

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ А.І.Жученко

«__» _____ 20__ р

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

на тему: Система керування печі у процесі гідроочищення нафтових оливо

Виконав (- ла): студент (- ка) 4 курсу, групи ЛА – 51

(шифр групи)

_____ Дворецький Михайло Володимирович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____ асист. Данькевич Андрій Олександрович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант Охорона праці _____ доцент Ковтун І. М.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____

(підпис)

Київ - 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
ім. І. Сікорського**

Інститут (факультет) Інженерно-хімічний факультет
(повна назва)

Кафедра Автоматизації хімічних виробництв
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.І. Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Дворецькому Михайлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система керування печі у печі у процесі гідроочищення нафтових олів,

керівник проекту Данькевич Андрій Олександрович, асист.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» травня 2019 р. № 1525

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту система керування, що забезпечує час перехідного процесу по каналу витрата палива – температура сировини не більше 300 секунд, та час перехідного процесу по каналу витрата повітря – концентрація кисню не більше 100 секунд

4. Зміст пояснювальної записки

Аналіз процесу гідроочищення нафтових олів; математичне моделювання трубчастої печі; синтез системи керування; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу гідроочищення нафтових олив

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз процесу гідроочищення нафтових олив	15.04.2019	
2	Отримання математичної моделі трубчастої печі	10.05.2019	
3	Дослідження статичного і динамічного режимів об'єкта керування	20.05.2019	
4	Синтез системи керування	03.06.2019	
5	Охорона праці	05.06.2019	

Студент

(підпис)

Дворецький М.В.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Данькевич А. О.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврський проект містить дослідження процесу гідроочищення нафтових олив, його математичне моделювання, дослідження температурних режимів процесу, побудову спрощеної математичної моделі та синтез системи керування процесом гідроочищення нафтових олив, та оформлена у записку об'ємом 74 сторінки. Пояснювальна записка містить рисунка 84, таблиць 5, літературних джерел 10.

У бакалаврському проекті об'єктом дослідження є процес гідроочищення нафтових олив. Предметом дослідження є математична модель, температурні режими, спрощена математична модель процесу гідроочищення нафтових олив та синтез системи керування процесом.

У бакалаврському проекті досліджено технологічний процесу гідроочищення нафтових олив, проведено математичне моделювання процесу, досліджено температурні режими, побудовано спрощену математичну модель процесу.

У бакалаврському проекті розроблено алгоритм керування процесом гідроочищення нафтових олив в умовах штатного і нештатного режимів роботи, що дозволить зменшити енерговитрати виробництва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: гідроочищення, спосіб гідроочищення, ступінь гідроочищення, трубчаста піч, газосировинна суміш, математична модель, спрощена математична модель.

Essay

The bachelor project includes research on the process of oil purification hydrotreating, its mathematical modeling, the study of the temperature regimes of the process, the construction of a simplified mathematical model and the synthesis of a control system for the process of hydrophilic treatment of petroleum oils, and is drawn up in a note of 74 pages. Explanatory note contains 84 drawings, 5 tables and 10 literary sources.

In the bachelor project, the object of research is the process of hydro-purification of petroleum oils. The subject of the study is a mathematical model, temperature regimes, a simplified mathematical model of the process of hydrotreating of petroleum oils, and a synthesis of process control systems.

The bachelor project explores the technological process of hydro-purification of petroleum oils, conducts mathematical modeling of the process, studies temperature regimes, and constructs a simplified mathematical model of the process.

The bachelor's project has developed an algorithm for managing the process of hydrophilic treatment of petroleum oils in the conditions of full-time and non-standard modes of operation, which will reduce the energy consumption of production.

KEYWORDS: hydro purification, the way of hydro purification, degree of water purification, tubular furnace, gas mixture, mathematical model, simplified mathematical model.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Технологічний процес гідроочищення нафтових олив.....	8
2. Математичне моделювання трубчастої печі.....	12
3. Синтез системи керування.....	35
4. Охорона праці	66
Висновок.....	73
Список використаних джерел	74

					<i>ЛА51.5108.</i>			
<i>Змн</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Дворецький М.</i>			<i>Система керування печі у процесі гідроочищення нафтових олив</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев</i>		<i>Данькевич А. О.</i>					6	74
<i>Реценз</i>						<i>НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ІХФ, ЛА-51</i>		
<i>Н.Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Жученко А. І.</i>						

Вступ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо- і пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричинюють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

Каталітичне гідроочищення застосовують здебільшого для зменшення інтенсивності фарбування депарафінових рафінатів, а також для поліпшення їх стабільності проти окиснення. Одночасно в результаті гідроочищення знижуються коксивність і кислотність оливи, вміст сірки; температура застигання оливи може підвищуватись на 1-2 °С, індекс в'язкості – незначно (на 1–2 одиниці), а в'язкість оливи, якщо і зменшується, то мало.

Метою даної роботи є ознайомлення з власне процесом гідроочищення, огляд існуючих математичних моделей процесу гідроочищення нафтових олив, дослідження температурного режиму процесу гідроочищення, розробка і дослідження спрощеної математичної моделі процесу гідроочищення нафтових олив, використання якої в подальших дослідженнях дозволить в найкоротші терміни і з мінімальними матеріальними витратами, виконати оцінку механічного і енергетичного стану трубчастих печей при різноманітних наперед заданих характеристиках технологічного регламенту, та синтез системи керування процесом гідроочищення нафтових олив, що забезпечить випуск готової продукції заданої якості при функціонуванні процесу гідроочищення у режимі ресурсо- та енергозбереження з урахуванням можливих непередбачуваних відключень енергоживлення.

					ЛА5108.	Лист
						7
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розділ 1. Технологічний процес гідроочищення нафтових олив

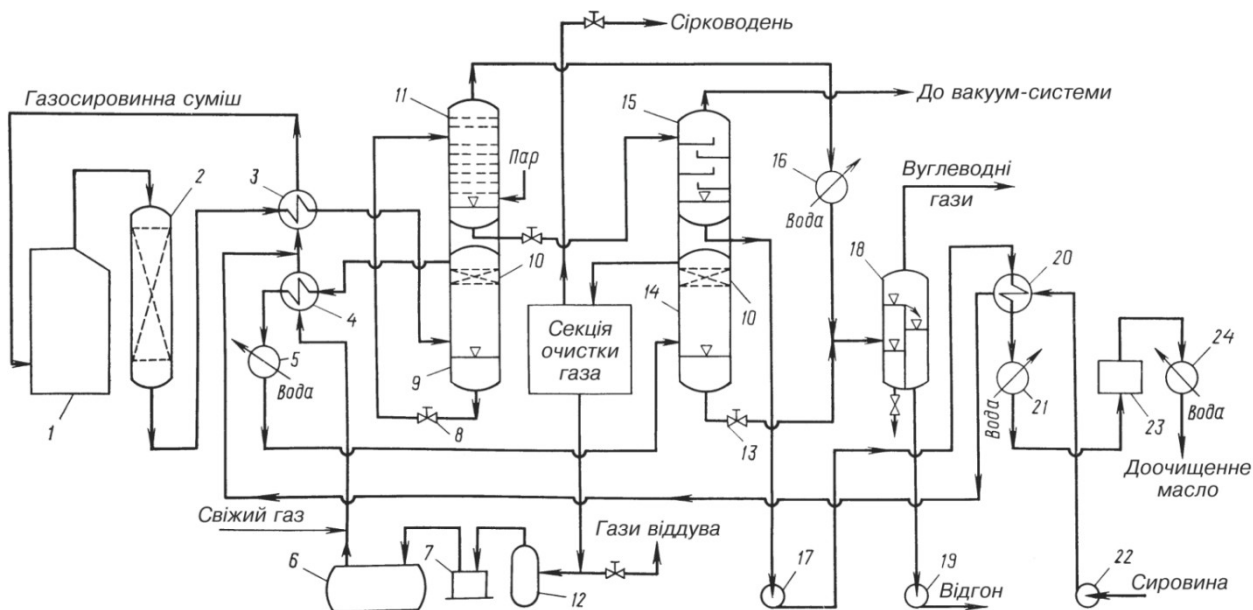


Рис 1.1 Мнемосхема

1 – трубчаста піч; 2 – реактор; 3, 4, 20 – теплообмінники; 5, 21, 24 – холодильники; 6 – приймач; 7 – компресор; 8 – редукційний клапан; 9, 14 – високо- і низькотемпературний сепаратори високого тиску; 10 – краплевловлювач насадкового типу; 11 – відпарна колона; 12 – краплевідбійник; 13 – дросельний клапан; 15 – осушувальна колона; 16 – конденсатор-холодильник; 17, 19, 22 – насоси; 18 – сепаратор, 23 – фільтр.

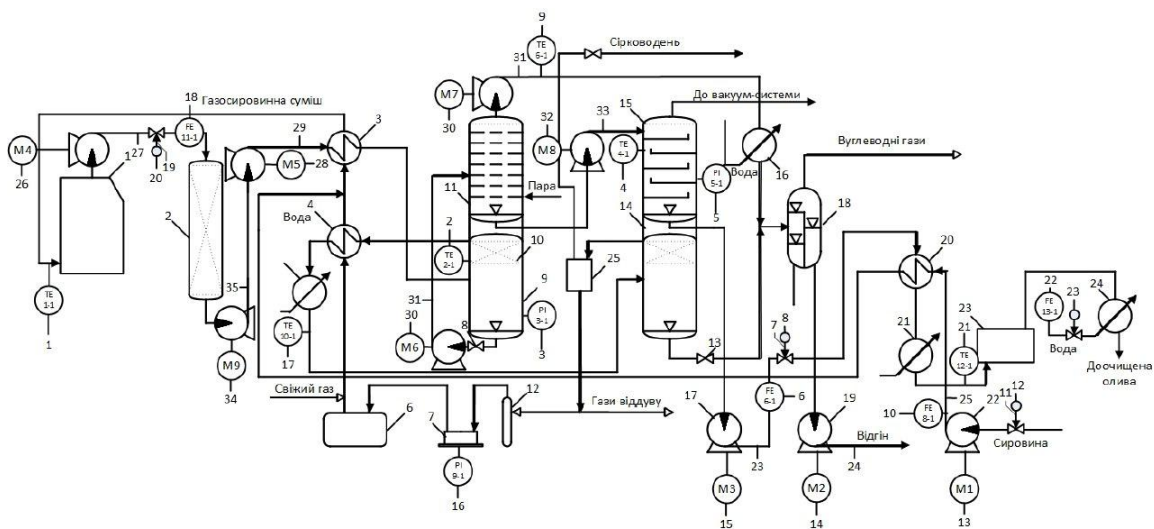


Рис. 1.2 Технологічна схема процесу гідроочищення нафтових олив.

Масова частка виходу гідроочищеної оливи досягає: 97—99 % від сировини. У відносно невеликих кількостях утворюються побічні продукти – відгін, гази віддуву та технічний сірководень.

Установка гідроочищення складається з кількох секцій: нагрівальної та реакторної, сепараційно-стабілізаційної, а також секції очищення водневмісного газу від сірководню. Для установок гідроочищення депарафінованих рафінатів характерне одноразове пропускання сировини через реактор. Водневмісний газ після очищення від сірководню знову приєднується до вихідної сировини і свіжого водневмісного газу, що неперервно вводиться в систему.

Щоб уникнути зниження в'язкості оливи та її температури спалаху, з масляного гідрогенізату прагнуть ретельно видалити розчинені гази та відгін (легкі порівняно з оливою рідкі фракції). У промисловості набули поширення установки гідроочищення оливи з високотемпературною (210-240 °С) сепарацією основної маси газів від масляного гідрогенізату, яка дозволяє виключити повторне нагрівання гідрогенізату перед видаленням відгону.

Сировина, що подається насосом 22, проходить через теплообмінник 20 і перед теплообмінником 3 змішується зі заздалегідь нагрітими в теплообміннику 4 газами: свіжим технічним воднем і водневмісним циркуляційним газом, який подається компресором 7. Газосировинна суміш надходить у змішувачі печі 1, а звідти – далі, у заповнений каталізатором реактор 2, у якому і відбувається процес гідроочищення. Рух суміші в реакторі є спадним, шар каталізатора – нерухомим, а оскільки сумарний тепловий ефект реакцій невеликий, то охолоджувальний газ у середню зону реактора не подається. На цій установці застосовують реактор у рідкому стані, незважаючи на випарюючу дію супровідного газу.

У високотемпературному сепараторі високого тиску 9, куди спрямовується газосировинна суміш, заздалегідь охолоджена в теплообміннику 3 відбувається розділення суміші. Гарячі гази, остудившись у теплообміннику 4 і водяному холодильнику 5, надходять у

					ЛА5108.	Лист
						9
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

низькотемпературний сепаратор високого тиску 14, а нестабільна гідродоочищена олива (містить розчинені гази та відгін) через дросельний клапан 8 спрямовується до відпарної колони 11. Тут за рахунок зниження тиску і продування водяною парою очищеного продукту видаляються гази та відгін.[1]

З верху тарілчастої колони 11 суміш газів і пари надходить у водяний конденсатор-холодильник 16. Отримана трифазна суміш (дві рідини і гази) розділяється в сепараторі 18: водяний конденсат, що збирається ліворуч від вертикальної перегородки, виводиться із нижньої частини сепаратора; відгін із правого відсіку сепаратора забирається насосом 19 і видаляється з установки.

Колона 11 працює під невеликим надлишковим тиском. Після виходу з колони 11 оливу для осушення подають у колону вакуумного осушення 15, звідки вона насосом 17 через сировинний теплообмінник 20, водяний холодильник 21, фільтр 23 і доохолоджувач 24 виводиться з установки в резервуар гідродоочищеної оливи. У фільтрі 23 олива зчищується від каталізаторного пилу та твердих частинок - продуктів корозії. Конденсат, що збирається в невеликих кількостях у низькотемпературному сепараторі високого тиску 14, лінією з дросельним клапаном 13 надходить у сепаратор 18. Водневмісний газ високого тиску, що надходить із сепаратора 14 через краплевловлювач насадкового типу 10, очищується майже за того ж тиску від сірководню регенованим поглиначем у секції очищення газу 25.

Частина очищеного газу (віддуб) у разі потреби виводиться у паливну мережу. Основна ж маса газу після краплевідбійника 12 стискається компресором 7 і, пройшовши через приймач 6 і теплообмінник 4, знову змішується із сировиною.

Тривалість роботи каталізатора від 10 до 60 місяців.

					ЛА5108.	Лист
						10
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обґрунтування вибору апарату для математичного моделювання

В установці гідроочищення нафтових олів є п'ять основних апаратів: трубчата піч, реактор, відпарна колона, осушувальна колона та теплообмінник.

Для процесу гідроочищення нафтових олів піч є одним з перших апаратів, який приймає безпосередню участь у відділенні домішок з газосировинної суміші, яка до неї надходить, завдяки відповідному температурному режиму та розрахованій витраті повітря для остаточного згорання домішок у вигляді метану, етану, пропану та бутану.

Через це, мною та моїм дипломним керівником було прийнято рішення обрати досліджуваним апаратом саме трубчасту піч.

					ЛА5108.	Лист
						11
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розділ 2. Математичне моделювання трубчастої печі

Виберемо в ролі типу об'єкту дослідження – математичну модель. Для дипломного проекту було обрано трубчасту піч, вона відіграє важливу роль у процесі гідроочищення нафтових олів. У ній відбуваються всі першочергові процеси, такі як: нагрівання, відділення домішок з олів у процесі нагрівання і їх подальше згорання.[3] Параметрична схема трубчастої печі зображена на рисунку 2.1. Окремо було розглянуто ділянку труби з сировиною, що зображена на рисунку 2.2.

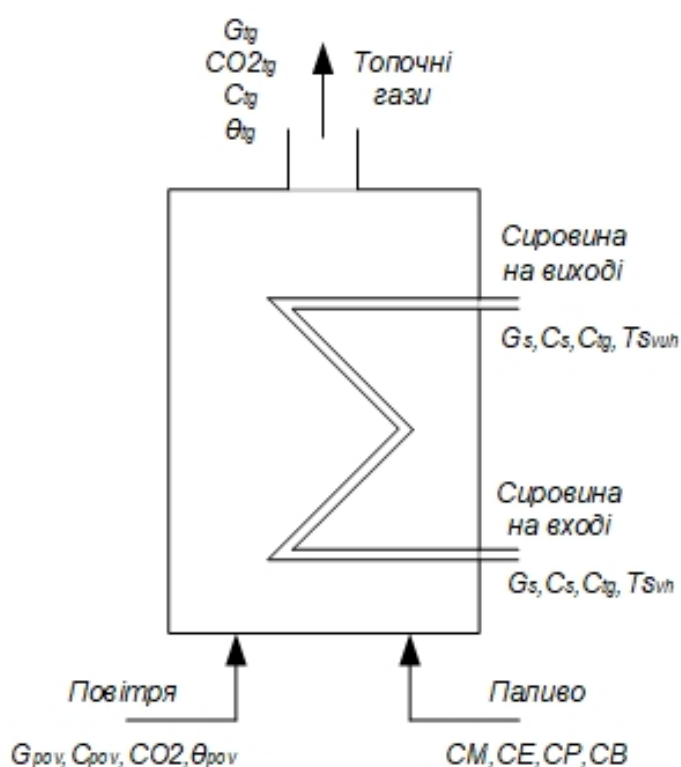


Рис 2.1 Параметрична схема трубчастої печі

G_{TG} , C_{O_2-TG} , C_{TG} , θ_{TG} – витрата, концентрація кисню, теплоємність та температура топочних газів відповідно; G_C , C_C , $\theta_{СВХ}$ – витрата, концентрація та температура сировини на виході відповідно; G_C , C_C , $\theta_{СВХ}$ – витрата, концентрація та температура сировини на вході відповідно; $G_{ПОВ}$, $C_{ПОВ}$, $\theta_{ПОВ}$ – витрата, концентрація та температура повітря відповідно; C_{O_2} – концентрація кисню в повітрі відповідно; $G_{Пал}$, $C_{Пал}$, $\theta_{Пал}$ – витрата, концентрація та температура палива відповідно; C_M , C_E , C_P , C_B – концентрація метану, етану, пропану та бутану відповідно.

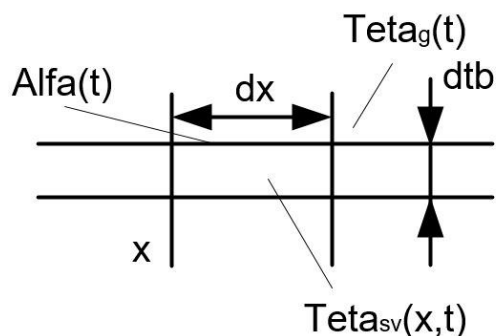


Рис 2.2 Схема перерізу труби

$Alfa(t)$ – товщина стінки труби, залежить від часу; dx – довжина перерізу труби; $Teta_g(t)$ – температура газу, залежить від часу; dtb – діаметр труби; $Teta_{sv}(x,t)$ – температура сировини, яка залежить від довжини труби та часу.

В таблиці 2.1 наведено весь перелік технологічних параметрів об'єкту.

Таблиця 2.1 Технологічні параметри об'єкту

Позначення параметру	Опис параметру	Одиниці вимірювання
G_{TG}	Витрата топочних газів	m^3/c
C_{O^2-TG}	Концентрація кисню в топочних газах	$кг/м^3$
c_{TG}	Теплоємність топочних газів	$Дж/кг \cdot ^\circ C$
θ_{TG}	Температура топочних газів	$^\circ C$
G_c	Витрата сировини на виході	m^3/c
c_c	Теплоємність сировини на виході	$Дж/кг \cdot ^\circ C$
$\theta_{свих}$	Температура сировини на виході	$^\circ C$
G_c	Витрата сировини на вході	m^3/c
c_c	Теплоємність сировини на вході	$Дж/кг \cdot ^\circ C$
$\theta_{свх}$	Температура сировини на вході	$^\circ C$
$G_{пов}$	Витрата повітря	m^3/c
$c_{пов}$	Теплоємність повітря	$Дж/кг \cdot ^\circ C$

$\theta_{\text{пов}}$	Температура повітря	°C
C_{O_2}	Концентрація кисню в повітрі	кг/м ³
$G_{\text{пал}}$	Витрата палива	м ³ /с
$c_{\text{пал}}$	Теплоємність палива	Дж/кг·°C
$\theta_{\text{пал}}$	Температура палива	°C
C_m	Концентрація метану	кг/м ³
C_e	Концентрація етану	кг/м ³
$C_{\text{п}}$	Концентрація пропану	кг/м ³
C_b	Концентрація бутану	кг/м ³

Для отримання математичної моделі печі необхідно створити систему рівнянь статичної і динамічної. [5] Рівняння статичного режиму матимуть вигляд:

Матеріальний баланс

$$G_{\text{пал}} + G_{\text{пов}} - G_{\text{тг}} = 0$$

Звідки отримуємо:

$$G_{\text{тг}} = G_{\text{пал}} + G_{\text{пов}}$$

Виходячи з хімізму процесу горіння та основних фізико-хімічних законів можна стверджувати, що при горінні 1кг метану витрачається 4кг кисню або 17,3кг повітря, при масовому вмісті кисню 0,23, і виділяється 2,75кг вуглекислого газу і 2,25кг води. При горінні 1кг етану витрачається 3,73кг кисню або 16,22кг повітря, і виділяється 2,93кг вуглекислого газу і 1,8кг води. При горінні 1кг пропану витрачається 3,63кг кисню або 15,78кг повітря, і

виділяється 3кг вуглекислого газу і 1,63кг води. При горінні 1кг бутану витрачається 3,58кг кисню або 15,57кг повітря, і виділяється 3,03кг вуглекислого газу і 1,55кг води.[4] Таким чином ми можемо записати баланс по кисню:

$$G_{rov} * 0.23 - G_{pal} * C_m * 4 - G_{pal} * C_E * 3.73 - G_{pal} * C_P * 3.63 - G_{pal} * C_B * 3.58 - G_{tg} * C_{O_2tg} = 0$$

Виразимо концентрацію кисню в інших газах:

$$C_{O_2tg} = \frac{(G_{rov} * 0.23 - G_{pal} * C_m * 4 - G_{pal} * C_E * 3.73 - G_{pal} * C_P * 3.63 - G_{pal} * C_B * 3.58)}{(G_{pal} + G_{rov})}$$

Тепловий баланс

Для міжтрубного простору:

$$G_{rov} * c_{rov} * \theta_{rov} + G_{pal} * c_{pal} * \theta_{pal} - G_{tg} * c_{tg} * \theta_{tg} - \int_0^L K * s_{tpb} * \left[\theta_{tg}(t) - \frac{\delta \theta_{sv}(x, t)}{\delta x} \right] dx + G_{pal} * C_M * q_M + G_{pal} * C_E * q_E + G_{pal} * C_P * q_P + G_{pal} * C_B * q_B = 0$$

Для елементарного об'єму сировини:

$$G_{sv} * C_{sv} * \theta_{sv}(xt) - G_{sv} * C_{sv} * \theta_{sv}(x) + K * St_b * [\theta_{tg} - \theta_{sv}(x)] = 0$$

Модель динаміки:

Для матеріального балансу:

$$G_{pal}(t) + G_{rov}(t) - G_{tg}(t) = \frac{dM_{tg}(t)}{dt} = \frac{dV * \rho_{tg}(t)}{dt}$$

					ЛА5108.	Лист
						15
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Методом кінцевих різниць перетворимо модель з диференціального рівняння в різницеве:

$$G_{pal_k} + G_{pov_k} - G_{tg_k} = V \frac{\rho t g_{k+1} - \rho t g_k}{T}$$

Виразимо з рівняння значення густини топічних газів в наступний момент часу:

$$\rho t g_{k+1} = \rho t g_k + \frac{T}{V} (G_{pal_k} + G_{pov_k} - G_{tg_k})$$

Запишемо баланс по кисню:

$$\begin{aligned} G_{pov}(t) * 0.23 - G_{pal}(t) * C_m(t) * 4 - G_{pal}(t) * C_E(t) * 3.73 - G_{pal}(t) \\ * C_P(t) * 3.63 - G_{pal}(t) * C_B(t) * 3.58 - G_{tg}(t) * C_{O_2tg}(t) \\ = \frac{dV * \rho t g(t) * C_{O_2tg}(t)}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{pov}(t) * 0.23 - G_{pal}(t) * C_m(t) * 4 - G_{pal}(t) * C_E(t) * 3.73 - G_{pal}(t) \\ * C_P(t) * 3.63 - G_{pal}(t) * C_B(t) * 3.58 - G_{tg}(t) * C_{O_2tg}(t) \\ = V (C_{O_2tg}(t) \frac{d\rho t g(t)}{dt} + \rho t g(t) \frac{dC_{O_2tg}(t)}{dt}) \end{aligned}$$

Методом кінцевих різниць перетворимо модель з диференціального рівняння в різницеве:

$$\begin{aligned} G_{pov_k} * 0.23 - G_{pal_k} * C_{m_k} * 4 - G_{pal_k} * C_{E_k} * 3.73 - G_{pal_k} * C_{P_k} * 3.63 \\ - G_{pal_k} * C_{B_k} * 3.58 - G_{tg_k} * C_{O_2tg_k} = \\ = V (C_{O_2tg_k} \frac{\rho t g_{k+1} - \rho t g_k}{T} + \rho t g_k \frac{C_{O_2tg_{k+1}} - C_{O_2tg_k}}{T}) \end{aligned}$$

Виразимо з рівняння значення концентрації кисню в топічних газах в наступний момент часу:

$$\begin{aligned} C_{O_2tg_{k+1}} = C_{O_2tg_k} - \frac{T * C_{O_2tg_k}}{V * \rho t g_k} (\rho t g_{k+1} - \rho t g_k) + \frac{T}{V * \rho t g_k} \\ * [G_{pov_k} * 0.23 - G_{pal_k} * C_{m_k} * 4 - G_{pal_k} * C_{E_k} * 3.73 - G_{pal_k} \\ * C_{P_k} * 3.63 - G_{pal_k} * C_{B_k} * 3.58 - G_{tg_k} * C_{O_2tg_k}] \end{aligned}$$

Для теплового балансу

Для міжтрубного простору:

					ЛА5108.	Лист
						16
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
& Gsv(t) * csv * \theta sv(x, t) \\
& - \left(Gsv(t) * csv * \theta sv(x, t) + \frac{\delta Gsv(t) * csv * \theta sv(x, t)}{\delta x} * dx \right) \\
& + K(t) * Stb * [\theta tg(t) - \theta sv(x, t)] \\
& = \frac{dStb * dx * \rho sv * csv * \theta sv(x, t)}{dt} \\
& - Gsv(t) * csv * \frac{\delta \theta sv(x, t)}{\delta x} + K(t) * \pi * dtb * [\theta tg(t) - \theta sv(x, t)] \\
& = \frac{\pi * dtb^2}{4} * \rho sv * csv * \frac{d\theta sv(x, t)}{dt}
\end{aligned}$$

Методом кінцевих різниць перетворимо модель з диференціального рівняння в різницеве:

$$\begin{aligned}
& -Gsv_k * csv * \frac{\delta \theta sv_{k,l} - \theta sv_{k,l-1}}{hx} + K_k * \pi * dtb * [\theta tg_k - \theta sv_{k,l}] \\
& = \frac{\pi * dtb^2}{4} * \rho sv * csv * \frac{\theta sv_{k+1,l} - \theta sv_{k,l}}{T}
\end{aligned}$$

Виразимо з рівняння значення температури сировини в наступний момент часу:

$$\begin{aligned}
\theta sv_{k+1,l} = & \theta sv_{k,l} \\
& + \frac{4T}{\pi * dtb^2 * \rho sv * csv} \left[K_k * \pi * dtb * [\theta tg_k - \theta sv_{k,l}] - Gsv_k * \right. \\
& \left. * csv * \frac{\delta \theta sv_{k,l} - \theta sv_{k,l-1}}{hx} \right]
\end{aligned}$$

Результати моделювання статичного режиму зображені на рисунках 2.3-2.5.

