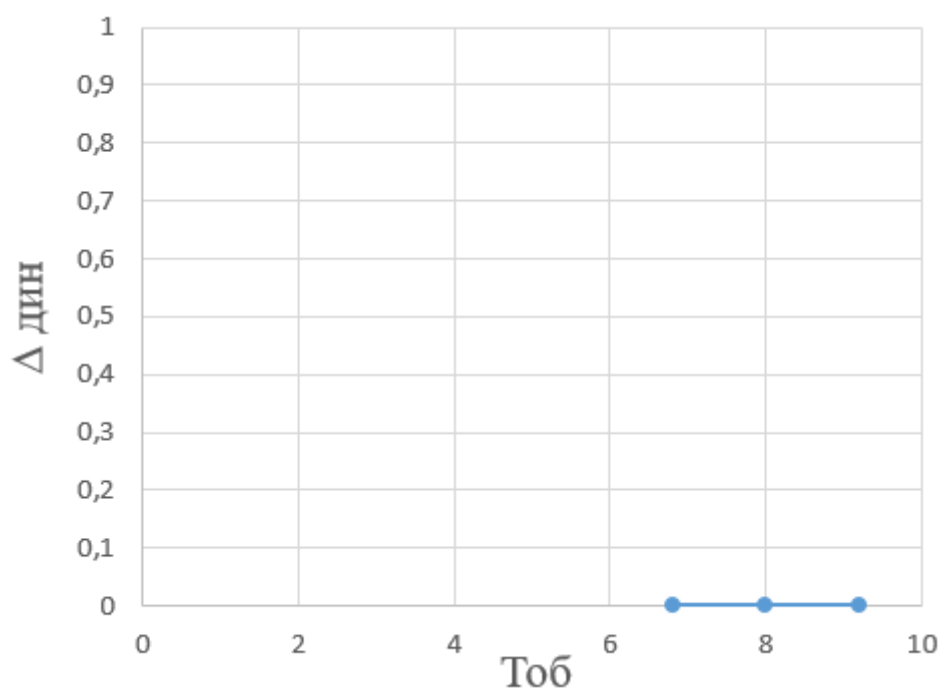


Рисунок 3.32 - Модель функції чутливості по динамічній похибці з варійованими значеннями $T_{об}$

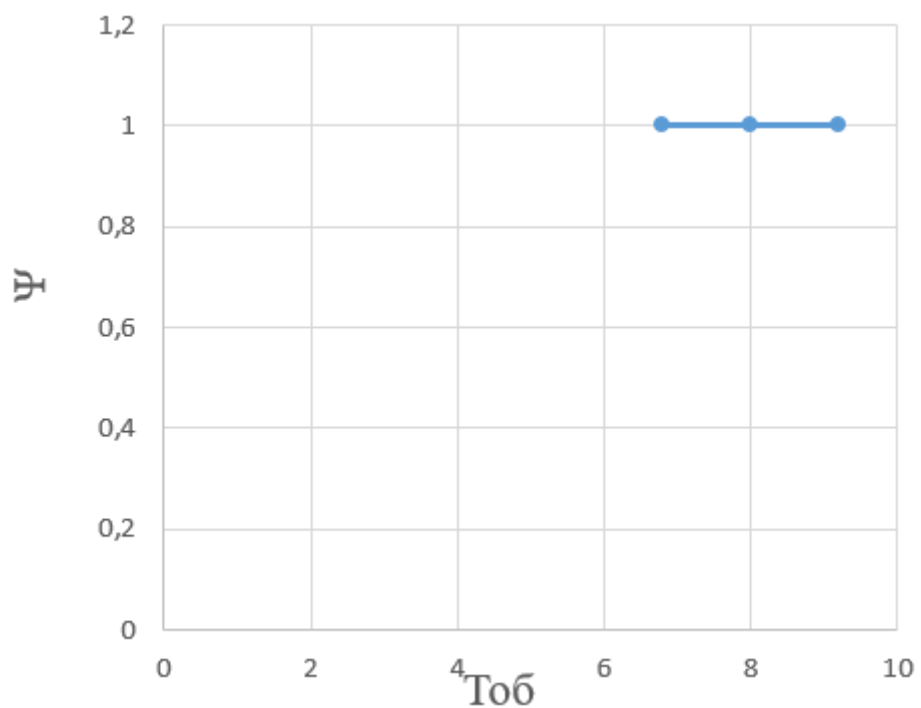


Рисунок 3.33 - Модель функції чутливості затуханню з варійованими значеннями $T_{об}$

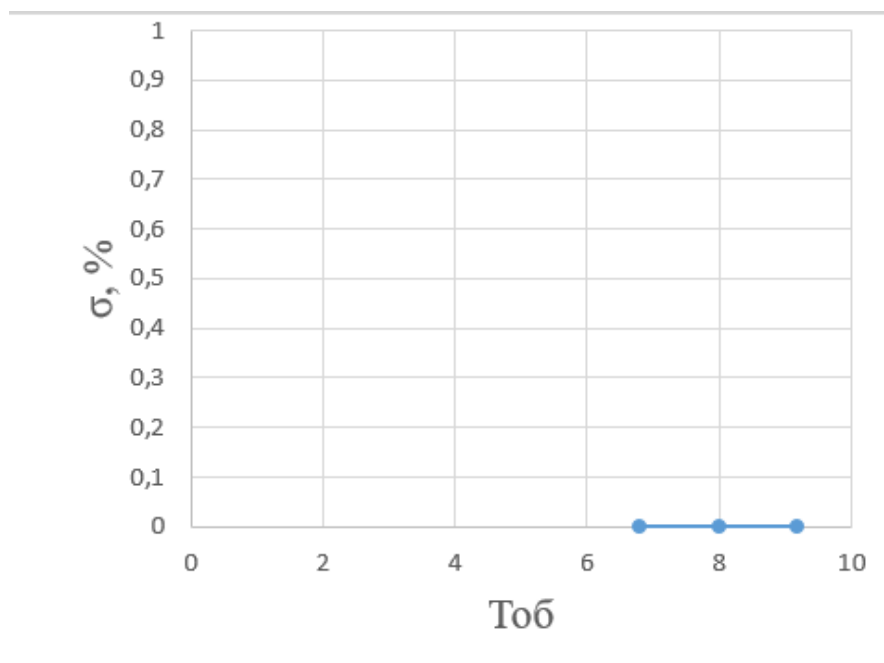


Рисунок 3.34 - Модель функції чутливості по перерегулюванню з варійованими значеннями $T_{об}$