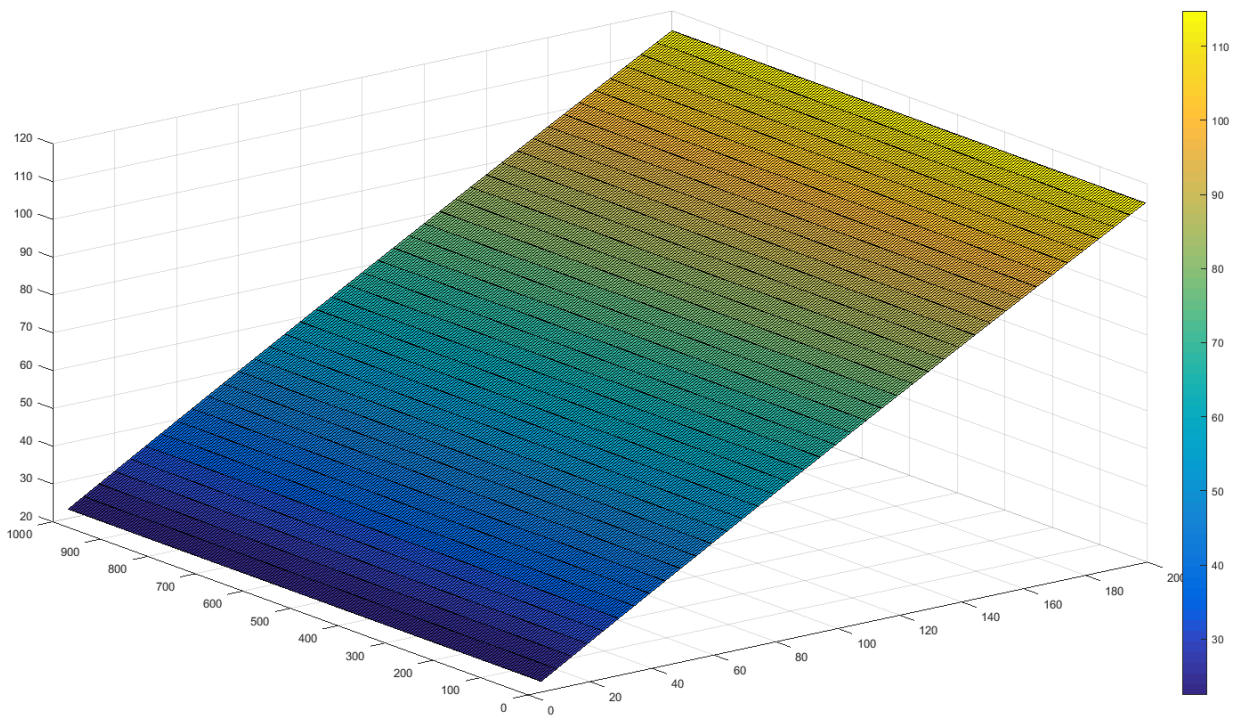


Рис 2.3 Тривимірне зображення статички температури сировини (від часу та довжини труби)

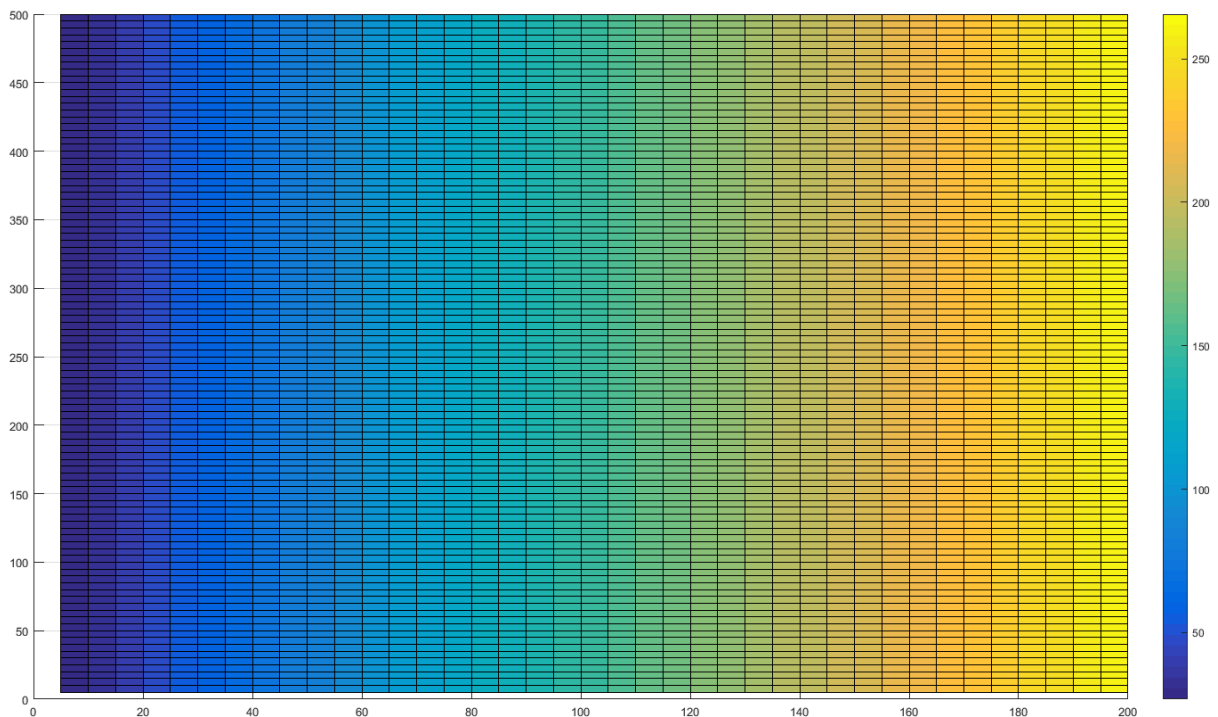


Рис 2.4 Двовимірне зображення статички температури (від часу та довжини труби)

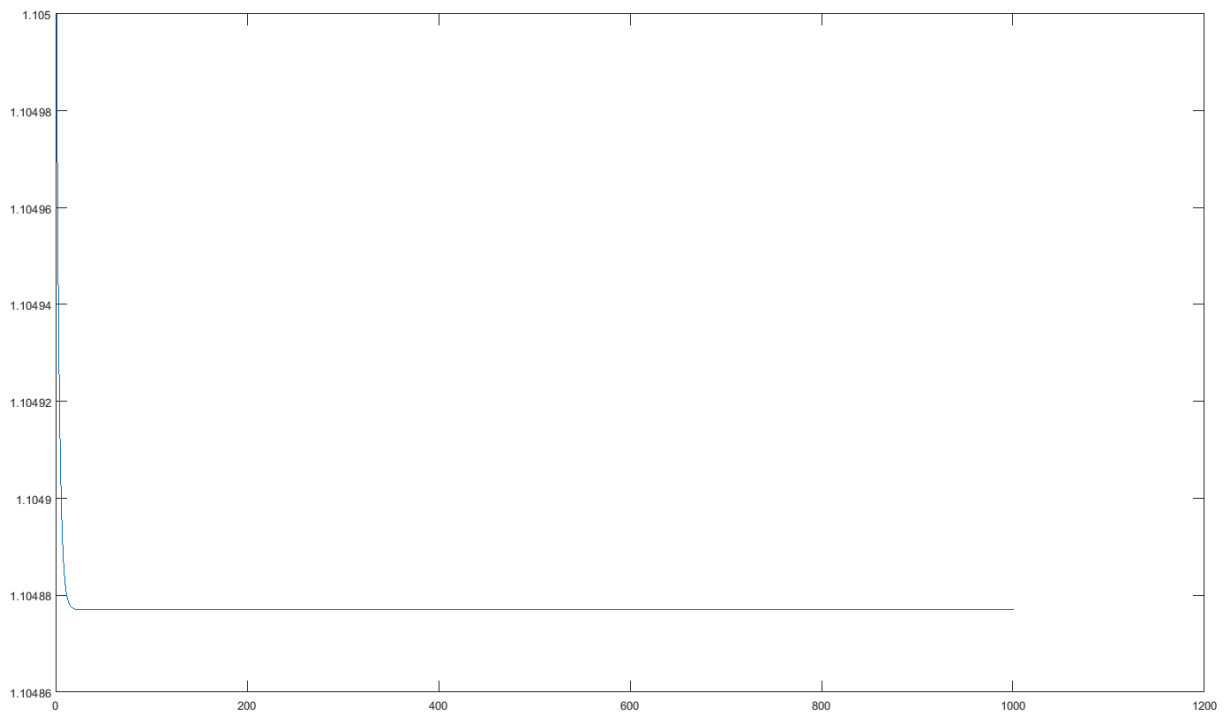


Рис 2.5 Концентрація кисню в топічних газах в статичному режимі

Оскільки зміна концентрації кисню менше одного відсотка, можна стверджувати про успішне дослідження основного статичного режиму.[6]

При дослідженні динамічних властивостей об'єкту на збільшення витрати палива в 1.2 рази отримуємо графіки кривих розгону, що зображені на рисунку 2.6-2.10.

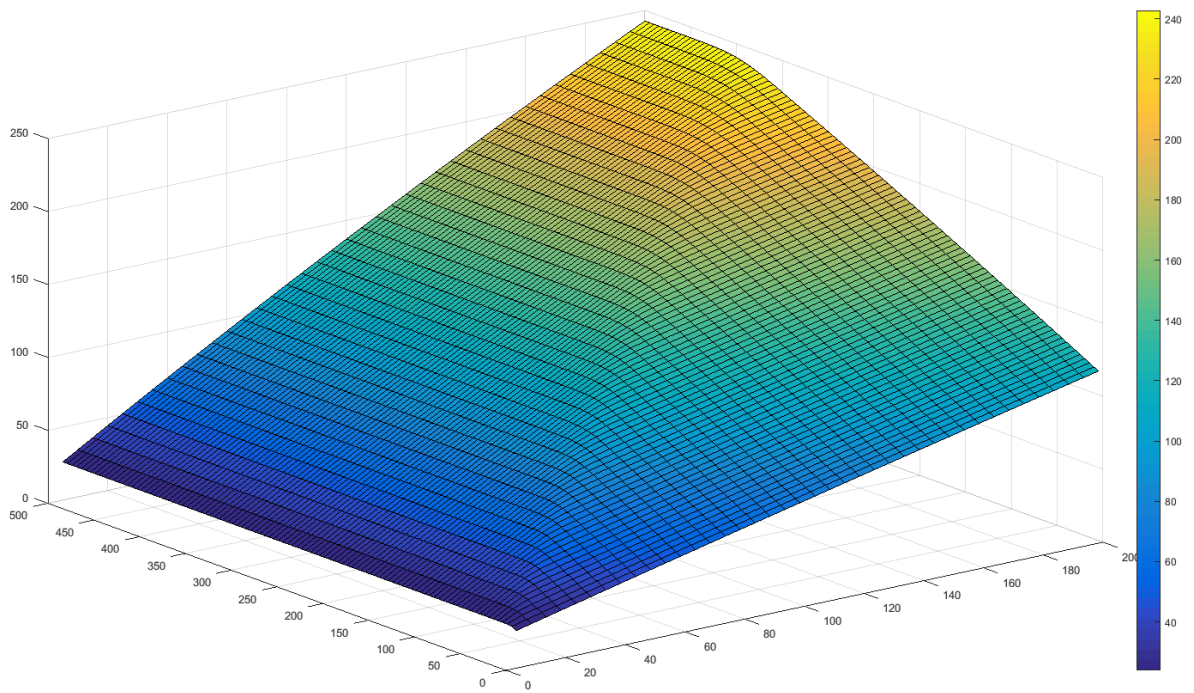


Рис 2.6 Тривимірне зображення кривої розгону температури сировини (від часу та довжини труби)

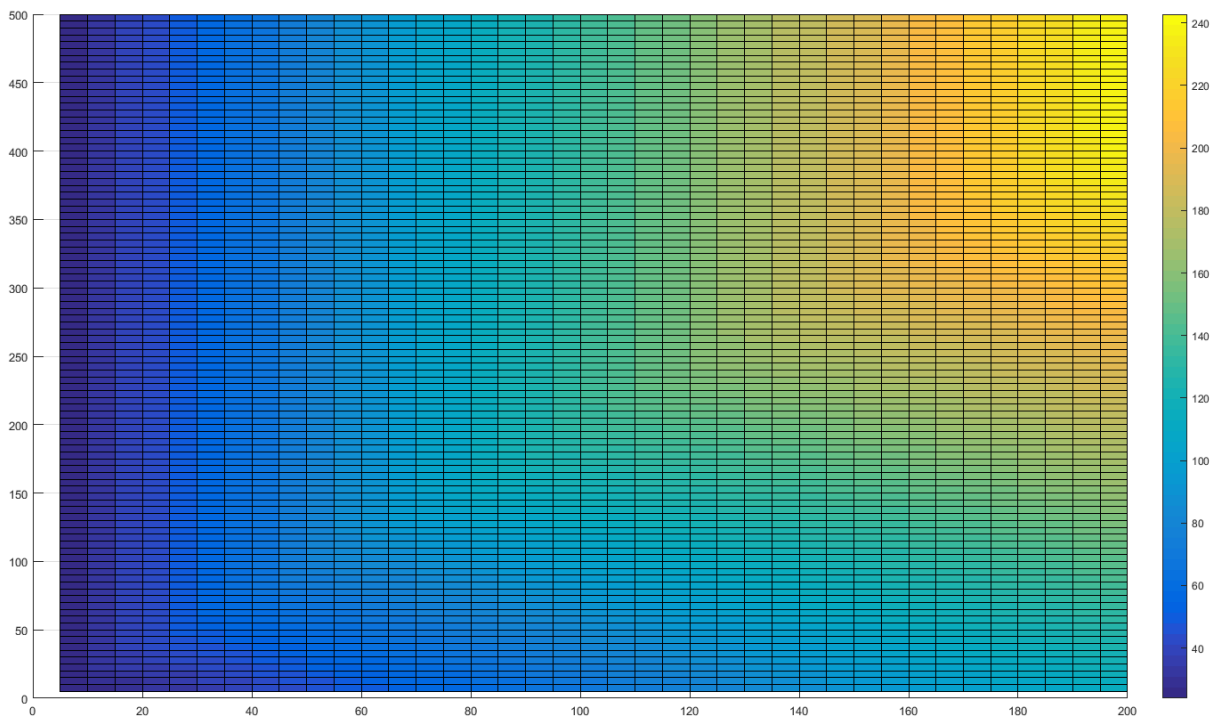


Рис 2.7 Двовимірне зображення кривої розгону температури сировини (від часу та довжини труби)

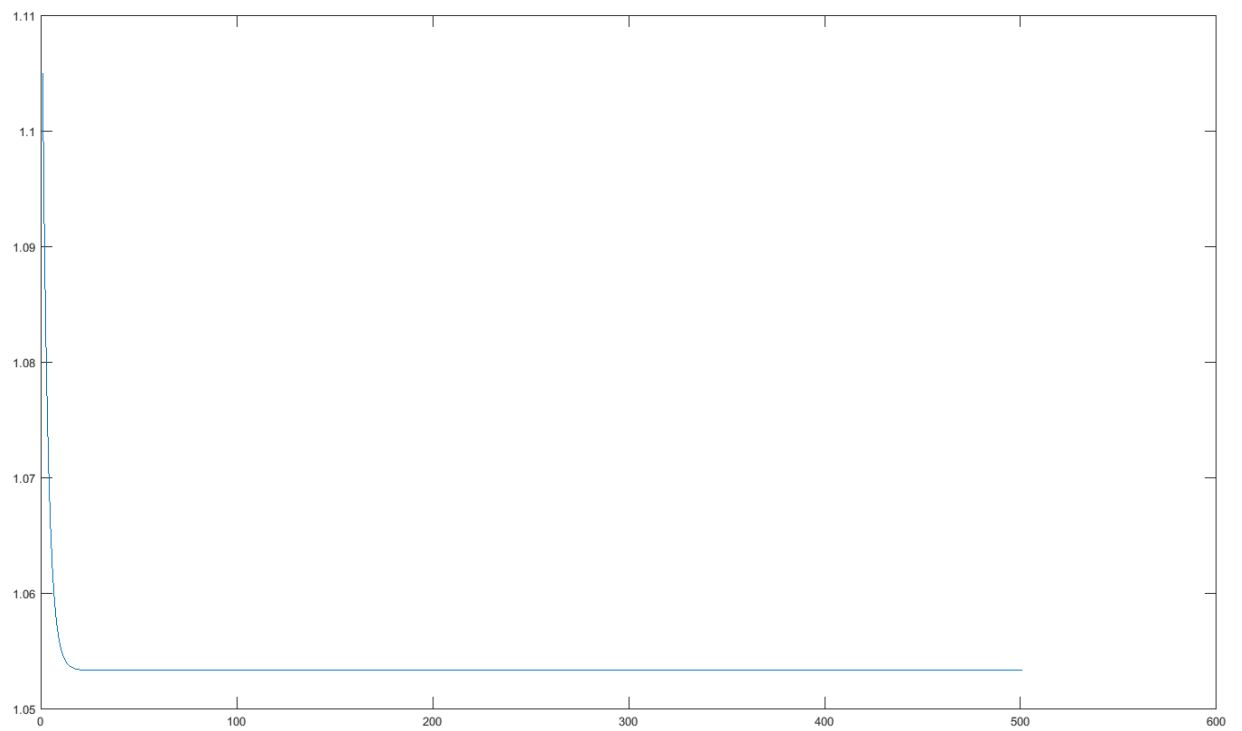


Рис 2.8 Крива розгону зміни концентрації кисню від збільшенні витрати палива

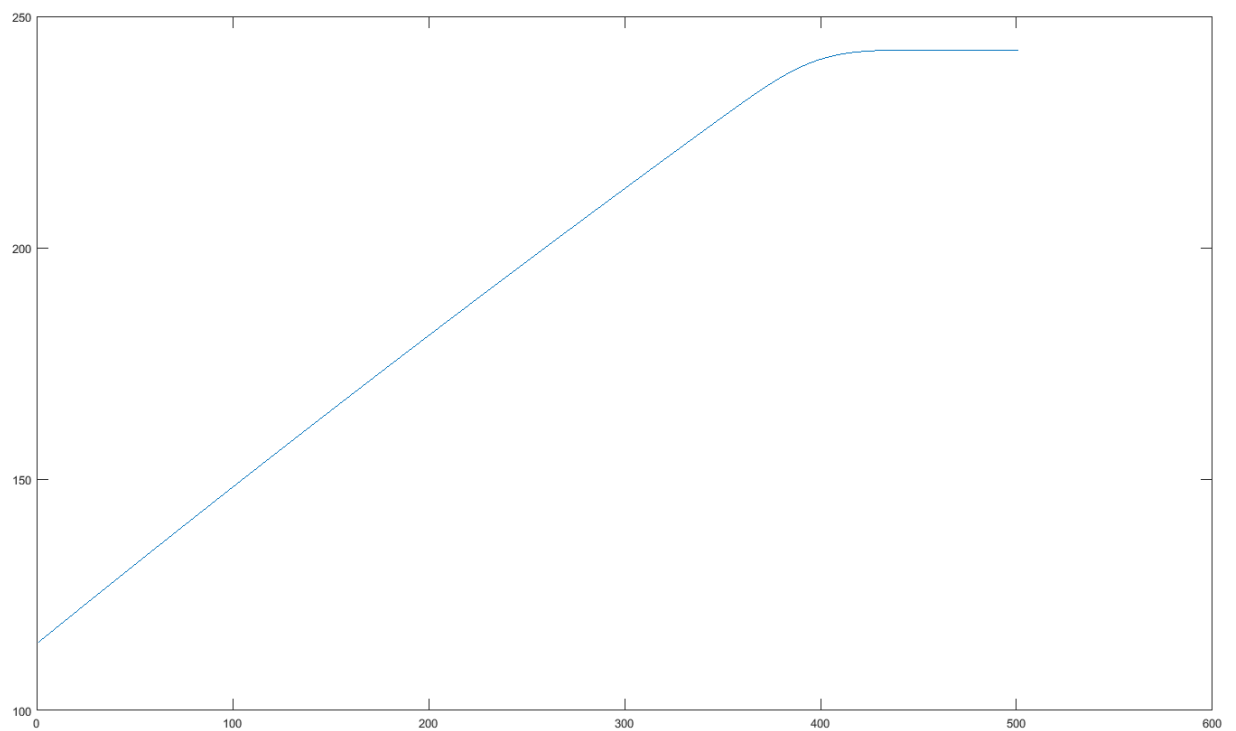


Рис 2.9 Крива розгону зміни температури сировини в кінцевій точці

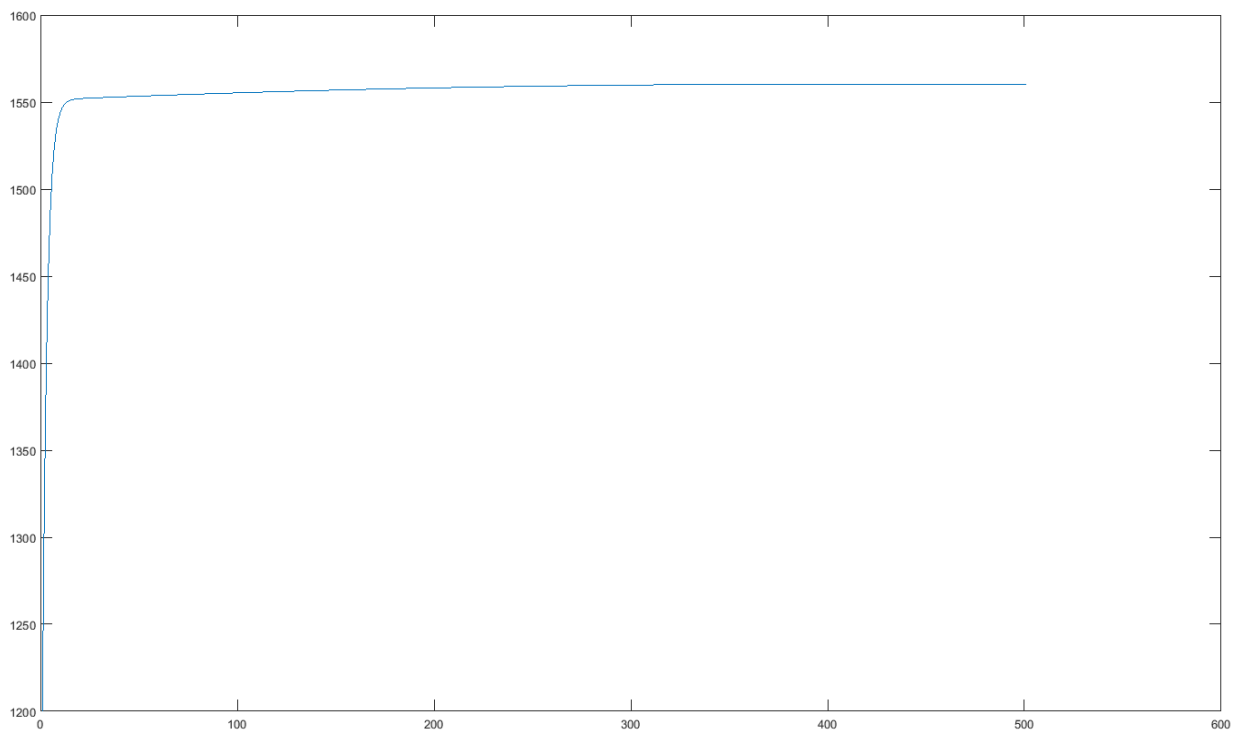


Рис 2.10 Крива розгону зміни температури топочних газів

При дослідженні динамічних властивостей об'єкту на збільшення витрати повітря в 1.2 рази отримуємо графіки кривих розгону, що зображені на рисунку 2.11-2.15.