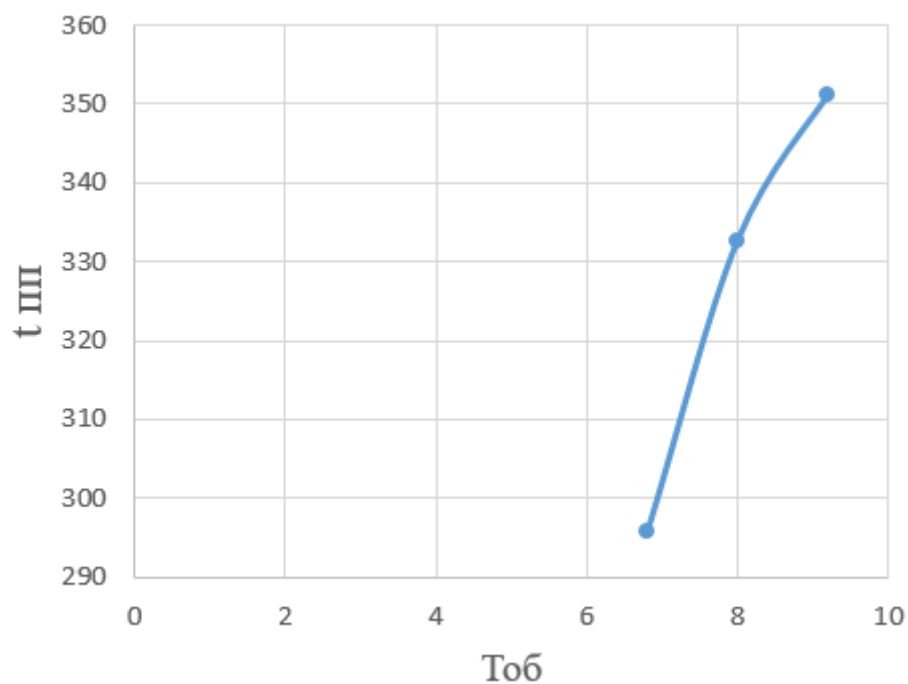


Рисунок 3.35 - Модель функції чутливості по часу регулювання з варійованими значеннями $T_{об}$

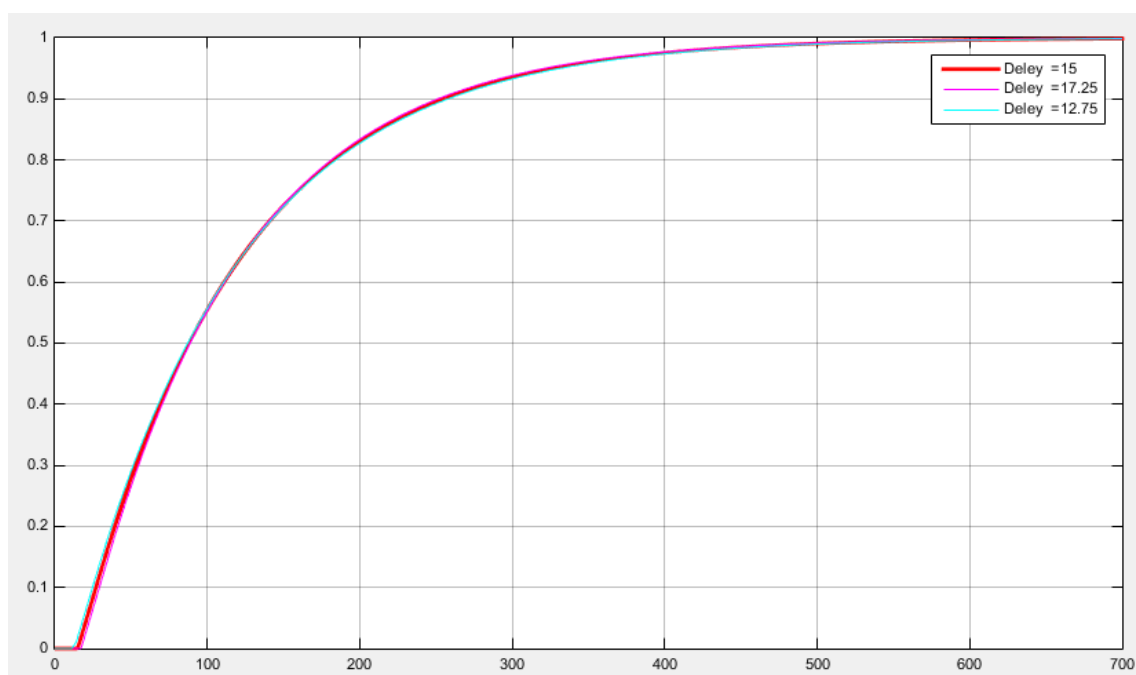


Рисунок 3.36 - Змодельовані графіки систем з різними запізненнями об'єкту

Таблиця 3.15 - Показники якості системи з різними значеннями

$\tau_{об}$

Показник якості	$\tau_{об} = 12.75$	$\tau_{об} = 15$	$\tau_{об} = 17.25$
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	0	0	0
Ступінь затухання	1	1	1
Час перехідного процесу, с	328,15	332,7	338
Перерегулювання, %	0	0	0

Можемо змодельовати функцію чутливості:

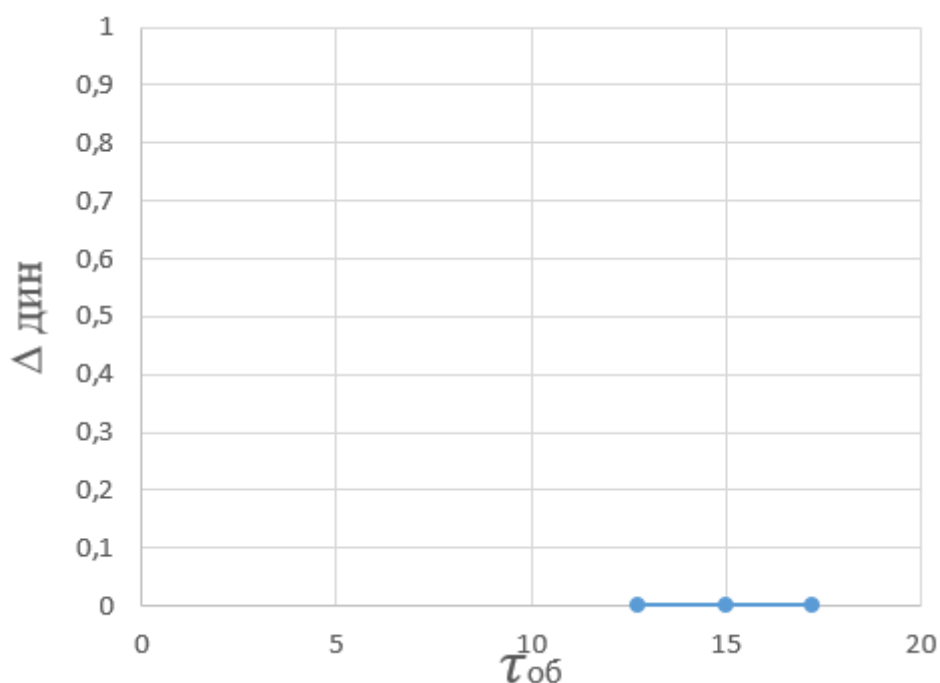


Рисунок 3.38 - Модель функції чутливості по динамічній похибці з варійованими значеннями $\tau_{об}$

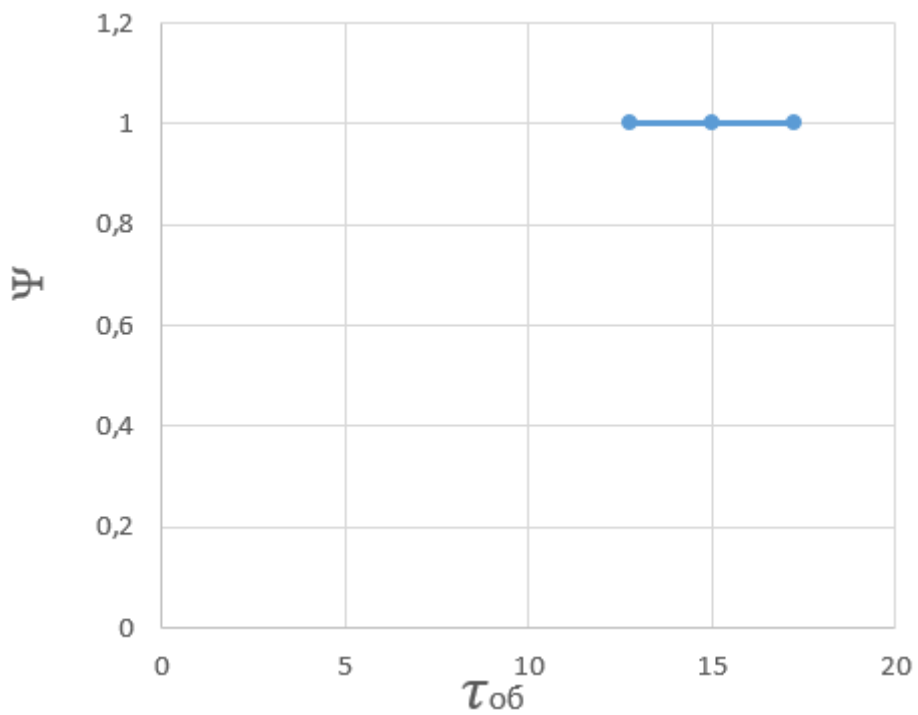


Рисунок 3.39 - Модель функції чутливості затуханню з варійованими значеннями $\tau_{об}$

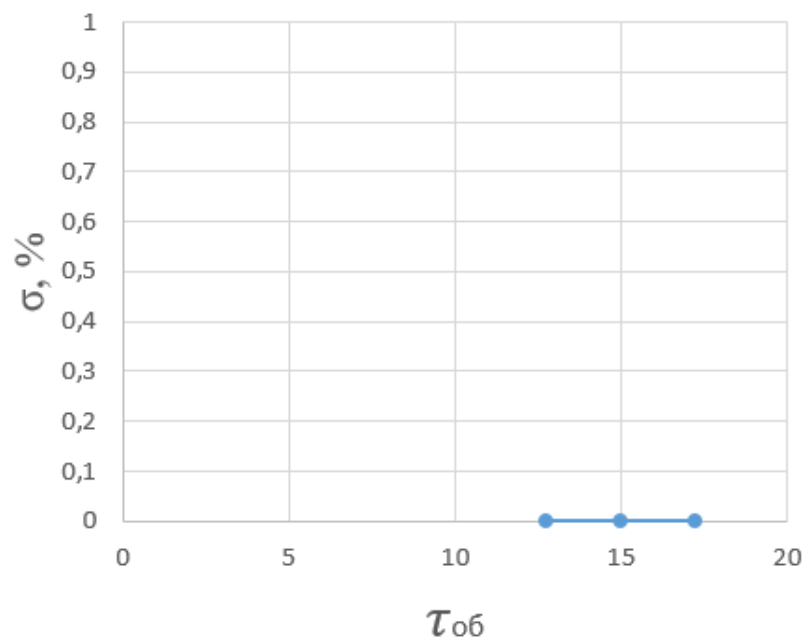


Рисунок 3.40 - Модель функції чутливості по перерегулюванню з варійованими значеннями $\tau_{об}$

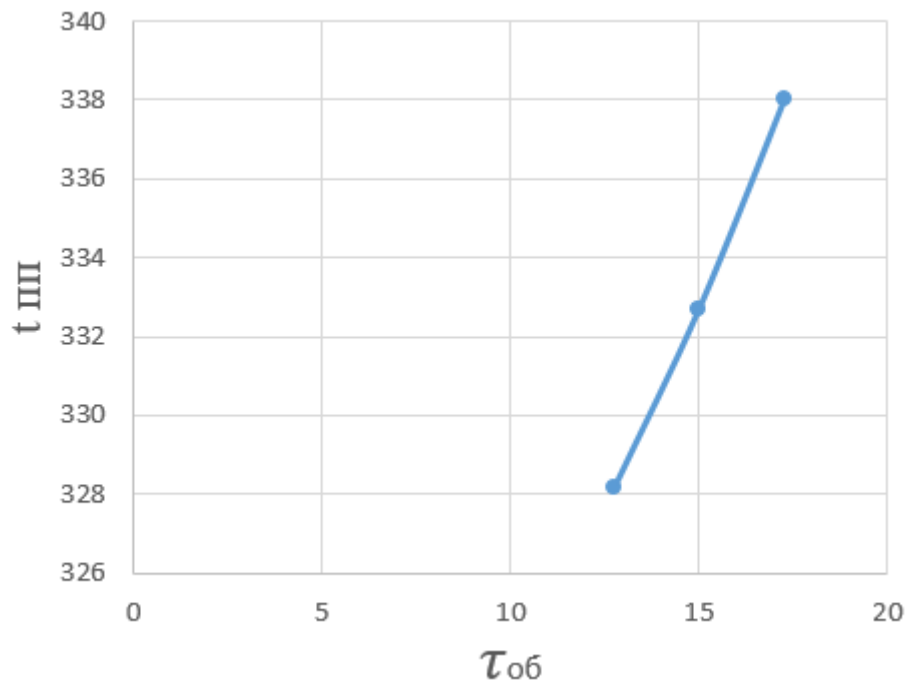


Рисунок 3.41 - Модель функції чутливості по часу регулювання з варійованими значеннями $\tau_{об}$

Для подальшого аналізу необхідно розрахувати відносні коефіцієнти чутливості використовуючи наступну формулу:

$$k_z = \frac{\left| \frac{R - R^{opt}}{R^{opt}} \right|}{\left| \frac{Z - Z^{opt}}{Z^{opt}} \right|}$$

(3.17)

k_z - відносний коефіцієнт чутливості.

Z – поточне значення параметру.

Z^{opt} - значення параметру що є оптимальним.

R, R^{opt} - значення критерію якості та значення при оптимальних параметрах

Проведемо розрахунки з варійованими параметрами

Таблиця 3.16 - Значення відносного коефіцієнта чутливості

Параметри			Коефіцієнти чутливості
$K_{об}$	$T_{об}$	$\tau_{об}$	$K_{від} t_{nn}$
1.1645	800	15	0,688
1.5755	800	15	0,82
1.37	680	15	0,739
1.37	920	15	0,368
1.37	800	12,75	0,09
1.37	800	17,25	0,106

Провівши аналіз даних можна заключити, що систем не є грубою, оскільки коефіцієнти чутливості менші за одиницю.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Програмування ПЛК

Програмування контролера відбувається у середовищі для розробки CoDeSys, воно є досить універсальним інтуїтивно зрозумілим, має багато інструментів що допомагають у програмуванні та добре оптимізоване.