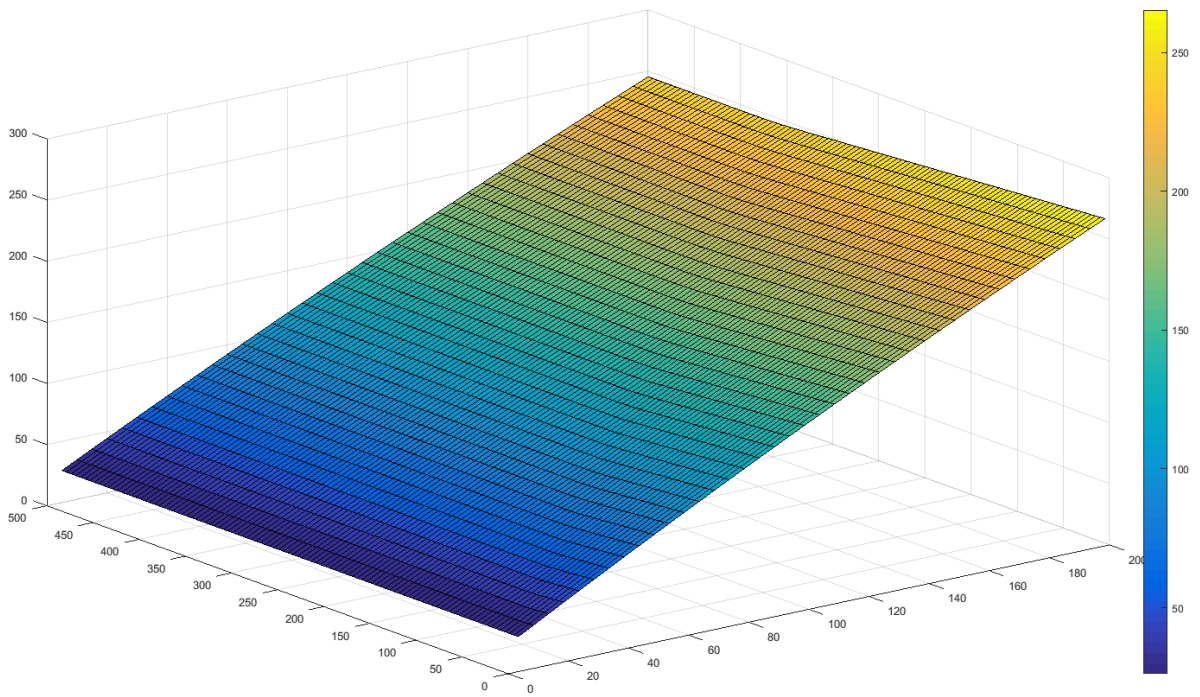


Рис 2.11 Тривимірне зображення кривої розгону температури сировини
(від часу та довжини труби)

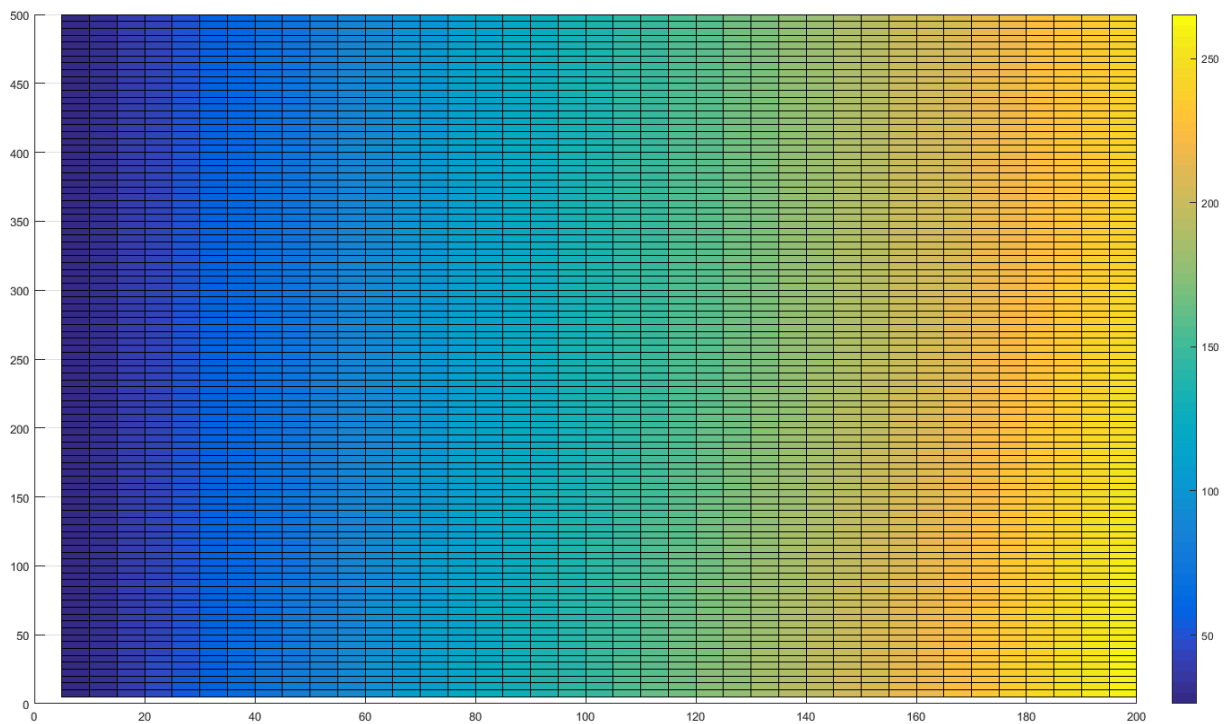


Рис 2.12 Двовимірне зображення кривої розгону температури сировини
(від часу та довжини труби)

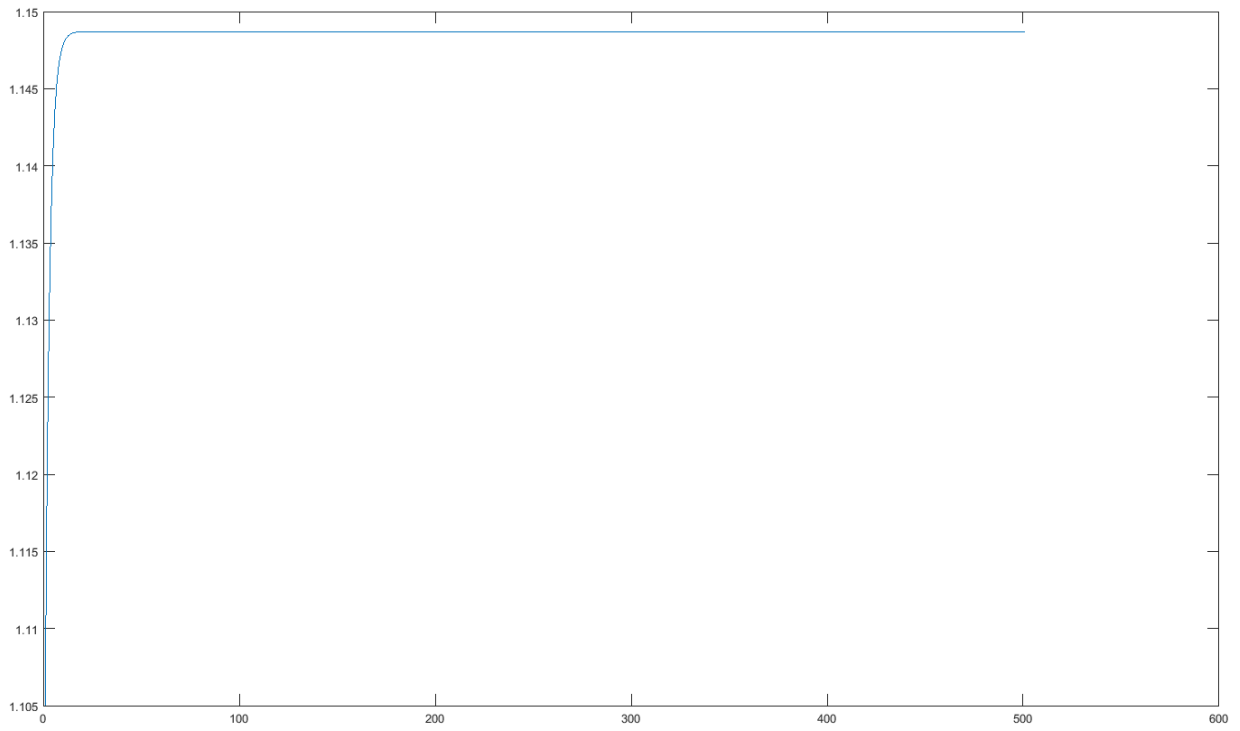


Рис 2.13 Крива розгону зміни концентрації кисню при збільшенні витрати повітря

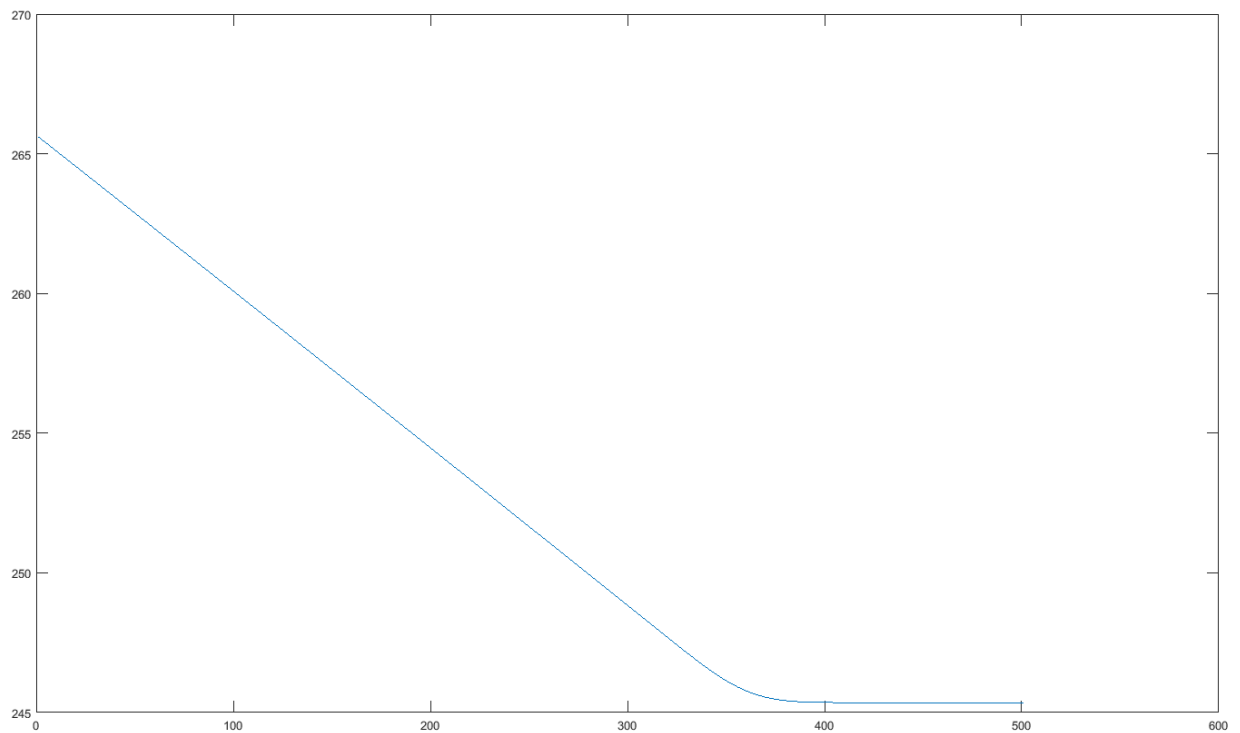


Рис 2.14 Крива розгону зміни температури сировини в кінцевій точці

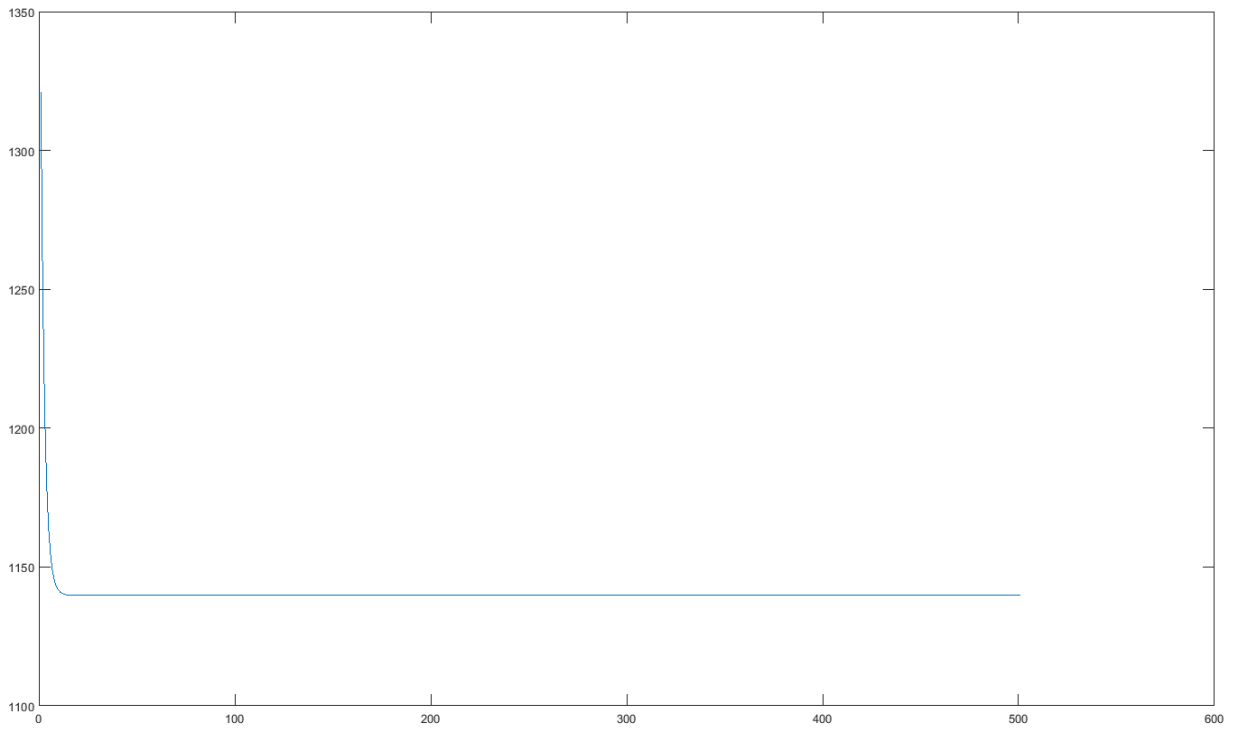


Рис 2.15 Крива розгону зміни температури топочних газів

При дослідженні динамічних властивостей об'єкту на збільшення витрати сировини в 1.2 рази отримуємо графіки кривих розгону, що зображені на рисунку 2.16-2.20.

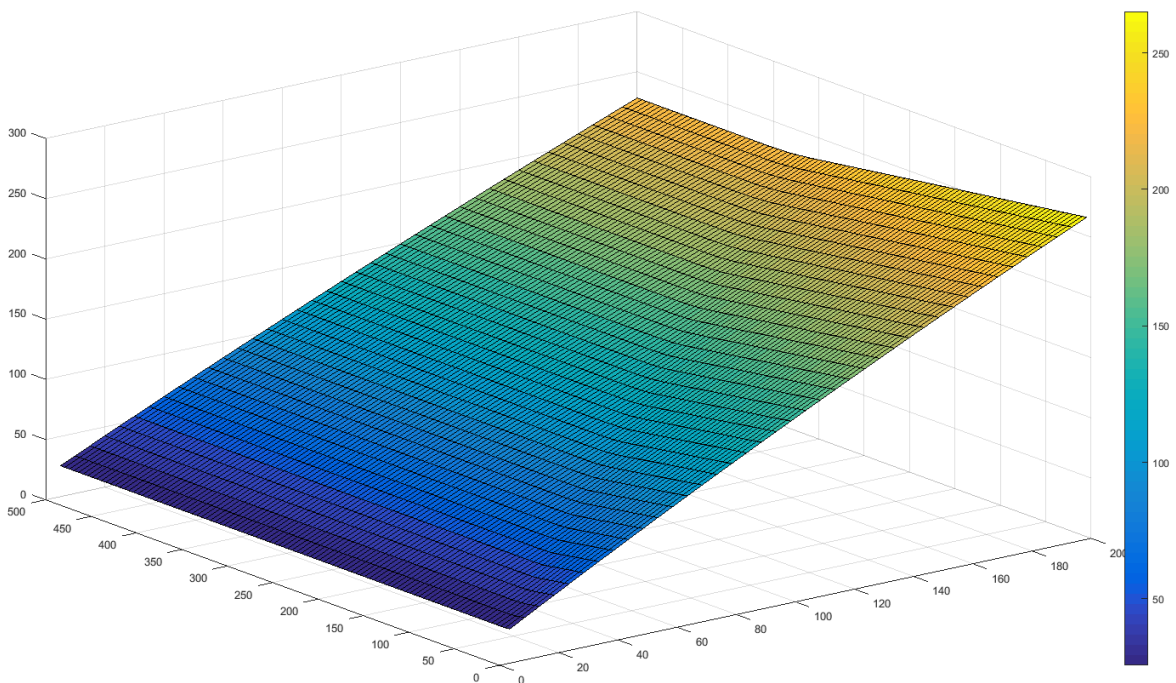


Рис 2.16 Тривимірне зображення кривої розгону температури сировини (від часу та довжини труби)

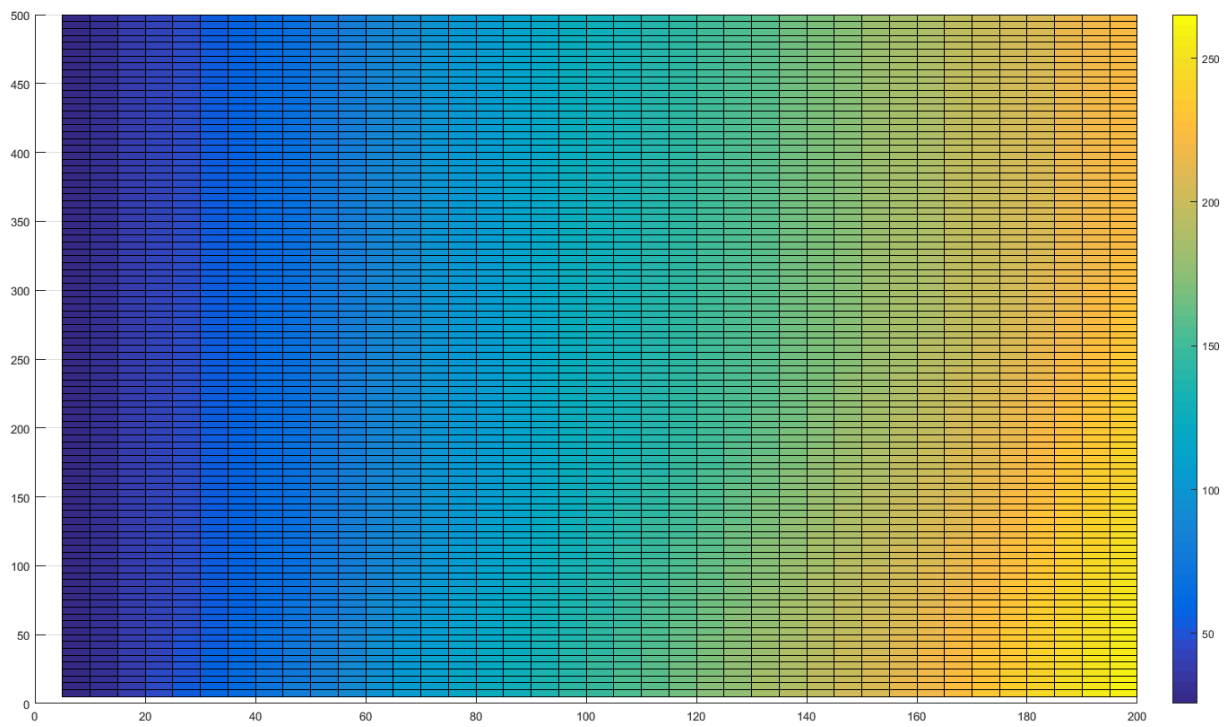


Рис 2.17 Двовимірне зображення кривої розгону температури сировини
(від часу та довжини труби)

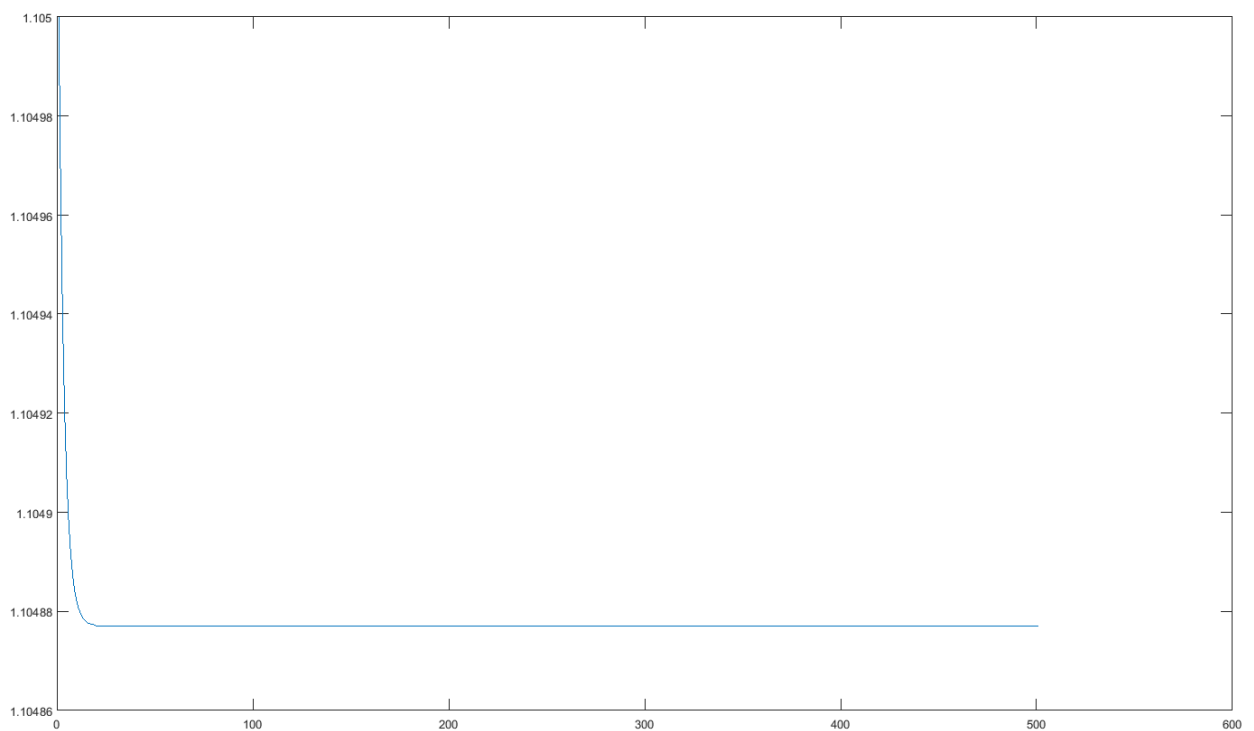


Рис 2.18 Крива розгону зміни концентрації кисню при збільшенні
витрати сировини

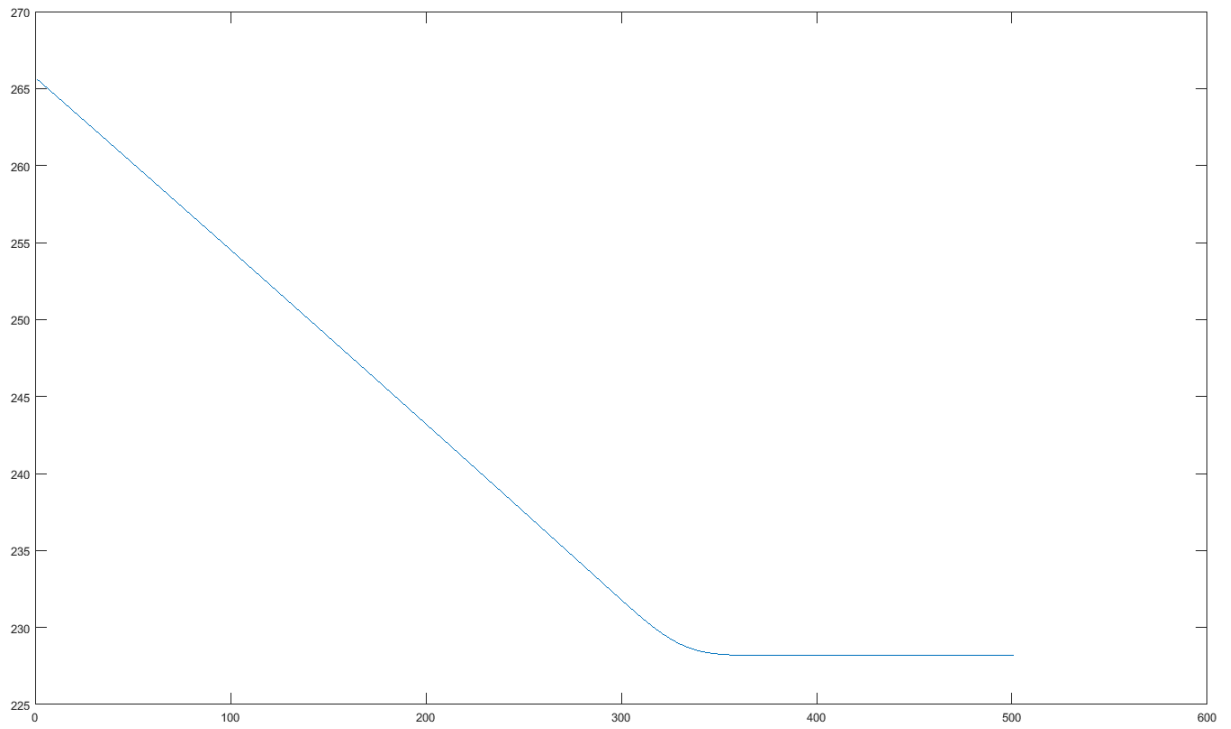


Рис 2.19 Крива розгону зміни температури сировини в кінцевій точці

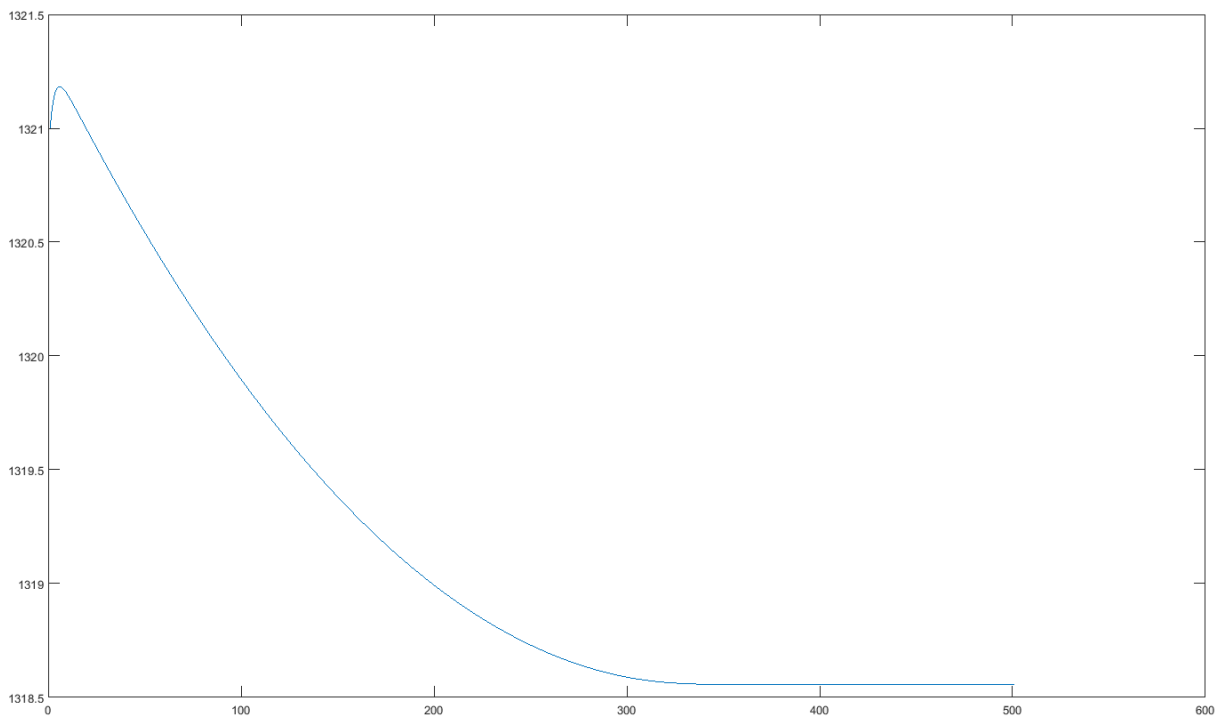


Рис 2.20 Крива розгону зміни температури топочних газів

Апроксимація

Використання складних нелінійних моделей з розподіленими параметрами неможливе при В зв'язку з цим виникає необхідність спрощення математичної моделі. Для спрощення було обрано апроксимацію кривих розгону аперіодичними ланками другого порядку. Апроксимація була проведена методом Сімою.

В ході апроксимації за результатами моделювання було отримано наступні параметри:

За першим каналом: витрата палива – концентрація кисню

Коефіцієнт підсилення:

$$K = 1.055 - 1.05 / 0.48 = 0.0104$$

Сталі часу:

$$T1 = 0.5$$

$$T2 = 5.1$$

Тоді передавальна функція матиме вигляд:

$$W1(p) = \frac{0.0104}{(0.5 * p - 1) * (5.1 * p - 1)}$$

Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата палива – концентрація кисню зображена на рисунку 2.21

					ЛА5108.	Лист
						29
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

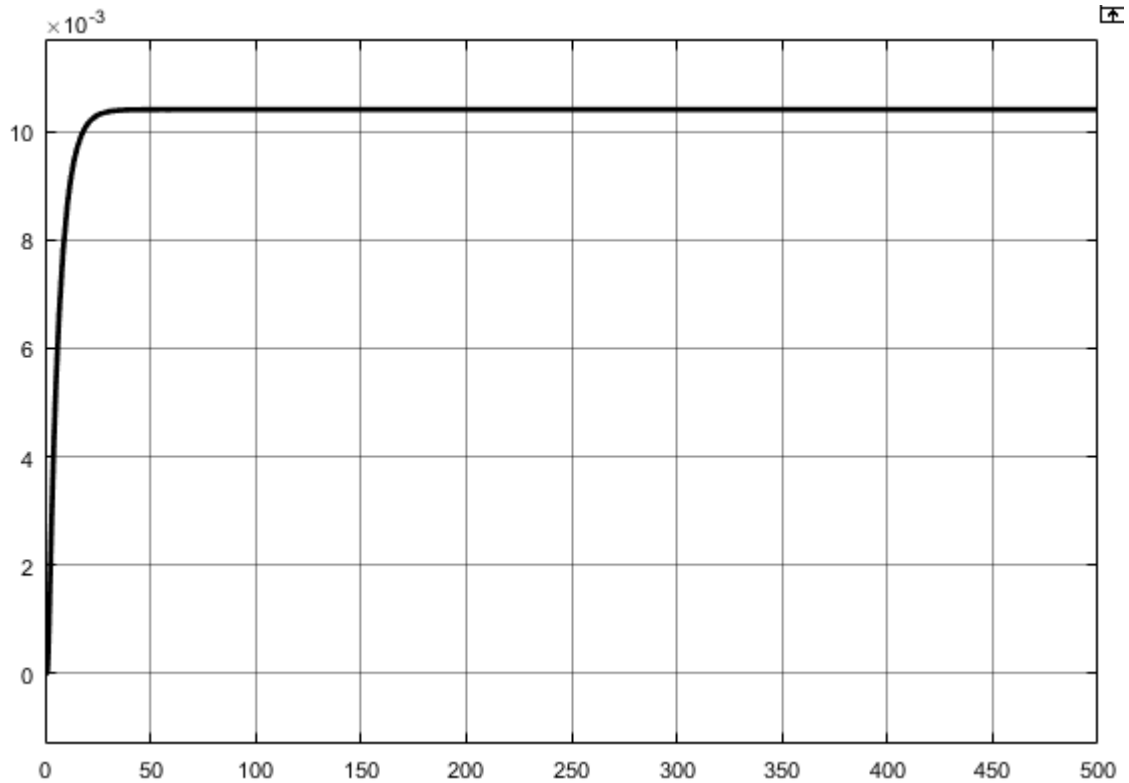


Рис. 2.21 Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата палива – концентрація кисню

За другим каналом: витрата палива – температура сировини

Коефіцієнт підсилення:

$$K = (240 - 120) / 0.48 = 250$$

Сталі часу:

$$T_1 = 14.8$$

$$T_2 = 93.6$$

Тоді передавальна функція матиме вигляд:

$$W_2(p) = \frac{250}{(14.8 * p - 1) * (93.6 * p - 1)}$$

Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата палива – температура сировини зображена на рисунку 2.22

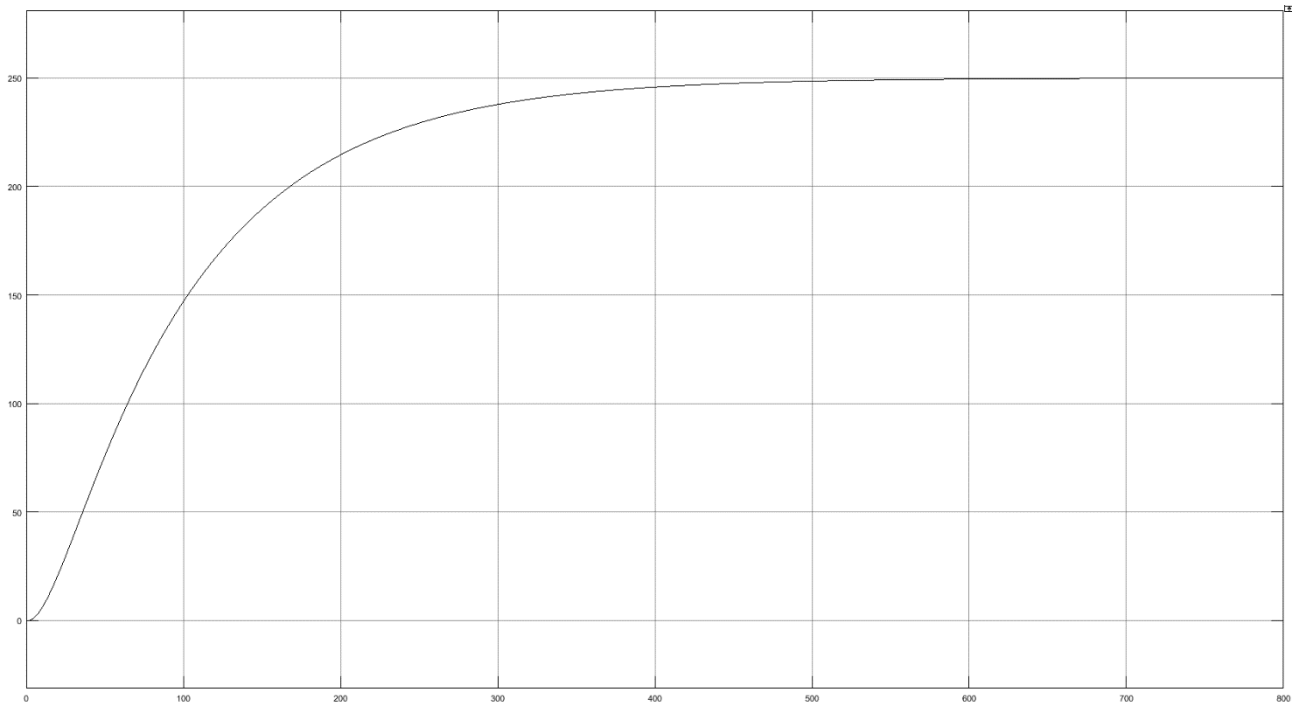


Рис. 2.22 Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата палива – температура сировини

За третім каналом: витрата повітря – концентрація кисню

Коефіцієнт підсилення:

$$K=1.148-1.05/7.2=0.0136$$

Сталі часу:

$$T1=0.5$$

$$T2=5.1$$

Тоді передавальна функція матиме вигляд:

$$W3(p) = \frac{0.0136}{(0.5 * p - 1) * (5.1 * p - 1)}$$

Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – концентрація кисню зображена на рисунку 2.23

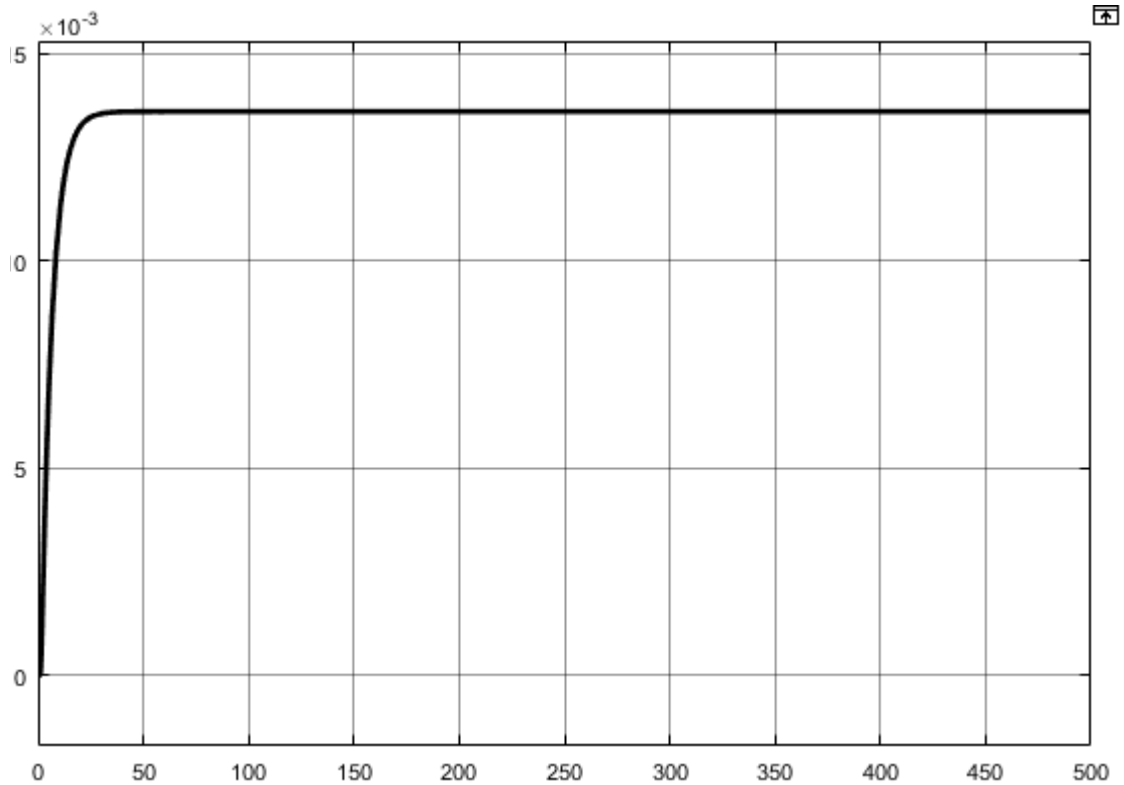


Рис. 2.23 Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – концентрація кисню

За четвертим каналом: витрата повітря – температура сировини

Коефіцієнт підсилення:

$$K=245-267/7.2=-3.055$$

Сталі часу:

$$T1=14.8$$

$$T2=93.6$$

Тоді передавальна функція матиме вигляд:

$$W4(p) = \frac{-3.055}{(14.8 * p - 1) * (93.6 * p - 1)}$$

Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – температура сировини зображена на рисунку 2.27

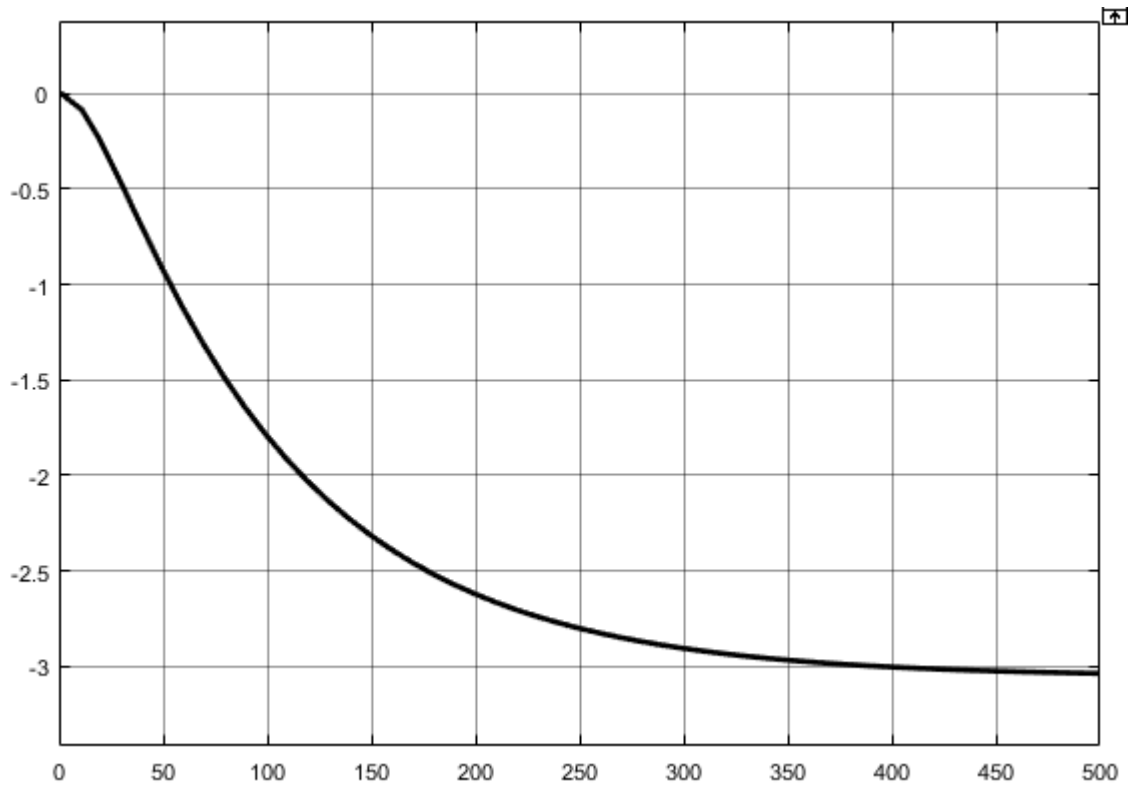


Рис. 2.24 Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – температура сировини

За п'ятим каналом: витрата сировини – концентрація кисню

Коефіцієнт підсилення:

$$K=0/0.5=0$$

Таким чином витрата сировини не впливає на концентрацію кисню тому цей канал можна виключити з структури системи.

За шостим каналом: витрата сировини – температура сировини

Коефіцієнт підсилення:

$$K=227-266/0.5=-78$$

Сталі часу:

$$T1=14.8$$

$$T2=53.6$$

Тоді передавальна функція матиме вигляд:

$$W6(p) = \frac{-78}{(14.8 * p - 1) * (53.6 * p - 1)}$$

Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – температура сировини зображена на рисунку 2.25

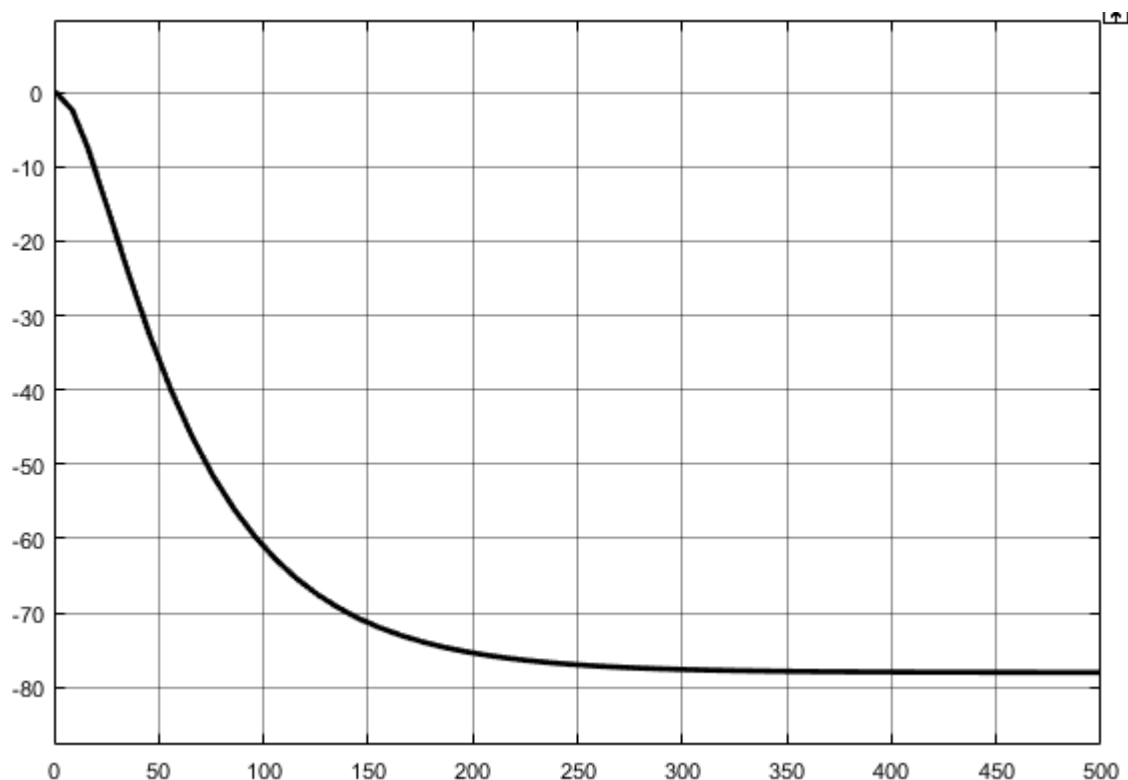


Рис. 2.25 Апроксимована перехідна характеристика об'єкту за каналом витрата повітря – температура сировини

Таким чином було сформовано систему диференціальних рівнянь для трубчастої печі, як об'єкта з розподіленими параметрами. Диференціальні рівняння методом кінцевих різниць перетворено в дискретну форму. Для усіх каналів побудовано статичні та динамічні характеристики. Проведено спрощення математичної моделі шляхом апроксимації відповідних характеристик методом Сімою. Побудовано перехідні характеристики апроксимуючих функцій за усіма каналами.

РОЗДІЛ 3. Синтез системи керування

При розгляді об'єкта керування є очевидним, що в об'єкті наявні 2 канали керування та 3 канали збурення.