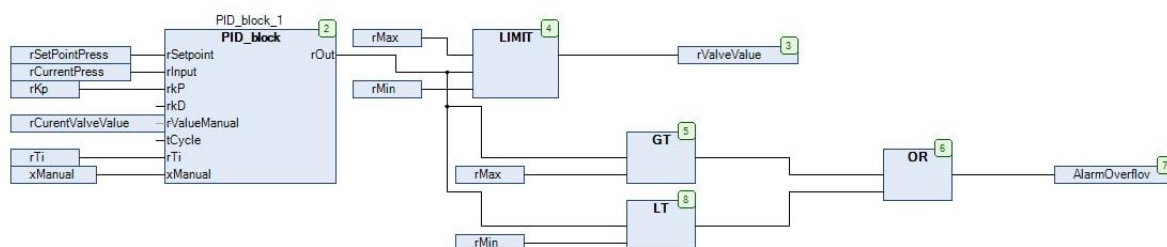


Рисунок 4.1 - Код для контролеру

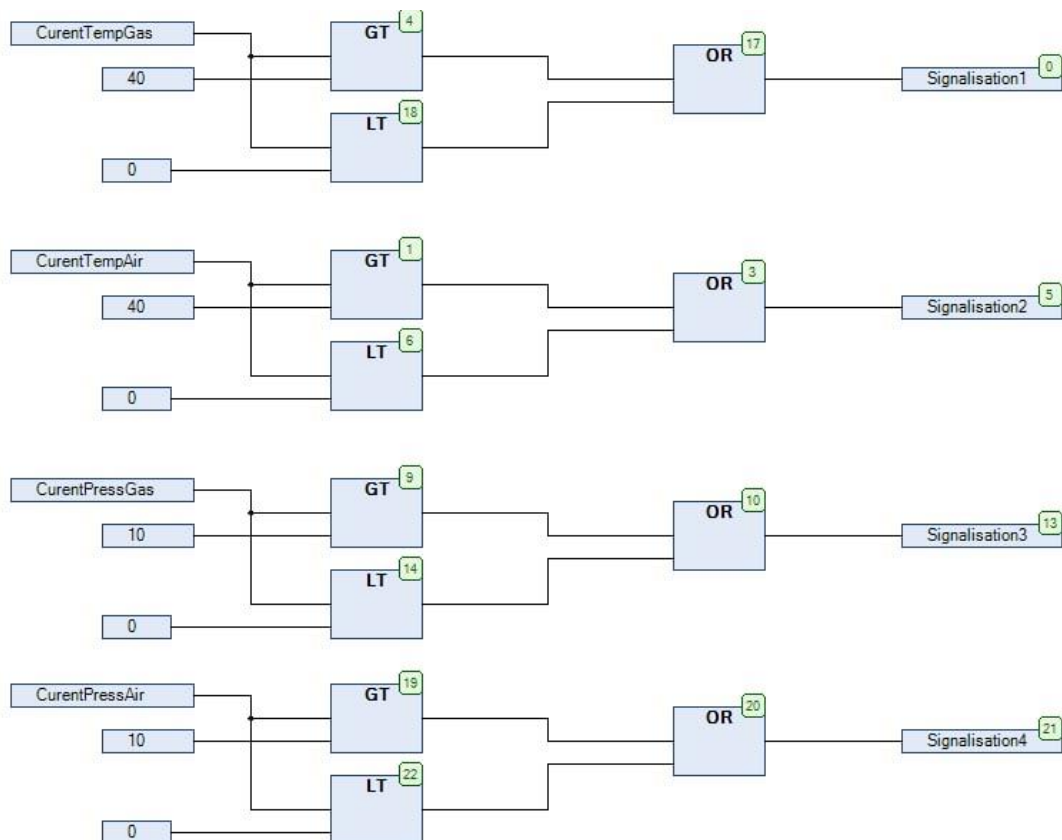


Рисунок 4.2 - Код для контролеру

На рис. 4.1 зображений код на якому тиск регулюється за допомогою ПІ регулятора, оскільки в самому блоці не передбачене обмеження для виходу, вони були реалізовані за допомогою блоку LIMIT який при виходу за обмеження видає максимально допустимі значення. Також була реалізована сигналізації в разі виходу за межі, для подальшої обробки.

На другому рис. 4.2 для сигналізації про перевищення певного параметру. Якщо одна з умов виконується, параметр або більший або менший за діапазон тоді на змінну, що відповідає за сигналізацію, надходить значення TRUE

4.2 Розробка SCADA системи

Верхній рівень АСУ представляє собою SCADA. Основне завдання її це моніторинг системи та можливість регулювання параметрів. Це досягається за рахунок створення інтерфейсу системи, інтуїтивно зрозумілого та простого.

Програмне середовище WebStudio було обране для створення верхнього рівня. Вона інтуїтивно зрозуміла, має багатий спектри інструментів та засобів, та доступна.

Створена SCADA виконує наступний функціонал:

- Візуалізує роботу системи, контрольовані параметри та дає змогу регулювати систему.
- Сигналізує користувача при позаштатних ситуаціях.
- Створення графіків на основі отриманих з системи значень параметрів.
- Архівація системних даних.

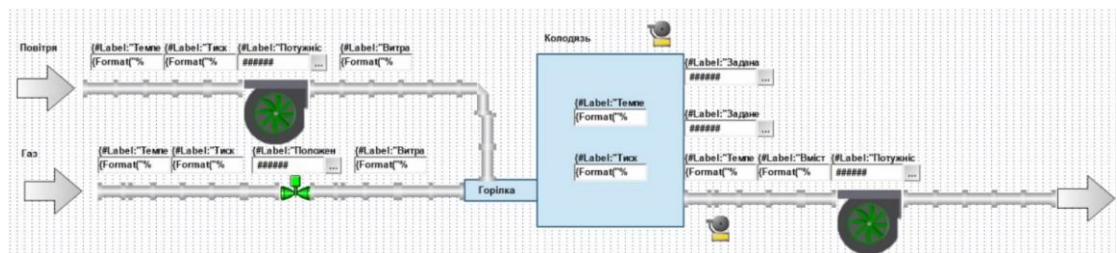


Рисунок 4.3 - Візуальне представлення SCADA

Дана скада дає можливість оператору стежити за параметрами в системі такими як температура, розрідження, вміст кисню та витрата. Також за потреби оператор може в ручну задавати параметри для АСУ. Має два індикатори що сигналізують про небезпечну ситуацію в топці колодязя або в димопроводі. Наявні також можливість перегляду трендів на яких відображається зміна температури у реальному часі а також відображення алармів.