Канали керування:

1. Витрата палива – Температура сировини
2. Витрата повітря – Концентрація кисню

Канали збурення:

1. Витрата палива – Концентрація кисню
2. Витрата повітря – Температура сировини
3. Витрата сировини – Температура сировини

Синтезуємо класичні регулятори для замкнених каналів керування[7]

Для каналу витрата палива – температура сировини

Синтез П регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.1

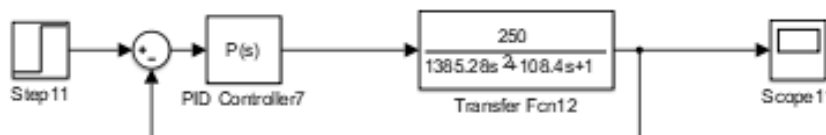


Рис 3.1 Структура системи керування з П регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з П регулятором зображена на рисунку 3.2

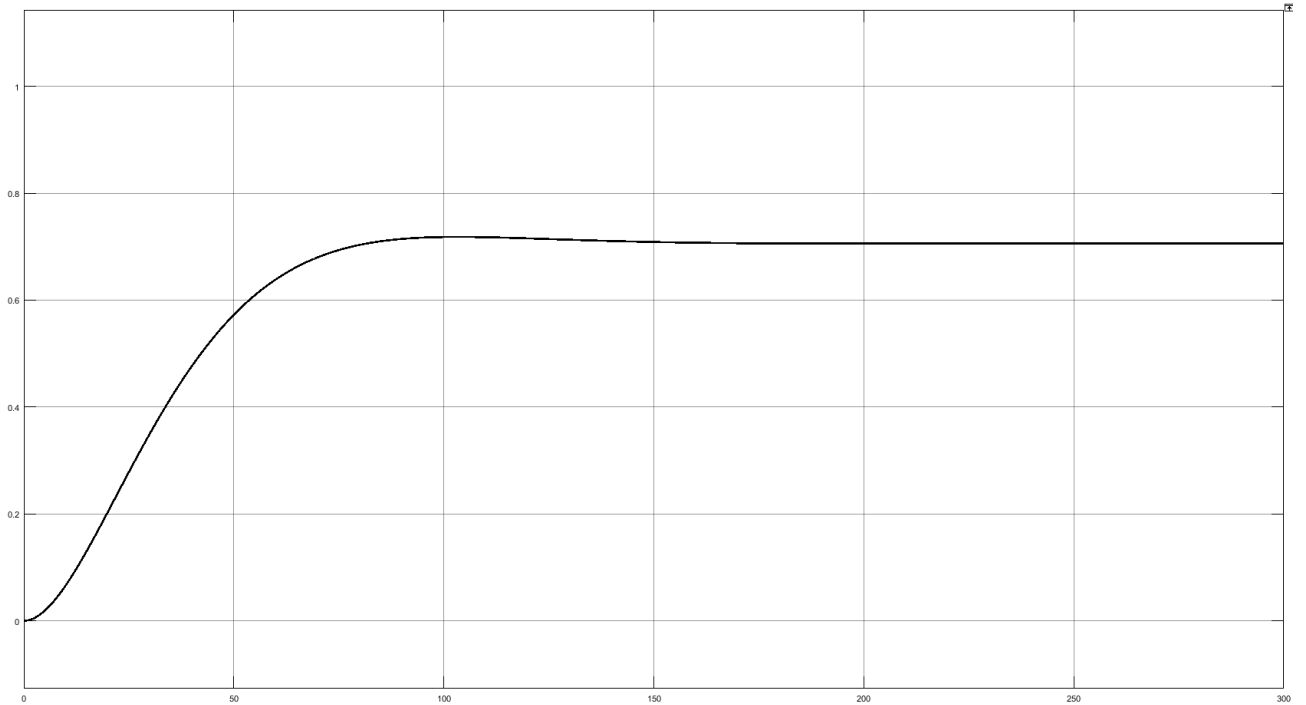


Рис 3.2 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з П регулятором

Синтез І регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.3



Рис 3.3 Структура системи керування з І регулятором

Параметри регулятора:

Integral (I):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з І регулятором зображена на рисунку 3.4

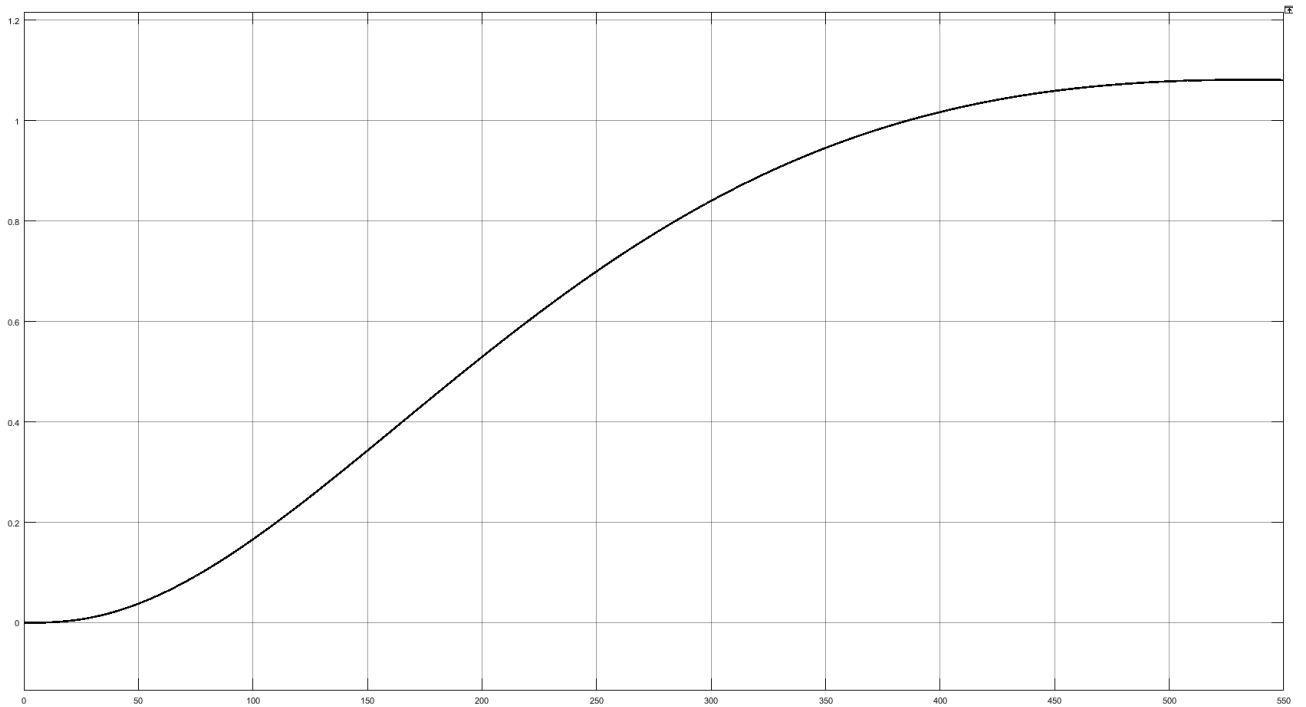


Рис 3.4 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з І регулятором

Синтез ПД регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.5



Рис 3.5 Структура системи керування з ПД регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):

Derivative (D):

Filter coefficient (N):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПД регулятором зображена на рисунку 3.6

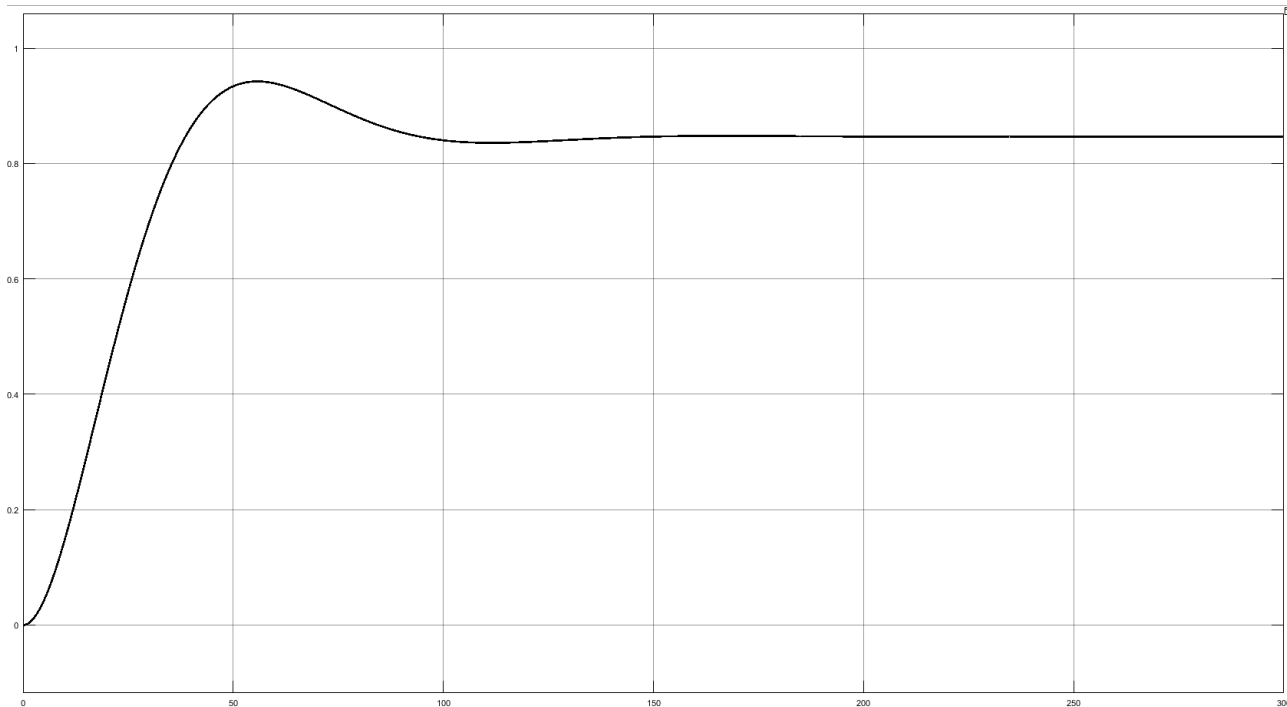


Рис 3.6 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПД регулятором

Синтез ПІ регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.7

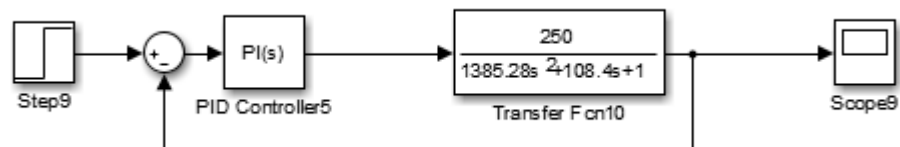


Рис 3.7 Структура системи керування з ПІ регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):

Integral (I):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПІ регулятором зображена на рисунку 3.8

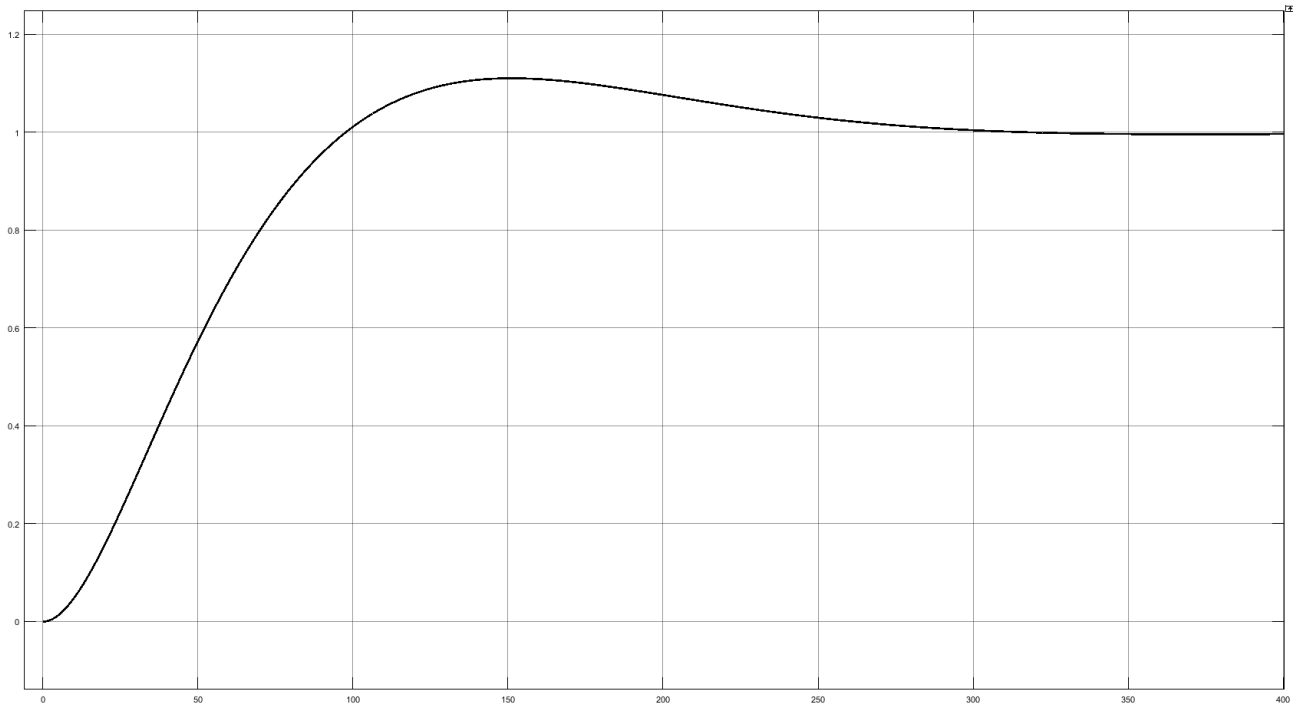


Рис 3.8 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПІ регулятором

Синтез ПІД регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.9

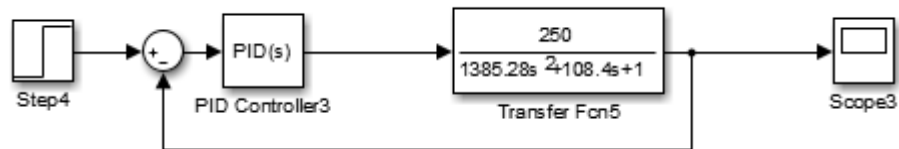


Рис 3.9 Структура системи керування з ПІД регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):	0.0071882892262288
Integral (I):	0.000116512536841908
Derivative (D):	0.05816541333195
Filter coefficient (N):	0.206321647570151

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПІД регулятором зображена на рисунку 3.10

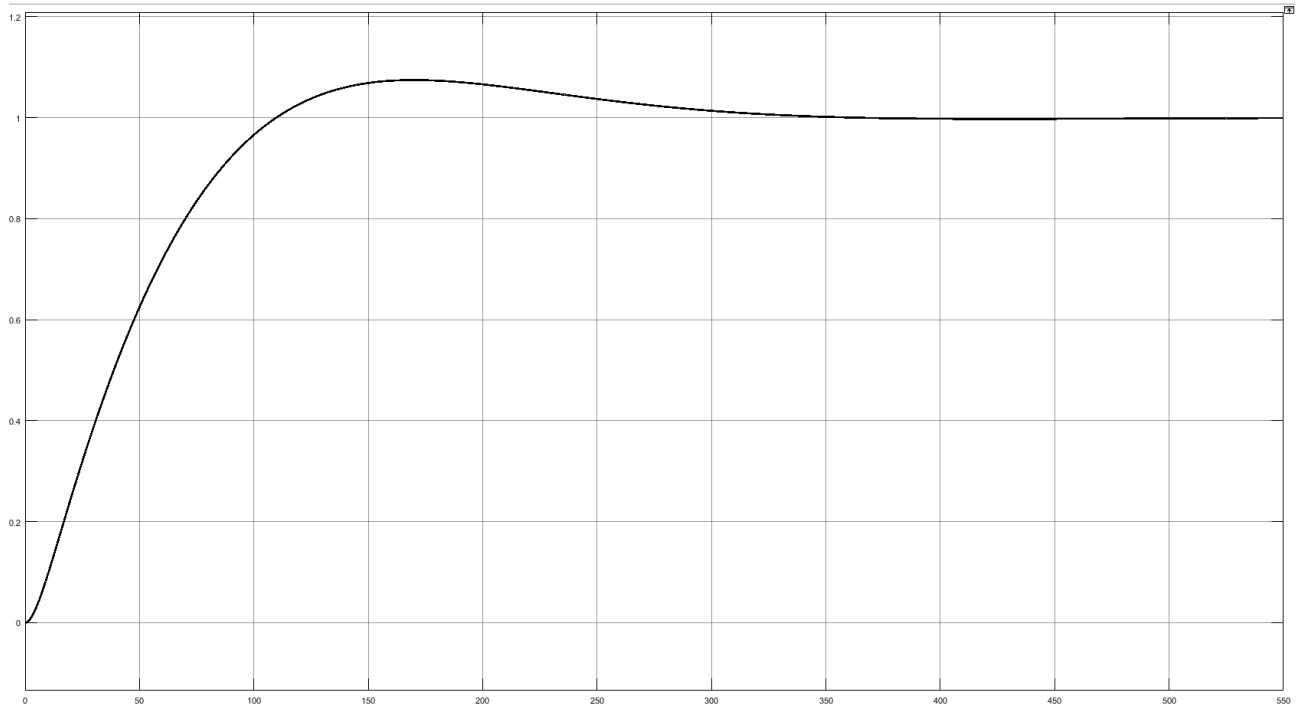


Рис 3.10 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПІД регулятором

Порівняння параметрів якості перехідного процесу для різних типів регулятору знаходиться в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Порівняльна таблиця значень регуляторів

Регулятор	Час виходу	Перерегулювання	Статична похибка
П – регулятор	200	0	0.25
I – регулятор	1400	0.1	0
ПД – регулятор	200	0	0.17
ПІ – регулятор	400	0.1	0
ПІД – регулятор	400	0.08	0

Найшвидше вийшов на усталене значення П та ПД регулятор, але в ПД регуляторі статична похибка менше, тому він краще. Але наявність статичної похибки є великою хобою роботи системи. Найшвидшим регулятором без статичної похибки є ПІ та ПІД регулятор. Перерегулювання в ПІД регуляторі менше тому він найкращий. Таким чином в подальших дослідженнях будемо спостерігати за роботою ПД та ПІД регуляторів.

Для каналу витрата повітря – концентрація кисню

Синтез П регулятора[8]

Структура системи керування зображена на рисунку 3.11

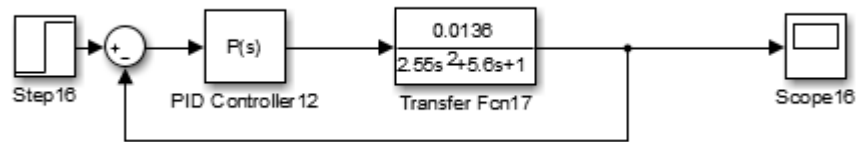


Рис 3.11 Структура системи керування з П регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з П регулятором зображена на рисунку 3.2

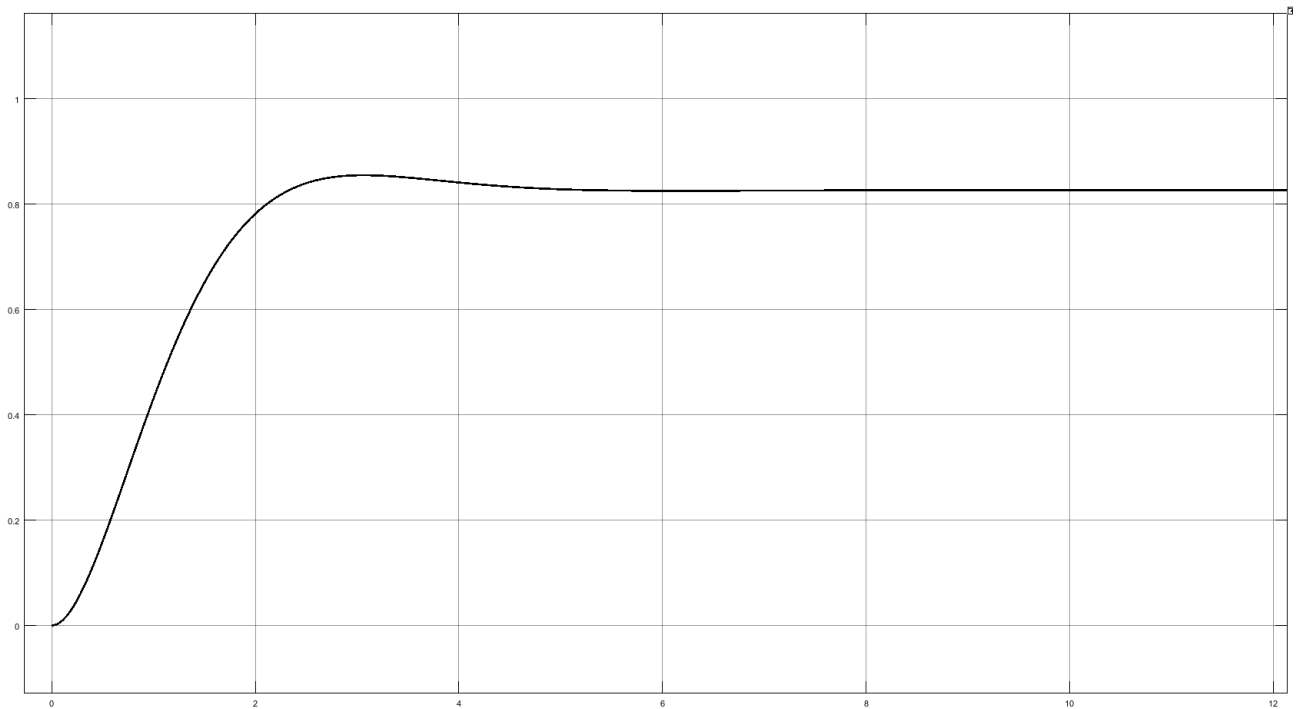


Рис 3.12 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з П регулятором

Синтез І регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.13

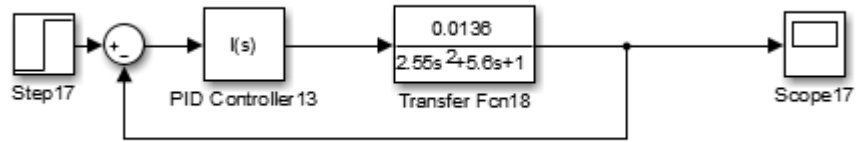


Рис 3.13 Структура системи керування з І регулятором

Параметри регулятора:

Integral (I):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата палива – температура сировини з І регулятором зображена на рисунку 3.14

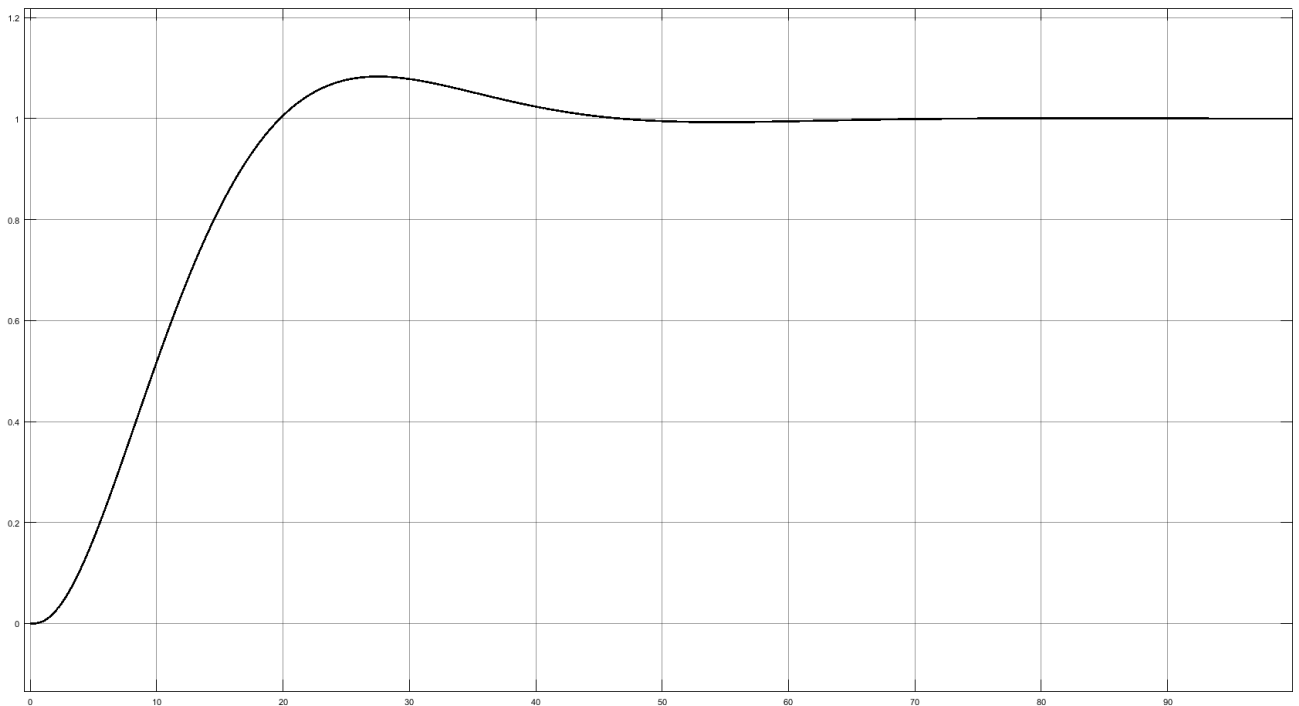


Рис 3.14 перехідна характеристика замкненої системи за каналом

витрата повітря – концентрація кисню з І регулятором

Синтез ПД регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.15

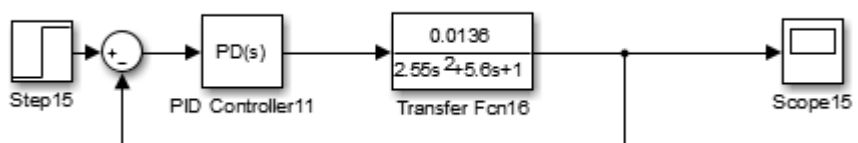


Рис 3.15 Структура системи керування з ПД регулятором

Параметри регулятора:

					<i>ЛА5108.</i>	Лист
						42
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Proportional (P):

Derivative (D):

Filter coefficient (N):

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПД регулятором зображена на рисунку 3.16

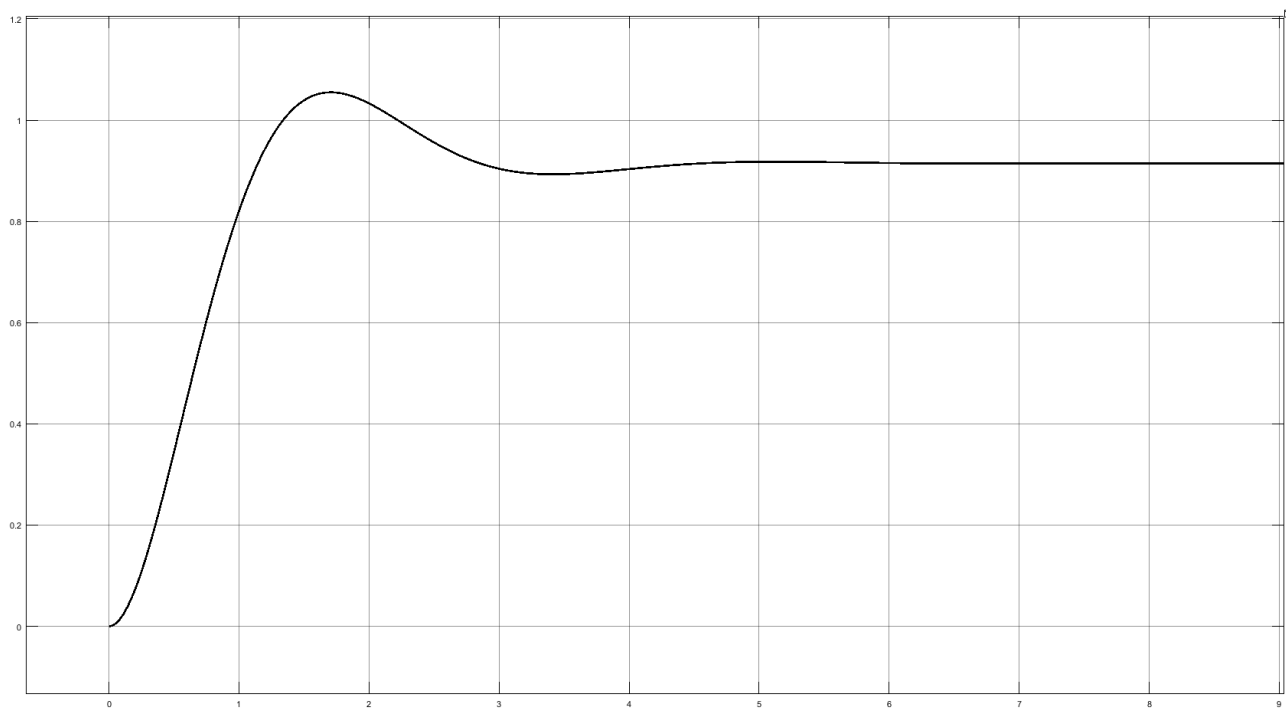


Рис 3.16 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПД регулятором
Синтез ПІ регулятора
Структура системи керування зображена на рисунку 3.17

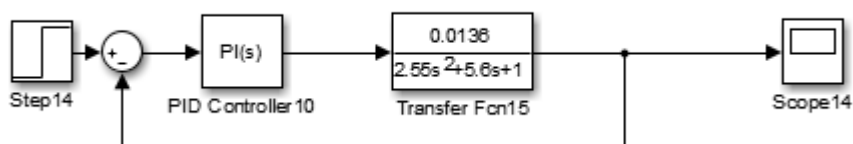


Рис 3.17 Структура системи керування з ПІ регулятором
Параметри регулятора:

Proportional (P):

Integral (I):

Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПІ регулятором зображена на рисунку 3.8

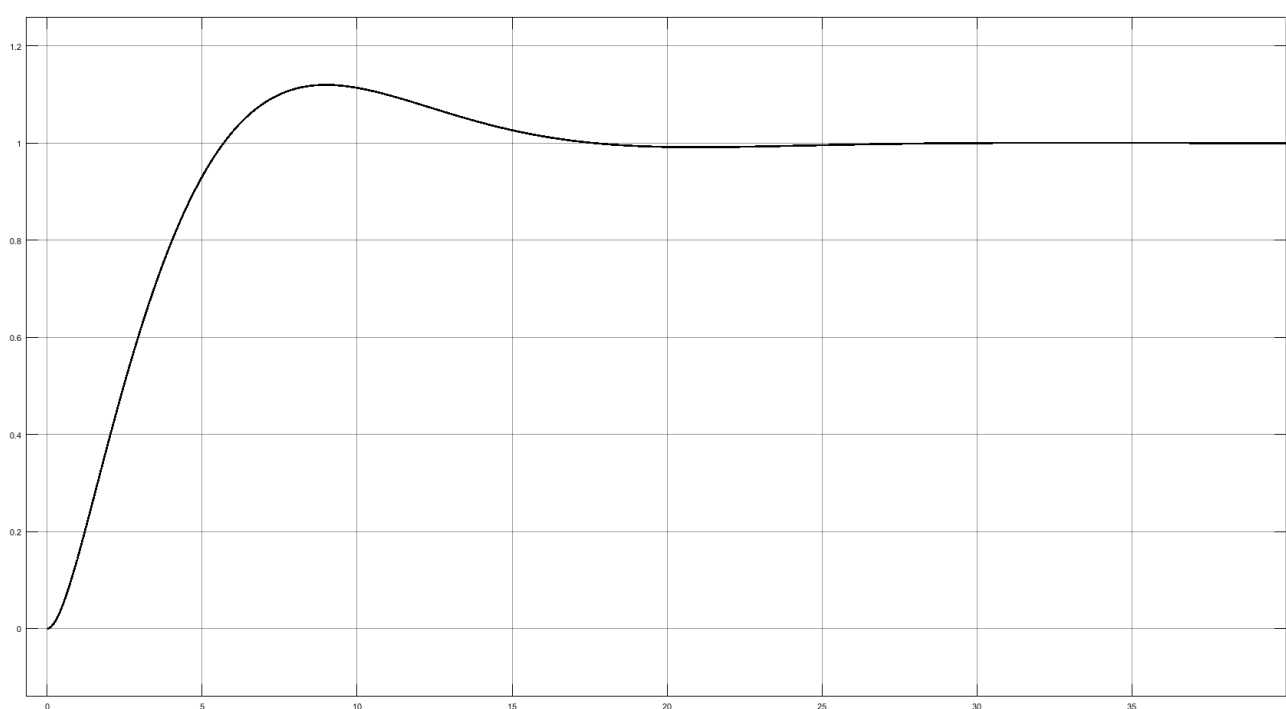


Рис 3.18 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПІ регулятором

Синтез ПІД регулятора

Структура системи керування зображена на рисунку 3.19

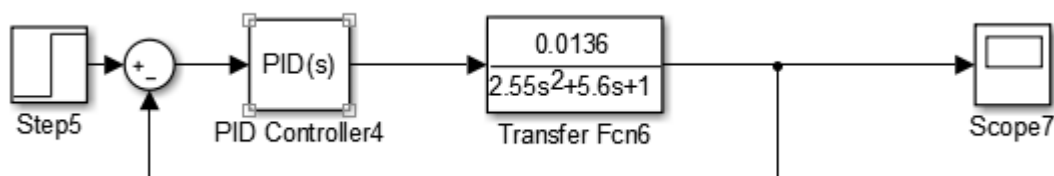


Рис 3.19 Структура системи керування з ПІД регулятором

Параметри регулятора:

Proportional (P):	111.445532559351
Integral (I):	35.5409079885398
Derivative (D):	18.9604751937822
Filter coefficient (N):	38.6943656924012

Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПІД регулятором зображена на рисунку 3.20

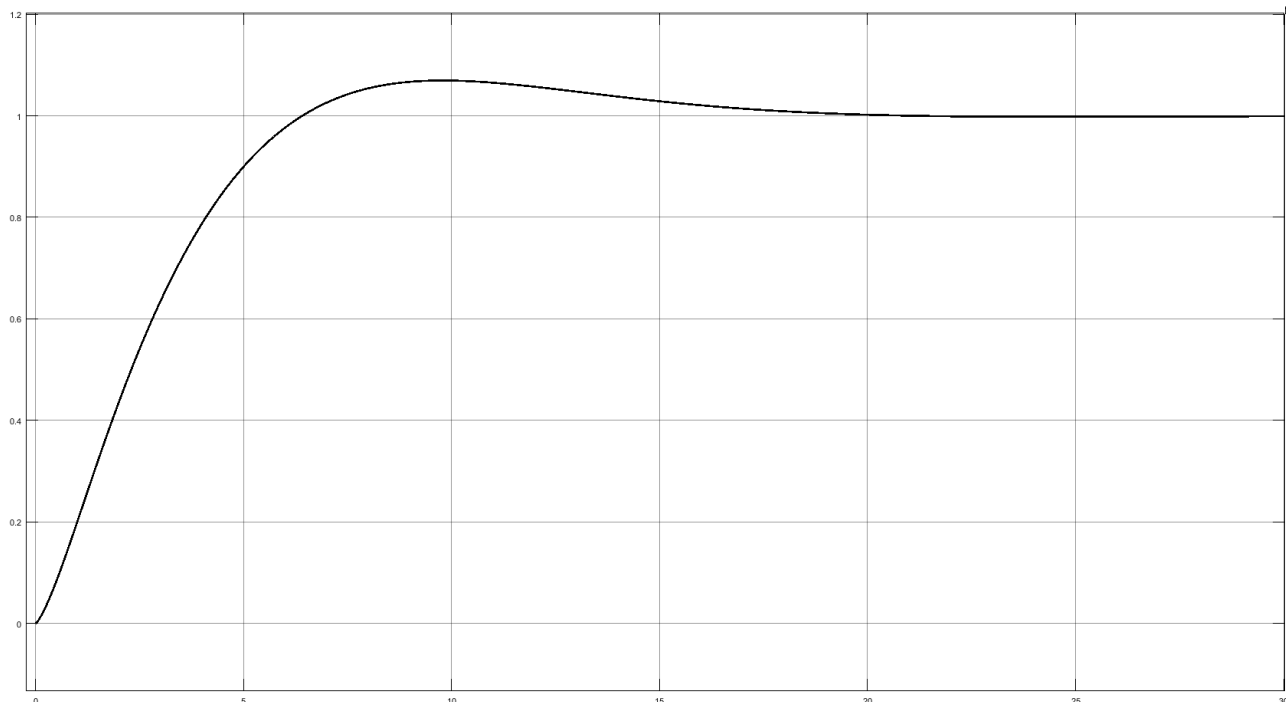


Рис 3.20 Перехідна характеристика замкненої системи за каналом витрата повітря – концентрація кисню з ПД регулятором

Порівняння параметрів якості перехідного процесу для різних типів регулятору знаходиться в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Порівняльна таблиця значень регуляторів

Регулятор	Час виходу	Перерегулювання	Статична похибка
П – регулятор	8	0	0.18
I – регулятор	100	0.07	0
ПД – регулятор	8	0.08	0.08
ПІ – регулятор	40	0.12	0
ПІД – регулятор	35	0.07	0

Найшвидше вийшов на усталене значення П та ПД регулятор, але в ПД регуляторі статична похибка менше, тому він краще. Але наявність статичної похибки є великою хибою роботи системи. Найшвидшим регулятором без статичної похибки є ПІД регулятор. Таким чином в подальших дослідженнях будемо спостерігати за роботою ПД та ПІД регуляторів.

Дослідимо роботу системи на дію збурення у вигляді зміни витрати палива.

Структурна схема системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПД і ПІД регуляторами зображено на рисунку 3.21 та 3.22 відповідно. А відповідні графіки перехідних характеристик системи при дії збурення зображені на рисунку 3.23 та 3.24 відповідно.

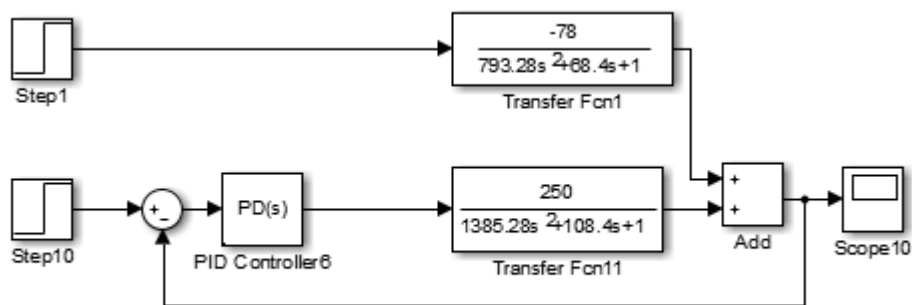


Рис 3.21 Структурна схема системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПД регулятором

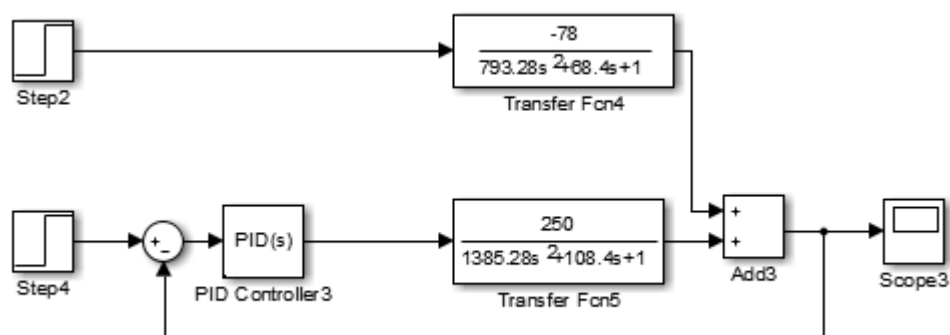


Рис 3.22 Структурна схема системи за каналом витрата палива – температура сировини з ПІД регулятором

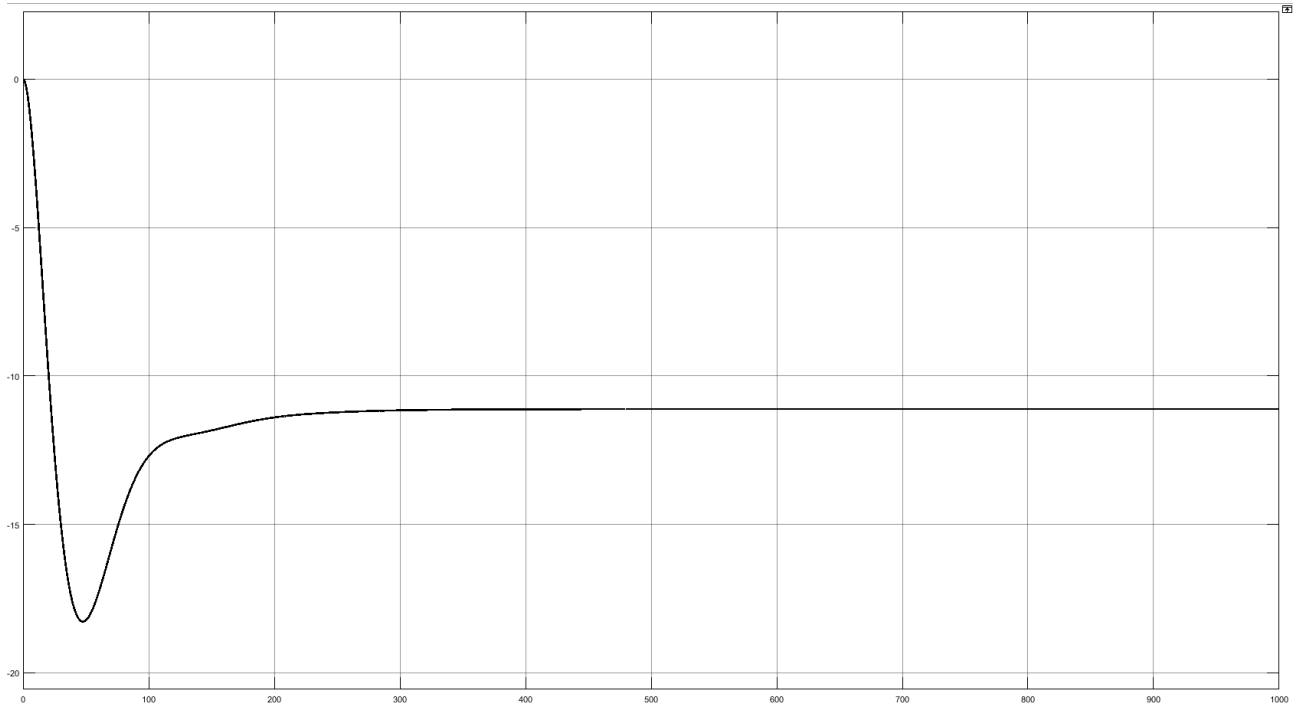


Рис 3.23 Графік перехідних характеристик системи при дії збурення на ПД регулятор

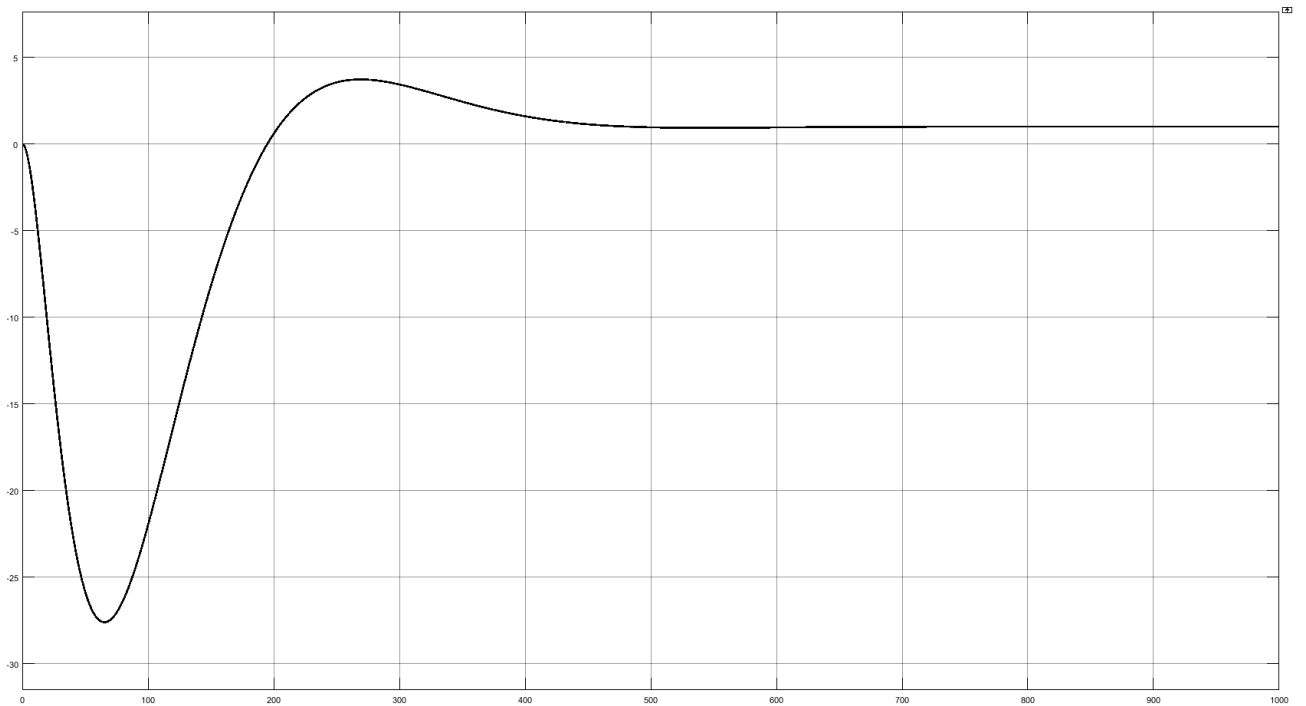


Рис 3.24 Графік перехідних характеристик системи при дії збурення на ПІД регулятор

Синтез компенсатора

Структура розімкненої системи керування зображена на рисунку 3.25.

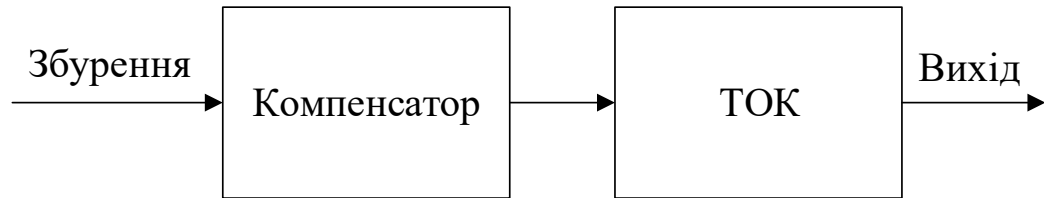


Рис 3.25 Загальна структура розімкненої системи керування

Структурна схема системи з компенсуючим ПІД регулятором зображено на рисунку 3.26



Рис 3.26 Структурна схема системи з компенсуючим ПІД регулятором
Перехідна характеристика розімкненої системи з ПІД компенсатором за каналом збурення зображена на рисунку 3.27

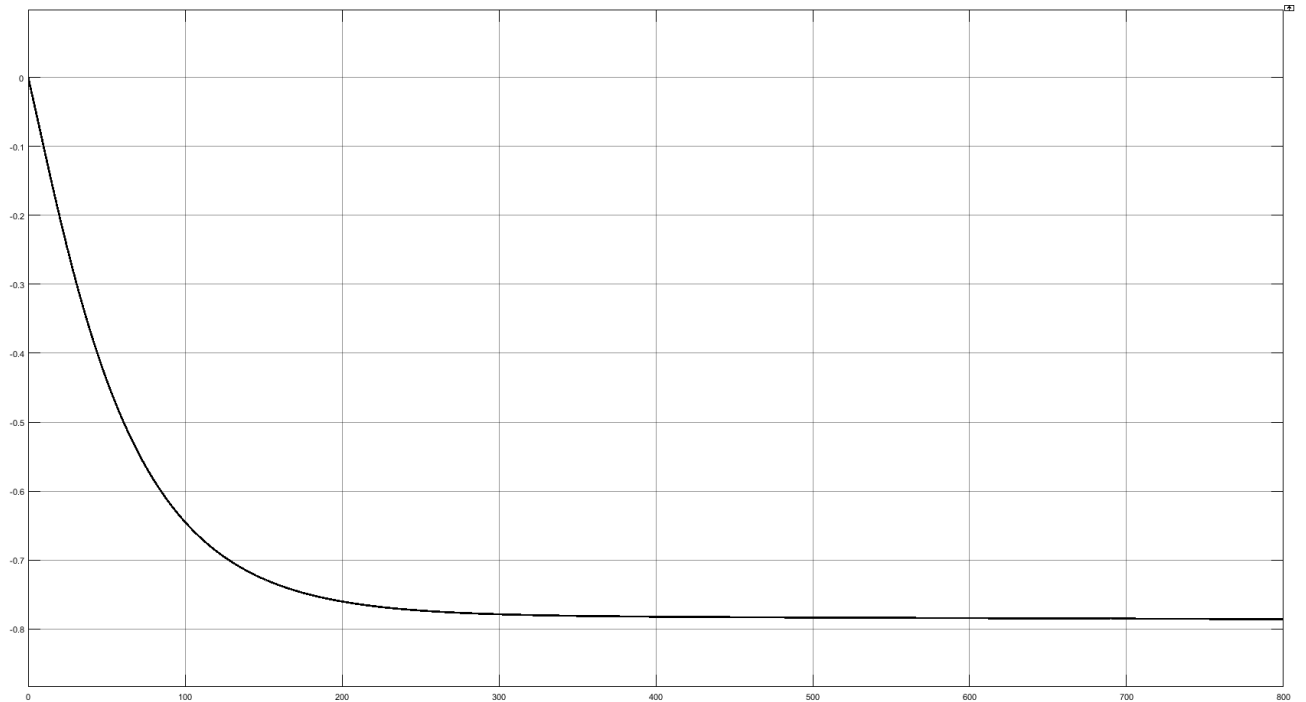


Рис 3.27 Перехідна характеристика розімкненої системи з ПД компенсатором за каналом збурення