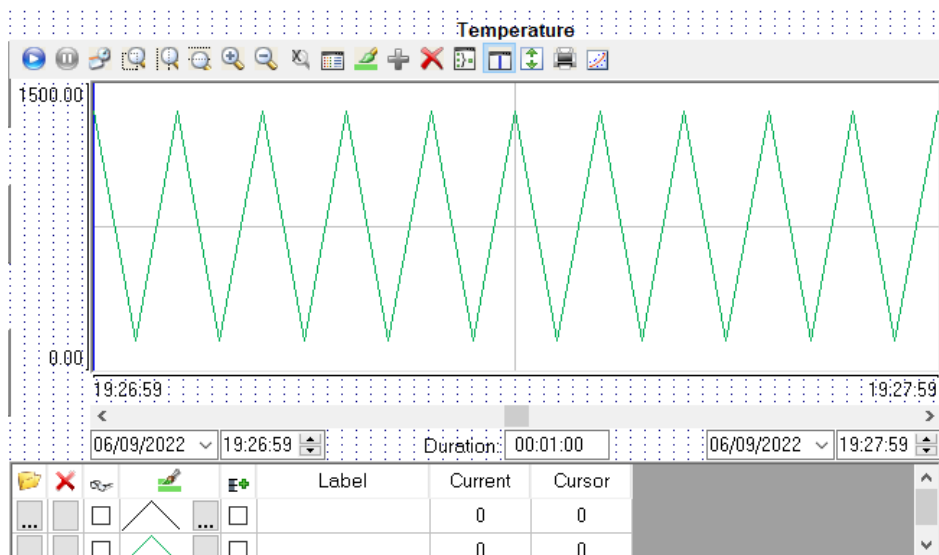


Рисунок 4.4 - Відображення трендів

Alarms						
Tag Name	Display ...	Activation Time	Message	Ack Time	Event Time	Us
TTTTTTTTT	123	06/09/2022 20:49:31	MMMMMMMMMMMMMMMM...	06/09/2022 20:49:31	06/09/2022 20:49:31	Gu
TTTTTTTTT	123	06/09/2022 20:49:31	MMMMMMMMMMMMMMMM...	06/09/2022 20:49:31	06/09/2022 20:49:31	Gu
TTTTTTTTT	123	06/09/2022 20:49:31	MMMMMMMMMMMMMMMM...	06/09/2022 20:49:31	06/09/2022 20:49:31	Gu
TTTTTTTTT	123	06/09/2022 20:49:31	MMMMMMMMMMMMMMMM...	06/09/2022 20:49:31	06/09/2022 20:49:31	Gu

Рисунок 4.5 - Відображення алармів

РОЗДІЛ 5 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ АТК

5.1 Опис структурного полігону

У даній імітації система буде виконувати свою основну функцію – підтримання заданої температури у колодязі. Цей контур регулювання є найважливішим, оскільки від якості стабілізації температури напряму залежить якість зливка.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

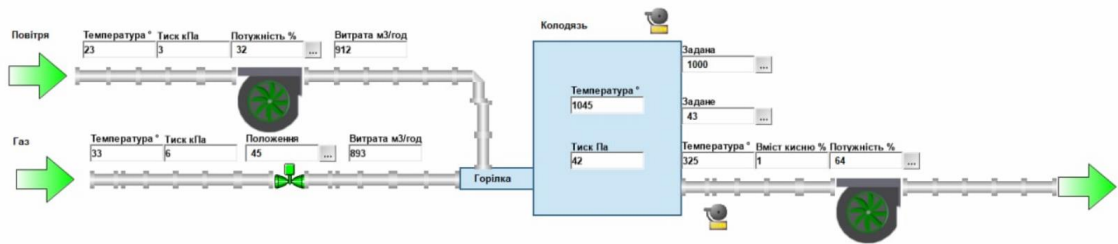


Рисунок 5.1 - Візуалізація системи у WebStudio

Програма для контролеру розроблена у середовищі для програмування CoDeSys, переважно на мові FBD.

Щоб система працювала необхідно було зробити регулювання використовуючи ПІ регулятор. Код що був розроблений показаний нижче.

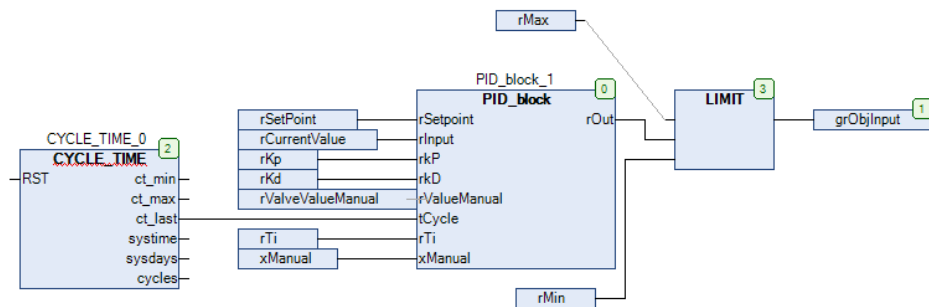


Рисунок 5.2 - Налаштований регулятор

Нижче показана модель схеми у Simulink, що використовується для імітації

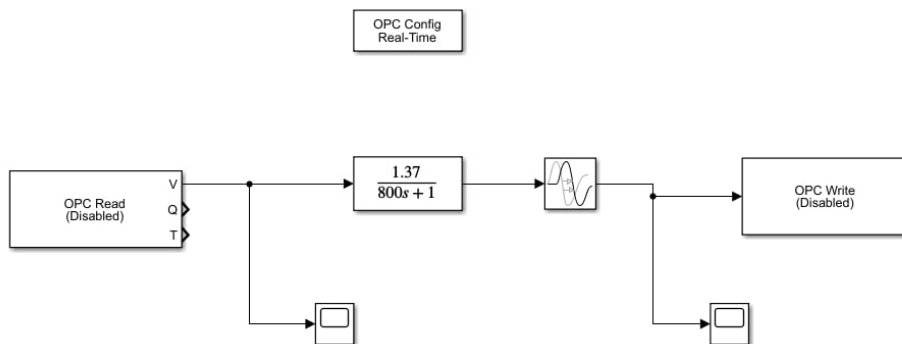


Рисунок 5.3. - Модель схеми у Simulink

Щоб зв'язати Simulink та CoDeSys необхідно використати спеціальну бібліотеку. З неї ми взяли блоки для читання та запису даних, та блок що встановлює канал з'єднання між двома середовищами. Також було встановлено два скоупи для контролю адекватності передачі даних.

5.2 Імітаційне моделювання ТОК

Для аналізу коректності роботи нашої програми проводиться імітація, наскільки правильно працює, та як реагує на збурення. Створена модель показана далі:

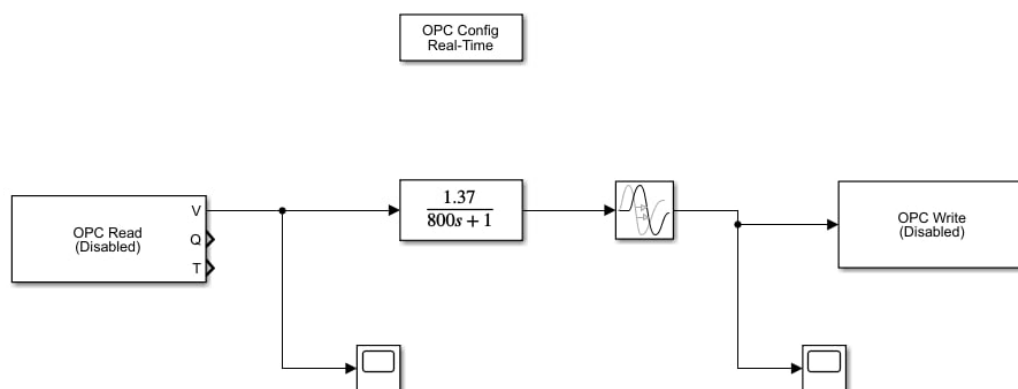


Рисунок 5.4 Схема імітаційна в Simulink

Як саме стабілізує систему модель, показано на графіку в пункті 5.3

5.3 Полігонні випробування ІМ і аналіз функціонування АСК

Після початку імітації програма у середовищі WebStudio, із переданими в неї даними, виглядає наступним чином.