Структурна схема системи з компенсуючою диференціальною складовою зображено на рисунку 3.28



Рис 3.28 Структурна схема системи з компенсуючою диференціальною складовою

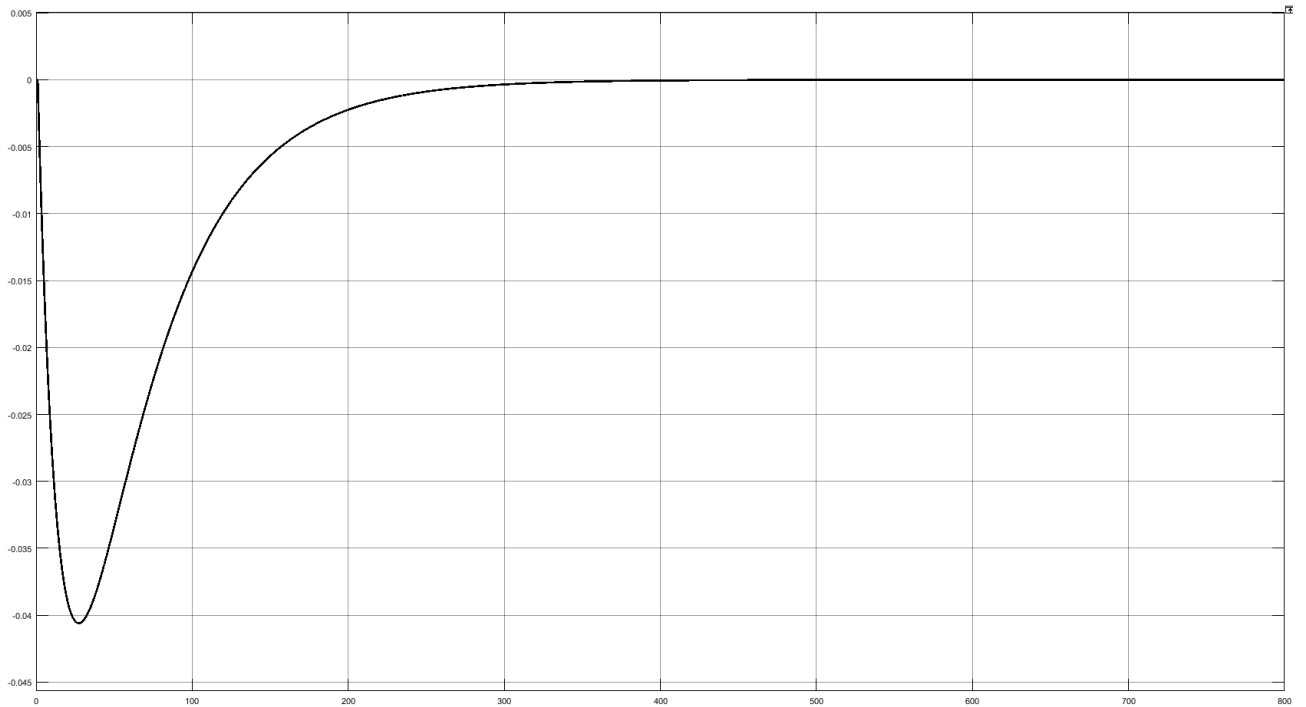


Рис 3.29 Перехідна характеристика розімкненої системи з Д компенсатором за каналом збурення

Таким чином можна бачити, що найкраще збурення компенсує диференціальна складова. Структурна схема систем з компенсатором зображена на рисунку 3.30 та 3.31, а відповідні перехідні характеристики зображено на рисунках 3.32, 3.33 відповідно[9]

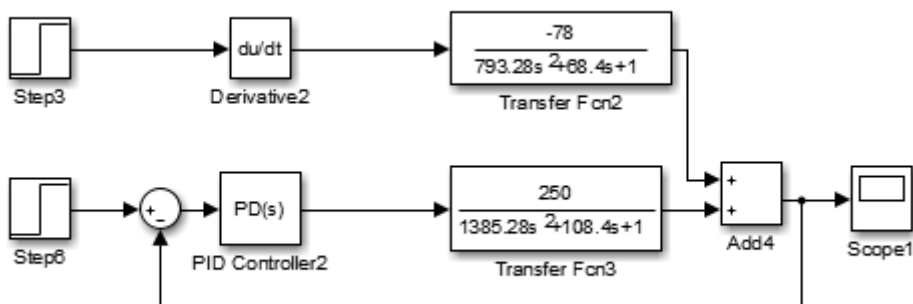


Рис 3.30 Структурна схема системи з ПД регулятором і компенсатором у вигляді диференціальної ланки

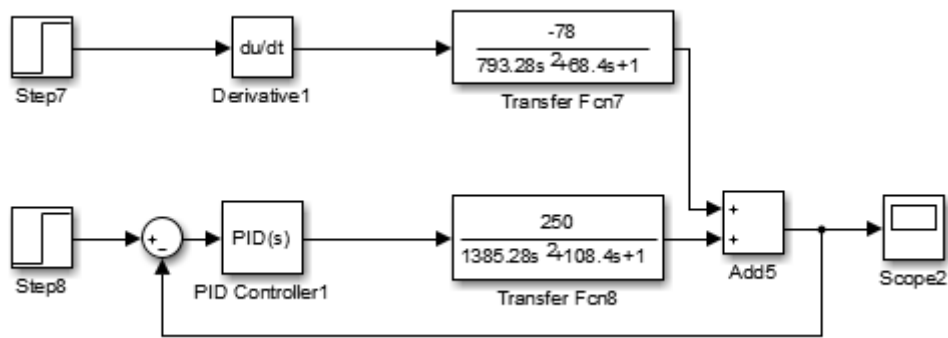


Рис 3.31 Структурна схема системи з ПД регулятором і компенсатором у вигляді диференціальної ланки

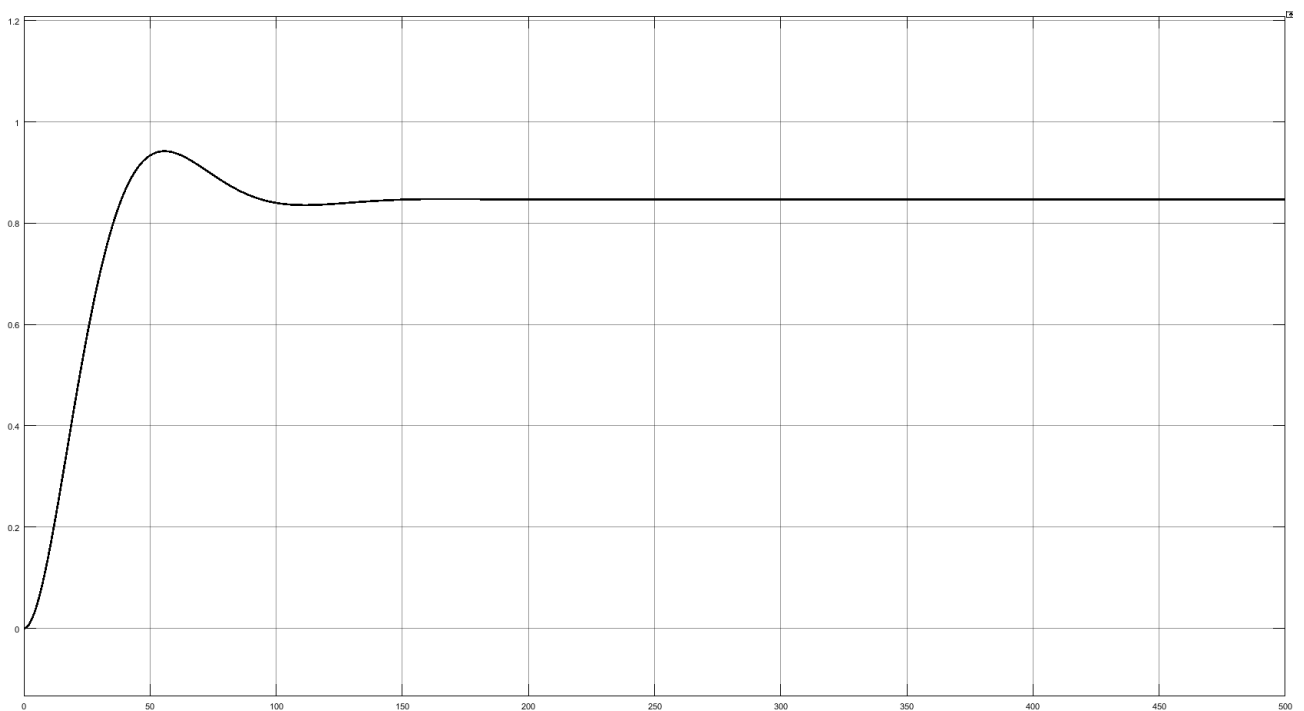


Рис 3.32 Перехідна характеристика системи с ПД регулятором і компенсатором у вигляді диференціальної ланки

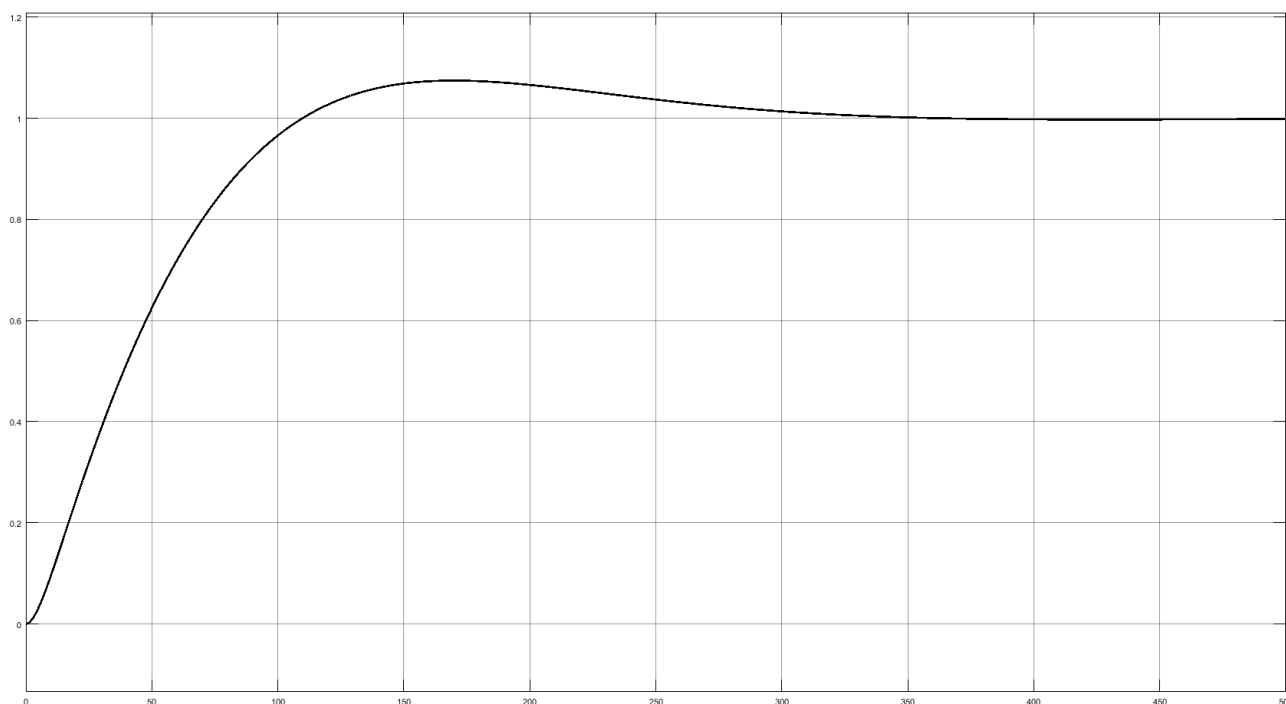


Рис 3.33 Перехідна характеристика системи с ПД регулятором і компенсатором у вигляді диференціальної ланки

Порівняння параметрів якості перехідного процесу для різних типів регуляторів з компенсатором знаходиться в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Порівняльна таблиця значень регуляторів з компенсатором

Регулятор	Час виходу	Перерегулювання	Статична похибка
ПД – регулятор	200	0	0.15
ПД – регулятор	400	0.07	0

Таким чином з результатів видно, що ПД стабілізується швидше, проте має значну статичну похибку, якої немає в ПД.

Оскільки налаштовані системи є взаємопов'язані, дослідимо динаміку роботи об'єкту при їх одночасній роботі. Тобто врахуємо перехресні зв'язки в роботі апарату.

Можливі структурні схеми об'єкту показані на рисунку 3.34 -3.37. Графіки відповідних перехідних процесів зображено на рисунку 3.38 -3.45.