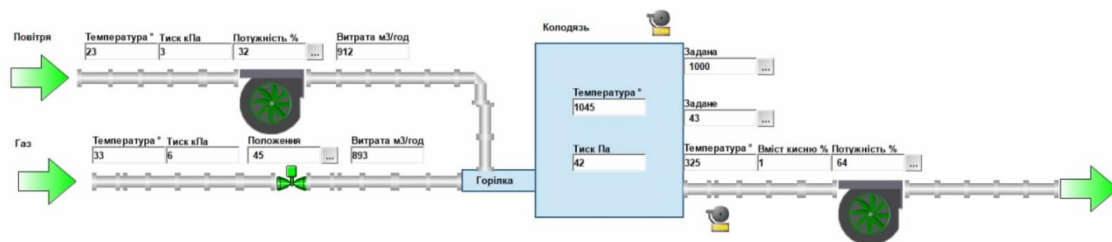


Рисунок 5.5 - Головне вікно SCADA під час перебігу процесу

Як можна побачити в інтерфейсі адекватно відображаються контрольовані параметри, наявність газу та повітря в трубопроводі, робота вентиляторів, присутні сигналізатори які змінять свій вигляд у разі проблем у колодязі або на димопроводі, також наявна можливість ручного керування безпосереднім вводом значень. При виході з ладу якогось з виконавчих механізмів, це відобразить на схемі, зміною їх кольору.

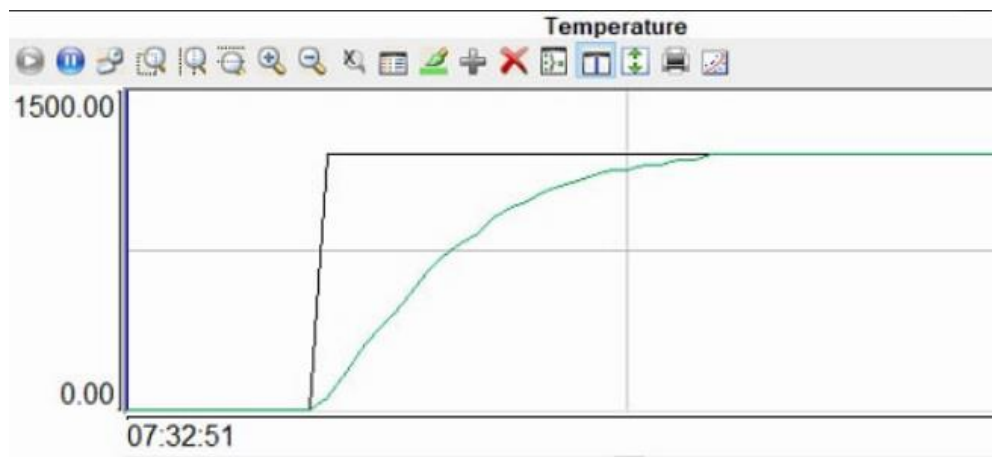


Рисунок 5.6 - Вихід температури на задане значення

Побудований графік зображає задане значення температури та поточне значення у колодязі

Tag Name	Display ...	Activation Ti...	Message	⚠	Ack Time	Event Time	Us
PressureAir	3.000000	06/19/2022 13:56:54		⚠		06/19/2022 13:56:54	Ad
PressureGas	8.000000	06/19/2022 13:56:53		✓	06/19/2022 13:57:28	06/19/2022 13:57:28	Ad
Temperatur...	16.000000	06/19/2022 13:56:45		⚠		06/19/2022 13:56:45	Ad
Temperatur...	16.000000	06/19/2022 13:56:34		⚠		06/19/2022 13:56:45	Ad
Temperatur...	16.000000	06/19/2022 13:56:34		⚠		06/19/2022 13:56:45	Ad
PressureAir	3.000000	06/19/2022 13:56:30		⚠		06/19/2022 13:56:54	Ad
Temperatur...	40.000000	06/19/2022 13:48:21		⚠		06/19/2022 13:56:34	Ad
Temperatur...	25.000000	06/19/2022 13:48:15		⚠		06/19/2022 13:56:41	Ad
PressureGas	8.000000	06/19/2022 13:48:05		⚠		06/19/2022 13:56:53	Ad

Рисунок 5.7 - Аларми, що виникли у процесі роботи системи

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організацій-но-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Питання охорони праці враховуються при організації усіх виробничих процесів. Правова основа охорони праці базується на Конституції України, Законі України “Про охорону праці”. Найважливішим принципом державної політики в галузі охорони праці є пріоритет життя та здоров'я відносно трудової діяльності.

Закон України “Про охорону праці” визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхньої трудової діяльності; регулює, при долі відповідних державних органів, відносини між власником підприємства, установи і організації, уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища; встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Обов'язок по виконанню усіх правил та заходів щодо охорони праці на підприємствах, в установах і організаціях покладено на адміністрацію. За станом охорони праці, виконанням законів про працю та правил по охороні праці встановлений державний нагляд на суспільний контроль.

Технічні засоби системи автоматизації розміщуються:

- на технологічному обладнанні та біля нього – засоби відбору та отримання технологічної інформації, нормуючі перетворювачі (давачі, первинні перетворювачі), виконавчі механізми, місцеві органи керування;
- в приміщенні операторського пункту комплексу – засоби

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

відображення інформації та оперативного керування, засоби мікропроцесорної та обчислювальної техніки.

Приймаючи до уваги тему дипломного проекту, у дипломі будуть розглянуті питання безпечної експлуатації нагрівального колодязя, допоміжного устаткування (вентиляторів, двигунів), приладів засобів автоматизації, виробничої санітарії і пожежної безпеки

6.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації засобів автоматизації

Робоче місце оператора пульта керування знаходиться у відгородженому від котлоагрегату приміщенні загальною площею 30 м². У ньому знаходяться щити з приладами для виміру параметрів і контролю технологічних процесів (це прилади, що реєструють, показники положення, робоча станція), а також контролер. Для передачі сигналів від давачів використовується електрична система, що вимагає суворого дотримання правил експлуатації і повинна бути завжди в справному стані. У приміщенні також розташовані пристрої сигналізації і зв'язку (світлове табло, індикатори, телефон). Зручне раціональне розташування щитів і пульта дозволяє оператору виключити зайві рухи. Планування робочого місця звільняє працюючу людину від стомлюючих трудових рухів і забезпечує зручну робочу позу. Розміри робочої поверхні столу складають 1000x700 мм. Робоче місце виконане з урахуванням вимог технічної естетики, ергономіки, антропометричних даних тіла людини (зріст, розміри, форма тіла, сила і напруга руху рук і ніг, зору, слуху).

Для продуктивної праці оператора, а саме швидкого прийняття рішень, надійної роботи і т. ін., оптимізують умови праці оператора. При компонуванні щитів були обрані засоби відображення інформації - цифрові прилади, світлосигнальні табло з різними написами, що полегшують контроль, індикаторні лампи з зеленими і червоними

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

світлофільтрами. Висота приміщення - 4 м.

Елементи обладнання, арматура і прилади, розміщені в місцях, зручних для обслуговування.

Для реалізації безпечного користування обладнанням були зроблені наступні дії:

- Забезпечено недоступність струмоведучих частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних жолобах)
- Забезпечено ізолювання струмоведучих частин з використанням поліхлорвінілової й іншої ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції
- Пускова апаратура електродвигунів, витяжних вентиляторів встановлена поза приміщенням котлоагрегату
- Електродвигуни технологічних механізмів керуються дистанційно з БЩУ.
- Використовуються малі (знижені) напруги (в котельному відділенні в мережах загального й аварійного освітлення – 12 В (газорозрядні лампи), а також для переносного освітлення, якщо не виключена можливість контакту сторонніх осіб з струмопровідними частинами світильника). Допускається освітлення усередині топок акумуляторними і батарейними ліхтарями.
- У приміщеннях, у які можливе проникнення горючого газу та парів вибухонебезпечних речовин, застосовується освітлювальна арматура у вибухозахищеному виконанні
- Напруга освітлювальної мережі в котельному відділенні приймається 220 В із заземленою нейтраллю

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Промислова санітарія

Робоче відділення, щит управління спроектовані з урахуванням санітарних норм: розміри приміщень, що проектується визначені виходячи з розміщуваного в них устаткування, а також з урахуванням нормативних показників площі на одного працюючого, санітарно-гігієнічних умов та техніки безпеки

Повітря робочої зони включає в себе:

- мікроклімат приміщень;

Параметри мікроклімату, що нормуються: температура (t , $^{\circ}\text{C}$) і відносна вологість (W , %), швидкість його переміщення (м/с), потужність теплових випромінювань (Вт/м^2).

Роботи в щитовій відносяться до категорії 1-Б. Тому мікроклімат повинен відповідати показникам, наведеним в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Температура, $^{\circ}\text{C}$		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
Холодний	21-23	20-24	40-60	75	0,1	0,2
Теплий	22-24	21-28	40-60	65-70	0,2	0,3

Для того, щоб досягти та підтримати зазначені вище показники в процесах, на станції здійснюється вентиляція та опалення приміщень. Фактична температура в приміщенні в холодний період року 21 °С , а в теплий - 25 °С, швидкість руху повітря 0,15 м/с, відносна вологість 70%. Фактичні параметри знаходяться в допустимих межах.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично - допустимими концентраціями (ГДК), мг/м³. В операторському приміщенні повітряне середовище робочої зони в своєму складі отрут та фіброгенних речовин не має. Для приміщення щитової вміст пилу не перевищує 2 мг/м³.

В повітрі ж робочого середовища котла наявні пил та димові гази (СО, СО₂). Дані по максимальному вмісту пилу та димовим газам у повітрі вказані у табл. 6.2.

Таблиця - 6.2 ГДК речовин

Небезбечна речовина	Кількість проб	ГДК, мг/м ³	Максимальна концентрація, мг/м ³	Середня із усіх проб, мг/м ³
Пил	2	4	8,2	7,5
Димові гази	2	0,17	1,32	0,45

З метою підтримання у робочій зоні відділення належної якості повітря згідно з вимогами санітарних правил, ці приміщення обладнуються системами очищення та кондиціонування повітря

Операторська робота передбачає контроль за технологічним процесом за допомогою комп'ютерної техніки (категорія зорових робіт Б-2) та роботу з документацію (категорія зорових робіт А-1).

Природне освітлення здійснюється через світлові прорізи, орієнтовані на всі сторони світу: північ, схід, південь та захід. Природне освітлення забезпечує коефіцієнт природної освітленості не нижче ніж 1,5 %.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними ВДТ ЕОМ та ПЕОМ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк. Як джерела світла в якості штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛД. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих. Використовуємо метод розрахунку за допомогою коефіцієнта світлового потоку.

Було обрано люмінесцентні лампи ЛД з системою рівномірного освітлення та потужністю 80 Вт.

Обраховуємо загальне число світильників:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \eta_l \cdot F_l}$$

$E_n = 300$ лк – нормована освітленість;

$S = a \cdot b = 8 \cdot 5 = 40$ м² – площа підлоги освітлюваного приміщення;

$K = 1.15$ – коефіцієнт запасу;

$n = 6$ – число ламп в світильнику;

$F_l = 4800$ лм – світловий потік однієї лампи (ЛД-80/765);

$Z = 1.1$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η_l – коефіцієнт використання світлового потоку.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо індекс приміщення:

$$h_c = h - h_p = 4 - 0,7 = 3,3$$

$$i = \frac{S}{h_c(a + b)} = \frac{40}{3,3(8 + 5)} = 0,93$$

h_c – висота підвісу світильника над робочою поверхнею

Коефіцієнти відбиття:

$p_{сл} = 0.7$ – коефіцієнт відбиття стелі

$p_{сн} = 0.5$ – коефіцієнт відбиття стіни

$p_{п} = 0.1$ – коефіцієнт відбиття підлоги

За індексом приміщення і коефіцієнтами відбиття визначається $\eta_{л} = 35 \%$.

$$N = \frac{S \cdot k_z \cdot z \cdot E_n}{F_{л} \cdot n \cdot \eta} = \frac{40 \cdot 1.15 \cdot 1,1 \cdot 300}{4800 \cdot 6 \cdot 0.35} = 1.5$$

$$N = 2$$

Отже необхідно 2 світильника.

Основними джерелами шуму є робота колодязя та таких електроапаратів як димососів та вентиляторів.

Шум нормується за граничними спектрами, тобто встановлюється допустимий рівень сили звуку (в дБ) в стандартних октавних смугах зі середньгеометричними частотами 63 – 8000 Гц або за рівнем звуку – в дБА.

У відповідності з [12] для котельного відділення допустимий рівень сили звуку на середньгеометричній частоті 1000 Гц дорівнює 80 дБ

Нормування за допустимим рівнем звуку здійснюється в залежності від характеру роду робіт (табл. 6.3.).

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця - 6.3. Нормування за допустимим рівнем звуку

Характер виконання робіт	Норма, дБА	Факт , дБА
Обслуговування колодязя	80	до 85
Обслуговування димососа	85	86-95
Обслуговування нагнітаючих вентиляторів	85	86-91

Рівень шуму теплоенергетичного обладнання перевищує допустимі норми. Для зниження шкідливого впливу шуму передбачаються наступні заходи: автоматизація, організація щитових приміщень, застосування шумопоглинаючої ізоляції обладнання, особливе розташування обладнання.

6.1 Пожежна безпека

Дане приміщення за класифікацією ПУЕ належить до В-Ia класу за рахунок наявності палива для котла – природного газу

За ОНТП щодо пожежонебезпеки приміщення відноситься до категорії – Б .

У колодязі передбачається комплекс заходів, що передбачають як профілактику, так і спеціальні системи для знаходження і гасіння пожежі. Протипожежна профілактика забезпечується дотриманням норм і правил пожежної безпеки.

Джерелами загоряння в приміщенні можуть бути: коротке замикання, перевантаження електромереж, захламленість приміщення, несправність освітлювальних приладів, діяльність оператора.

Тому для запобігання пожежі прийняті міри:

- застосовуються плавкі запобіжники, електромагнітні розщиплювачі для захисту від короткого замикання і струмів тривалих перевантажень;

- мережа з напругою 220 В виконана проводами у вініпластових трубах, прокладена в підлозі і стінах;

- освітлювальні установки піддаються постійному нагляду: регулярному очищенню освітлювальних приладів, своєчасній заміні перегорілих ламп, поточному і профілактичному ремонту;

- проводиться контроль за справністю електропроводки;

При виникненні пожежі використовується пожежний інвентар та інструменти, а також вогнегасники, що розміщуються на спеціальних пожежних щитах. Щити встановлюють на території об'єкта. В приміщенні АСУТП передбачена наявність наступних первинних засобів пожежогасіння:

Вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-3 – 3 шт.

Також присутня сигналізація щодо виникнення пожеж (світлова і звукова).

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

РОЗІДІ 7 ЕКОНОМІКО-ОГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

7.1 Розрахунок вартості впровадження САР

В якості базового варіанту прийнято ситуацію, згідно з якою системи контролю економічності горіння немає на об'єкті.

Розрахуємо сумарні витрати на впроваджувану систему:

$$N = N_K + N_M + N_T + N_{\text{пн}} + N_{\text{нв}} ,$$

де N_K – вартість обладнання (датчики, ВМ, контролер) + вартість ПЗ;

N_M – вартість монтажу (10-15%) від вартості обладнання;

N_T – вартість транспортування;

$N_{\text{пн}}$ – вартість планових накопичень (5%);

$N_{\text{нв}}$ – непередбачувані витрати (5%)

Для розрахунку вартості обладнання зведемо позиції замовної специфікації в таблиці 7.1.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця - 7.1. Вартість обладнання

Назва обладнання	Кількість, од.	Сумарна ціна, грн
Газоаналізатор АНГОР-С	1	49168,2
Витратомір Rosemount 3051 CFA	3	132348,4
Частотний перетворювач ПЧВ102	3	13680
Датчик тиску XMLP004GD21F	2	5486,98
Датчик температури Pt 1000	2	2560
Датчик температури Rosemount 1075	1	2356,8
Датчик тиску DMP 343	1	8 300
Автоматичний вимикач триполюсний	1	5405
Блок живлення БП60	1	1602
Контролер ПЛК150	1	11070
Модуль вводу аналогових сигналів MB110-8A	1	3588
Модуль виводу аналогових сигналів МУ110-8И	1	6282
Модуль виводу дискретних сигналів МУ110-16К	1	5382

З таблиці - 7.1 можна розрахувати загальну вартість обладнання

$$N_k = 247227 \text{ грн.}$$

Тоді розрахуємо інші витрати:

$$N_{\text{м}} = N_{\text{к}} * 0,1 = 24722,7$$

$$N_{\text{т}} = N_{\text{к}} * 0,02 = 4944,54$$

$$N_{\text{пн}} = N_{\text{к}} * 0,05 = 12361,15$$

$$N_{\text{нв}} = N_{\text{к}} * 0,05 = 12361,15$$

В результаті отримаємо вартість впровадження САР на технологічний об'єкт:

$$N = N_{\text{к}} + N_{\text{м}} + N_{\text{т}} + N_{\text{пн}} + N_{\text{нв}} = 301615 \text{ грн.}$$

7.2 Розрахунок техніко-економічного ефекту від впровадження САР

За даними Міністерства Фінансів України станом на 06.06.2021, вартість 1000 м³ природного газу для підприємств складає 9138, 62 грн. З досвіду впровадження таких систем економічності горіння, економія палива (природного газу) складає 2..4 %. Колодязь працює 180 днів протягом календарного року. Інші дні відводяться на регламентні роботи (ремонти, перевірки)

Обчислимо витрати палива на рік:

$$1600 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} * 8 * 180 = 2304000 \text{ м}^3$$

Згідно з наведеними цінами, економія палива за рік буде складати:

$$2304000 \text{ м}^3 * 9138,62 * 0,04 * 0,001 = 4421586 \text{ грн}$$

Розрахуємо економію експлуатаційних витрати:

$$\Delta U = 4421586 - 301615 = 240543 \text{ грн.}$$

Тоді термін окупності буде складати

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta U}{N} = \frac{240543}{301615} * 12 = 9,5 \text{ міс.}$$

Отже термін окупності для створюваної САР буде складати 9,5 міс. Таким чином проведені розрахунки підтверджують доцільність впровадження розробленої САР.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

ВИСНОВКИ

За час роботи над дипломним проектом на тему: “Автоматизована система управління нагрівальним колодязем” отримавши інформації з технічної документації, методичних, наукових джерел та беручи до уваги вже існуючі об’єкти було розібрано принцип роботи, та особливості системи. Наша система має три контури регулювання: контур регулювання температури в топці, контур регулювання співвідношення палива до повітря, та регулювання розрідження в колодязі. Було визначено передаточні функції для керування цими контурами.

Проведено розрахунки вимірювальних каналів та надійності інформаційних, захисних та керуючих функцій АТК, за результатами яких можна зробити висновок, що спроектована система автоматичної підтримки температури відповідає поставленим вимогам.

На основі отриманих передаточних функцій було розраховано параметри регулятора. Систему регулювання було розраховано двома методами – РАФХ та інженерним методом. Проаналізувавши отримані дані були обрані параметри розраховані методом РАФХ. Далі САР перевірили на грубість. В результаті дослідження було заключено що система не є грубою, тобто досить чутливою до зміни параметрів.

В кінці було представлено програмування контролеру та створений людино-машинний інтерфейс. Програмування контролерів відбувалося у середовищі CoDeSys переважно на мові FBD. SCADA в свою чергу була реалізована у середовищі WebStudio. Створений інтерфейс повністю відображає проходження всі процесів системи та дає оператору за потреби впливати на них.

Також було розроблено частину охорони праці. Створена САР відповідає сім нормам та стандартам охорони праці і навіть покращує ці показники за рахунок створення комфортних та безпечних умов керування

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

технологічним процесом.

Кінцевим розділом дипломної роботи був розрахунок економічної доцільності та техніко-економічного ефекту від впровадження САР. В ході розрахунку було отримано дані про термін окупності – він складає 9,5 місяців. Таким чином створення САР є дуже вигідним з боку збільшення економічності технологічного процесу.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Свиридов Ю.А. Автоматизация нагревательных печей – М.: Металлургия, 1965. – 311 с.
2. Климовицкий М. Д., Копелович А. П. Автоматический контроль и регулирование в черной металлургии – М.: Металлургия, 1976. - 787 с.
3. Аксельруд Л. Г. Сухов И. И., Тымчак В. М., Нагревательные колодцы, М., 1962. -437 с.
4. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності "Автоматизоване управління технологічними процесами" та "Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва" // Укладач: Баган Т.Г. – Київ: НТУУ "КПІ". – 2011 р. – 54 с.
5. Шмид, Д.А. Управляющие системы и автоматика / Д.А. Шмид. – Москва: Техносфера, 2007. – 584с.
6. Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков, В.В. Кравченко, А.Н. Кухоренко, К.И. Артёменко, Ю.М. Ковриго, И.М. Голинко, Т.Г. Баган, А.С. Бунке Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами, 2017. – 234 с.
7. Handbook of PI and PID controller tuning rules Book by Aidan O'Dwyer, 2003. – 623 с.
8. ДСТУ Б А.2.4-3:2009. СПДБ. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів.

					ТА8128.0015.001.АТХ.П	Арк
						81
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		