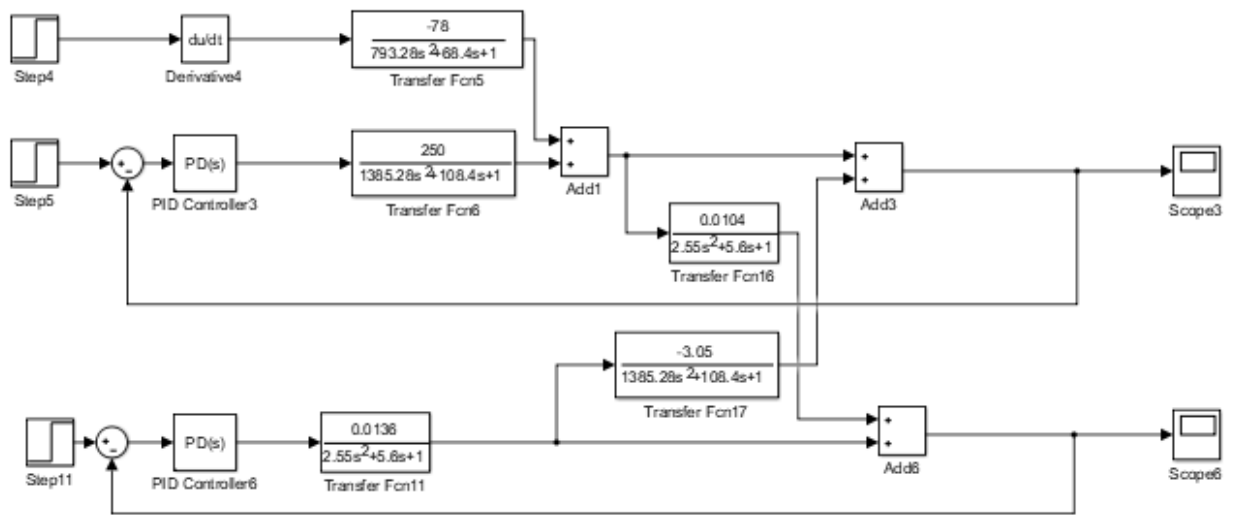


Рис 3.34 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню

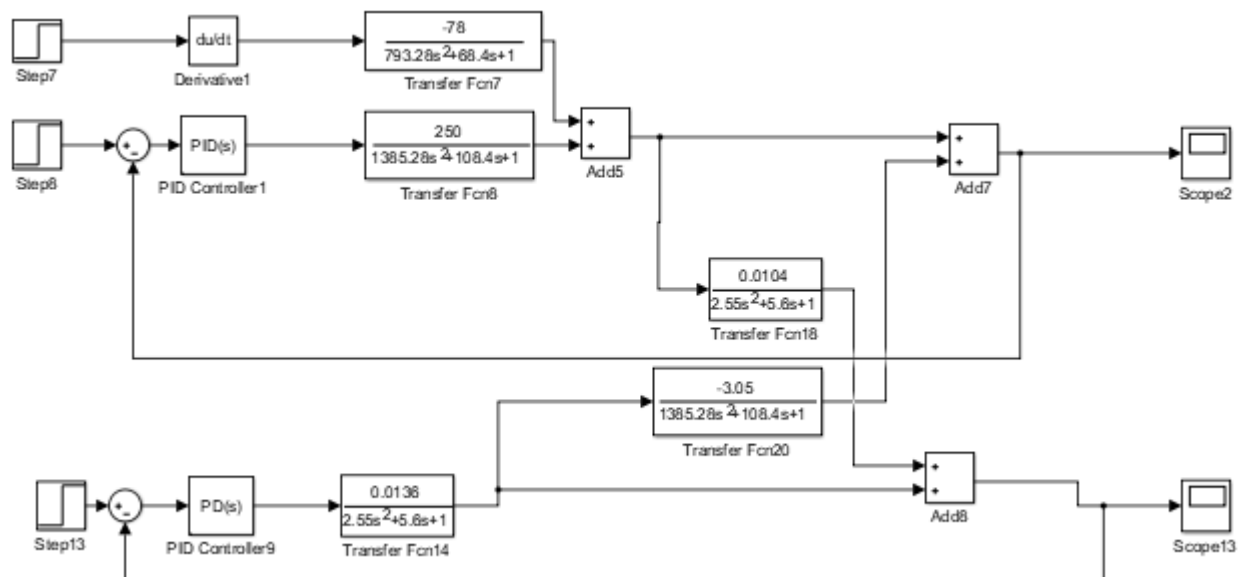


Рис 3.35 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню

Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

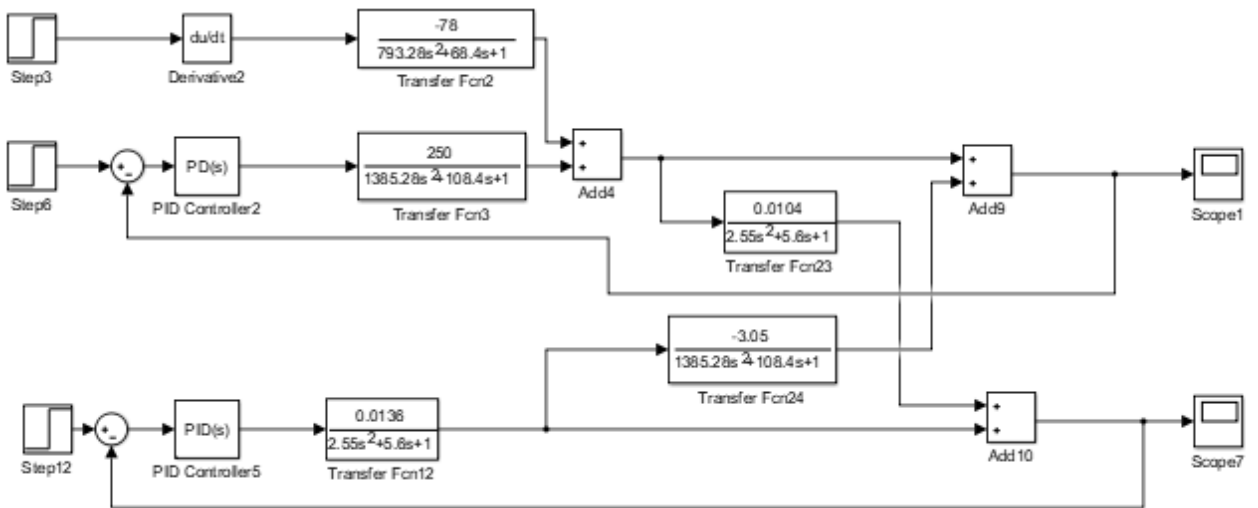


Рис 3.36 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню

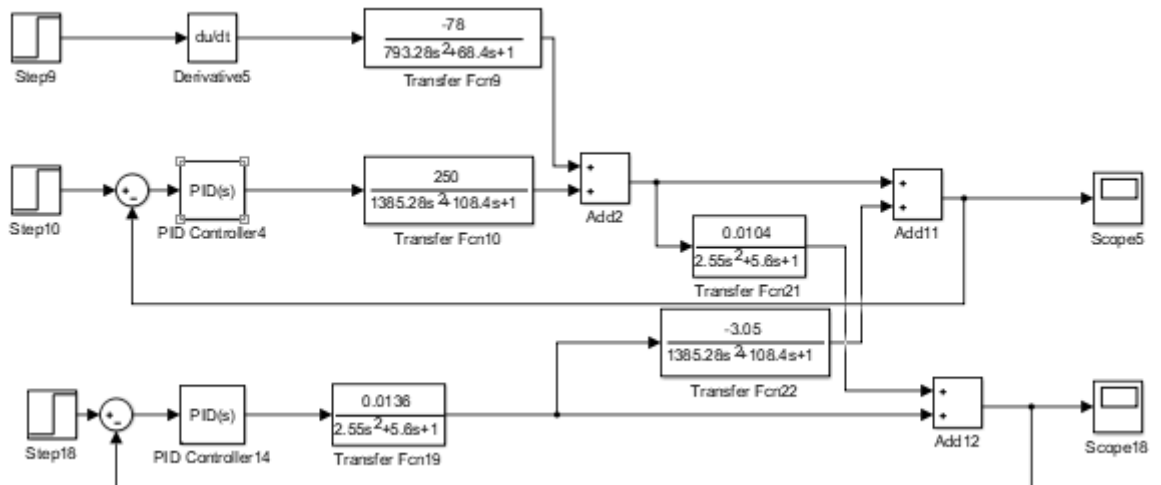


Рис 3.37 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню

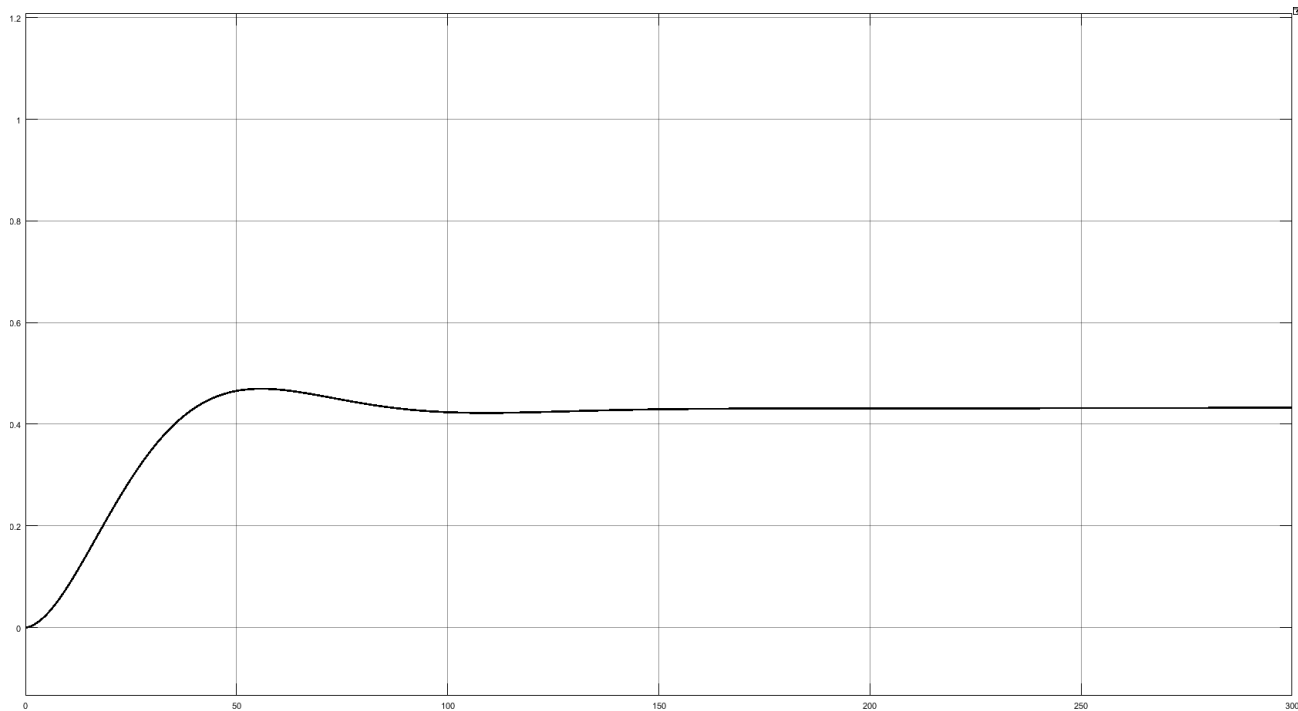


Рис 3.38 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

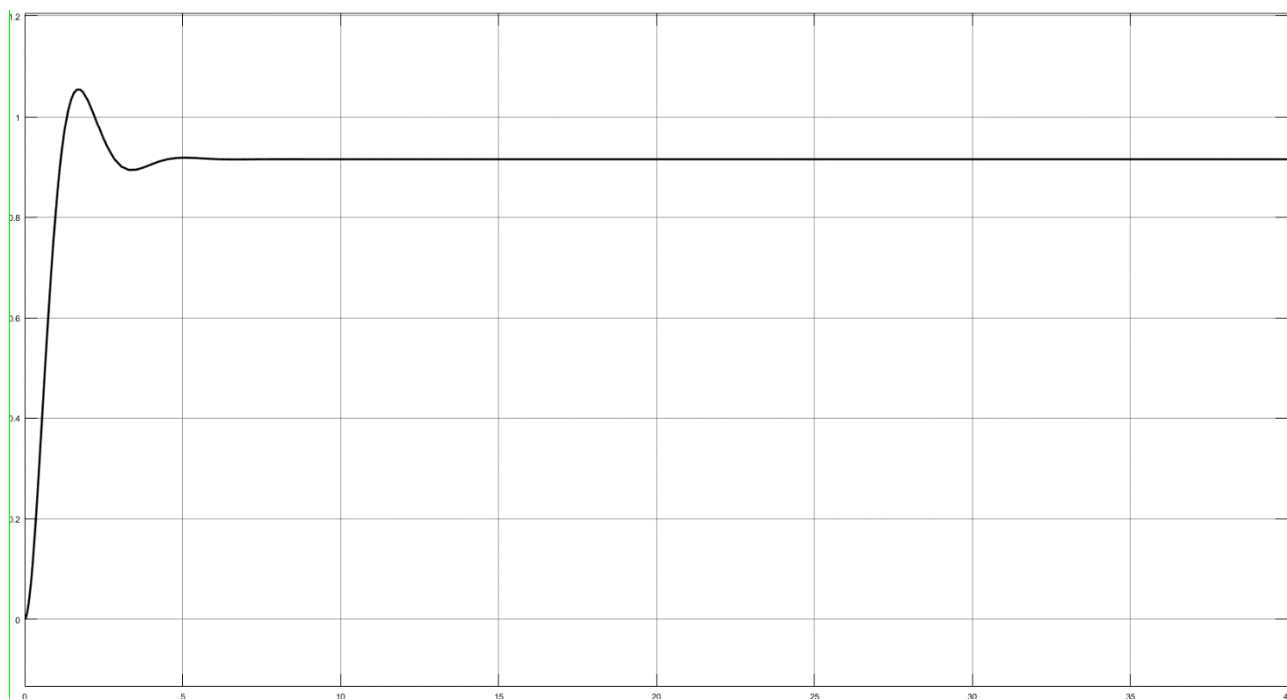


Рис 3.39 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

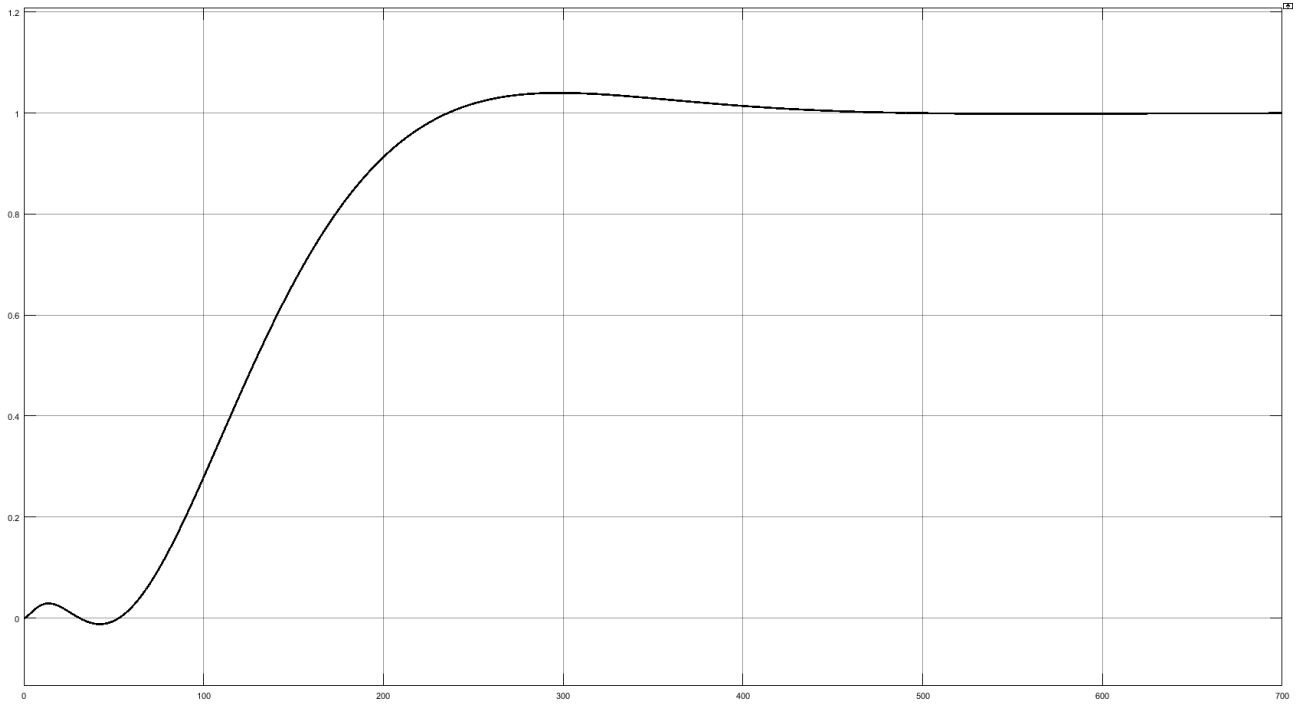


Рис 3.40 Графік перехідних характеристик за другою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

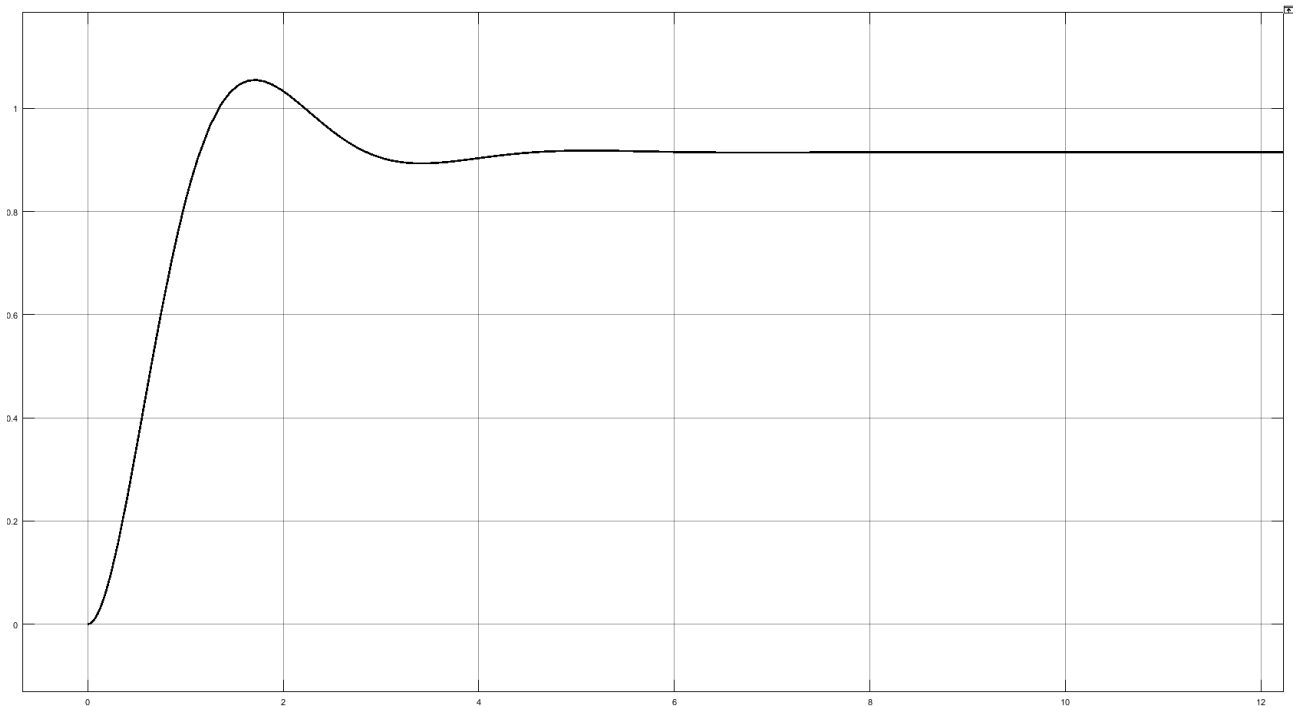


Рис 3.41 Графік перехідних характеристик за другою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

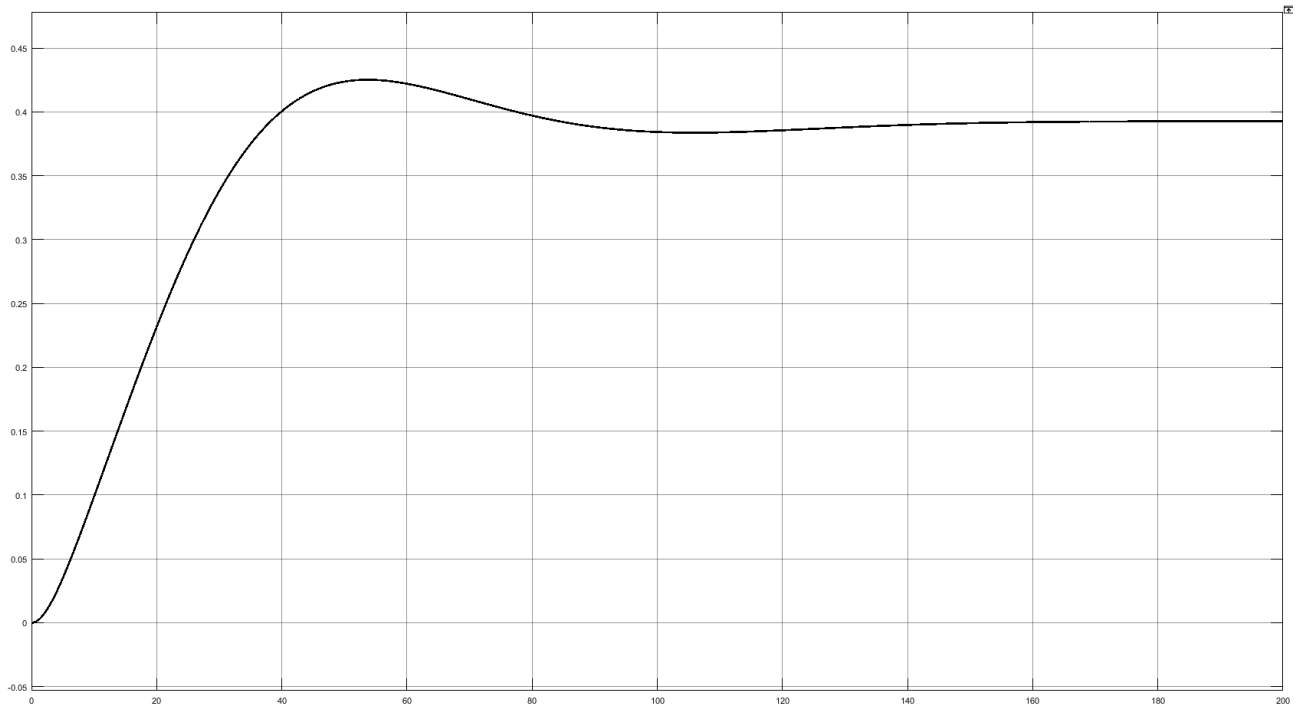


Рис 3.42 Графік перехідних характеристик за третьою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

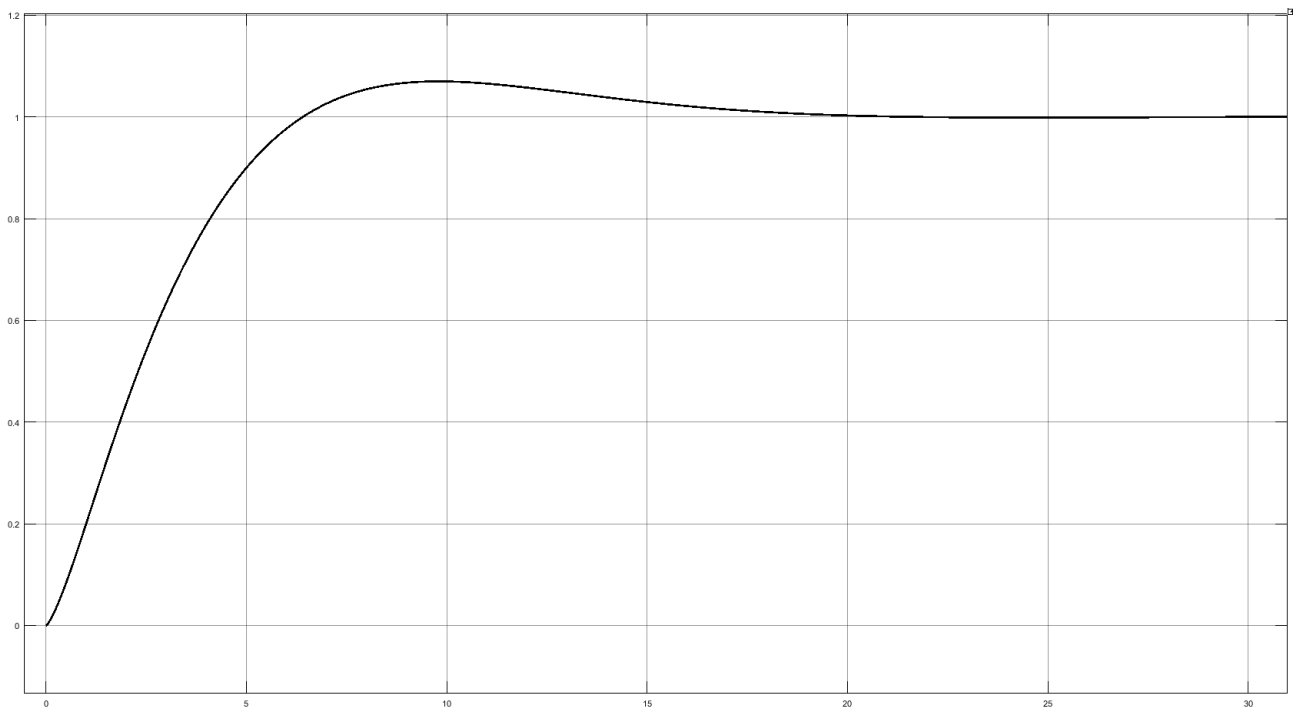


Рис 3.43 Графік перехідних характеристик за третьою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

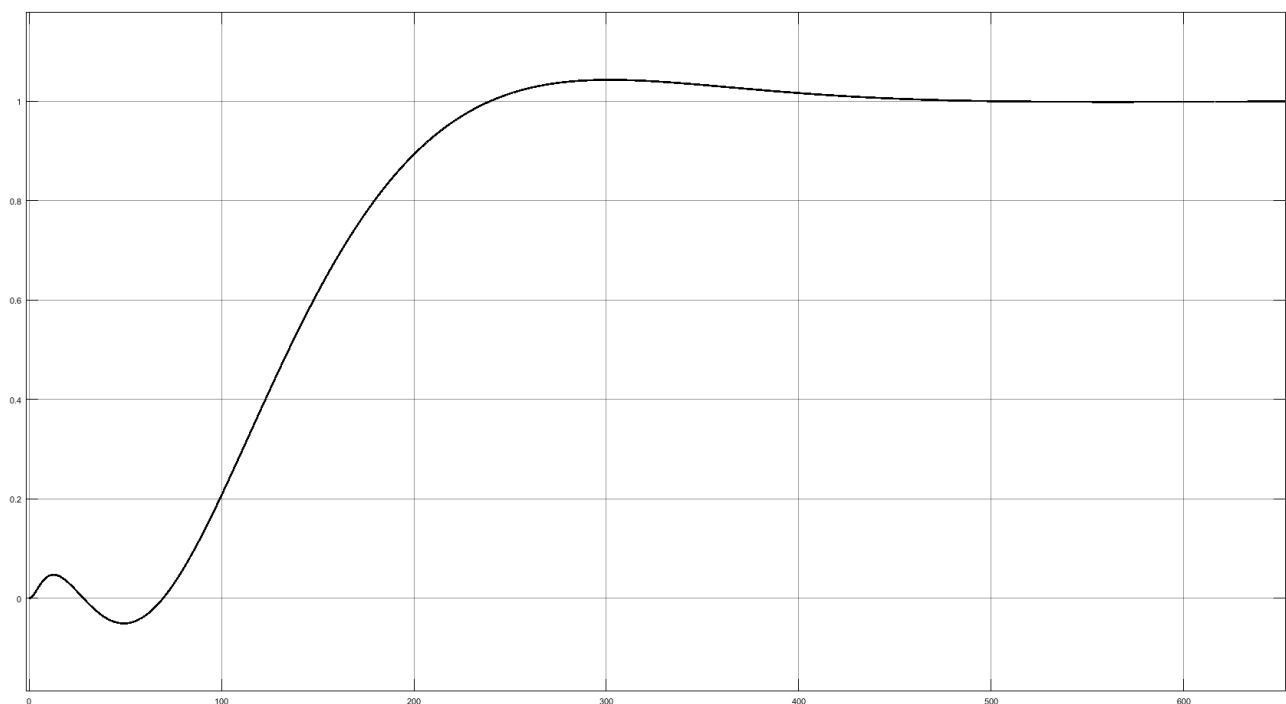


Рис 3.44 Графік перехідних характеристик за четвертою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

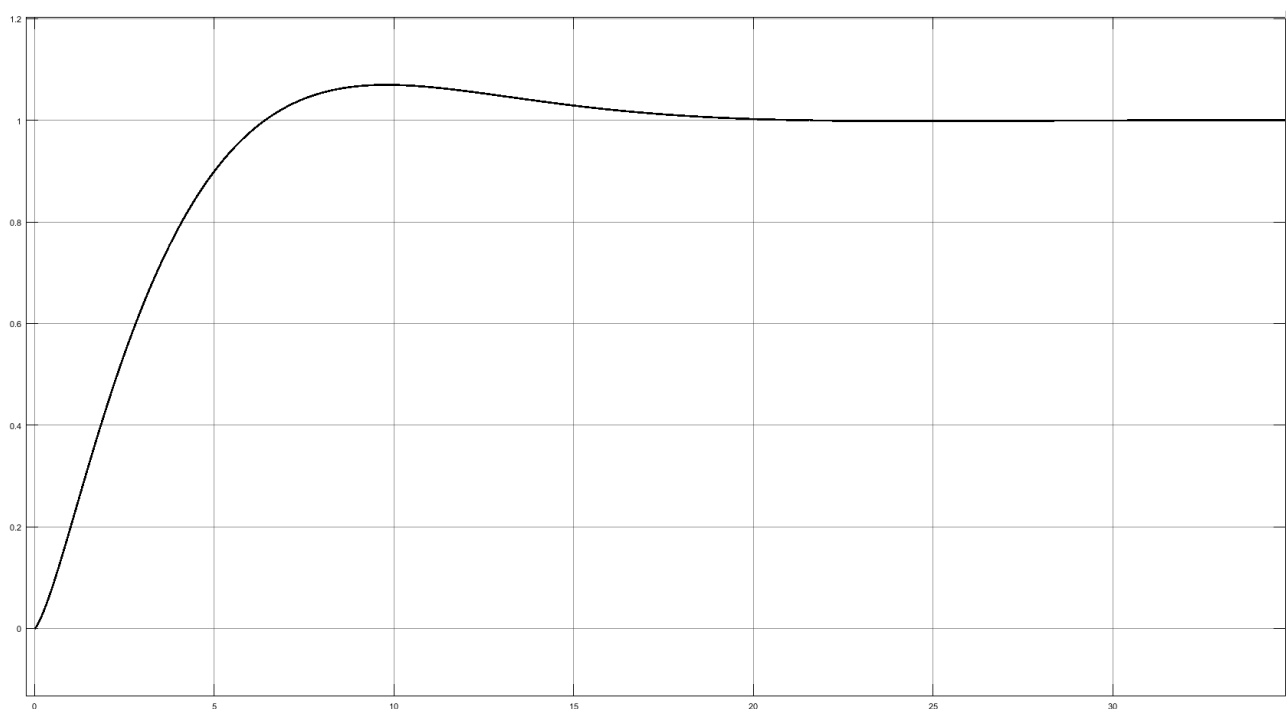


Рис 3.45 Графік перехідних характеристик за четвертою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

З графіків видно, що системи цілком успішно справляються з керуванням з перехресними зв'язками. Але ми можемо додати до наших схем компенсатори і подивитися роботу систем з ними.[10] Можливі структурні

схеми об'єкту показані на рисунку 3.46 - 3.49. Графіки відповідних перехідних процесів зображено на рисунку 3.50 - 3.57.

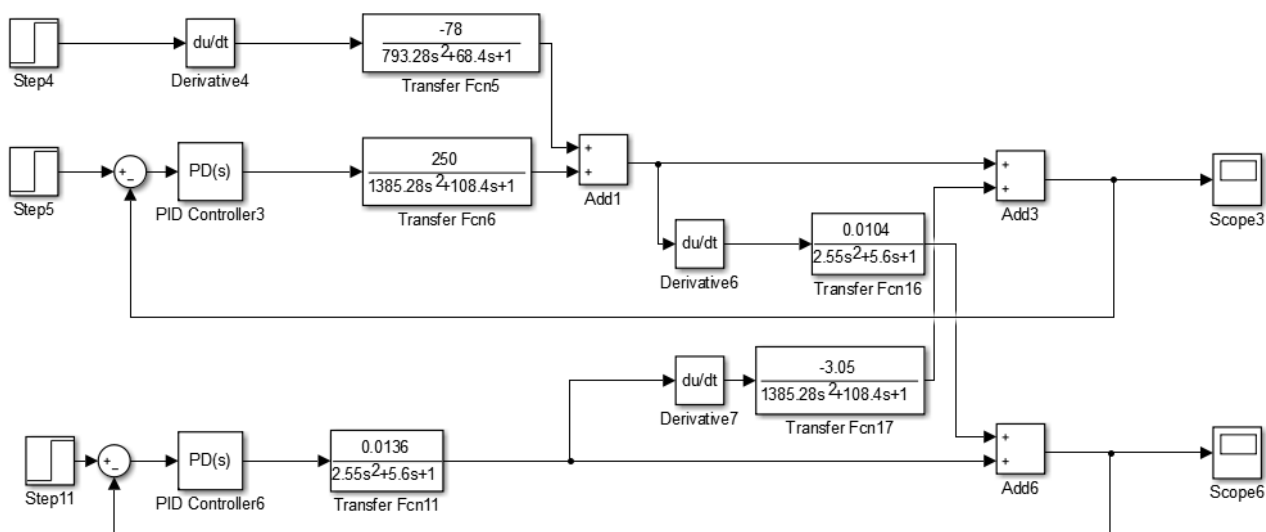


Рис 3.46 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню з компенсатором

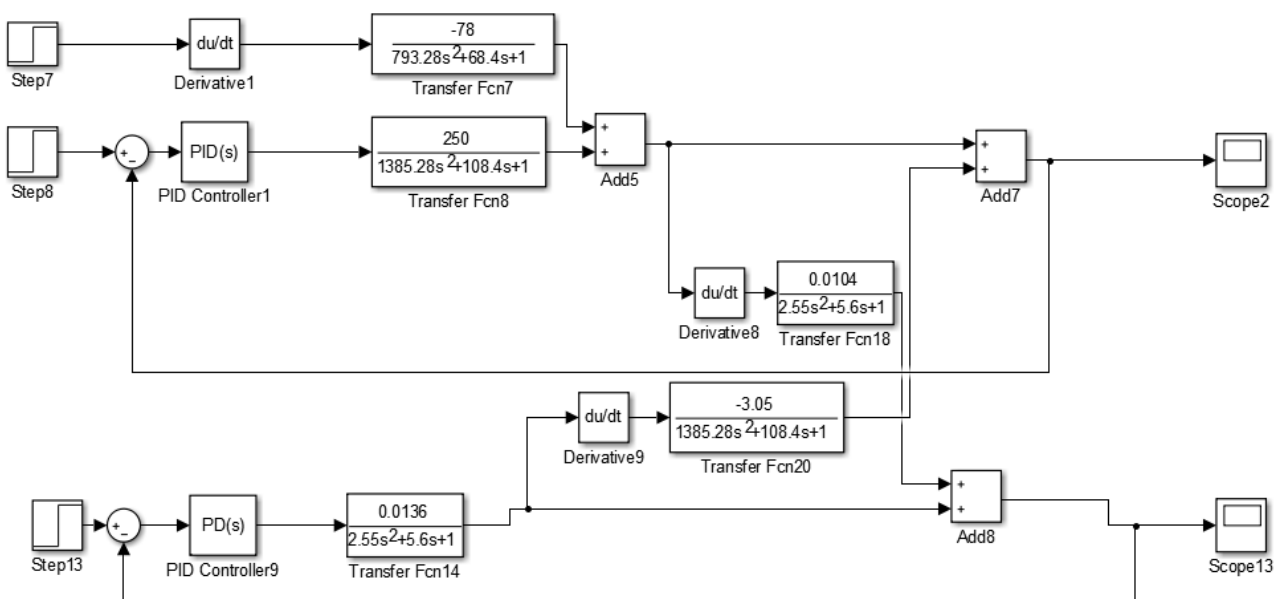


Рис 3.47 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню з компенсатором

Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

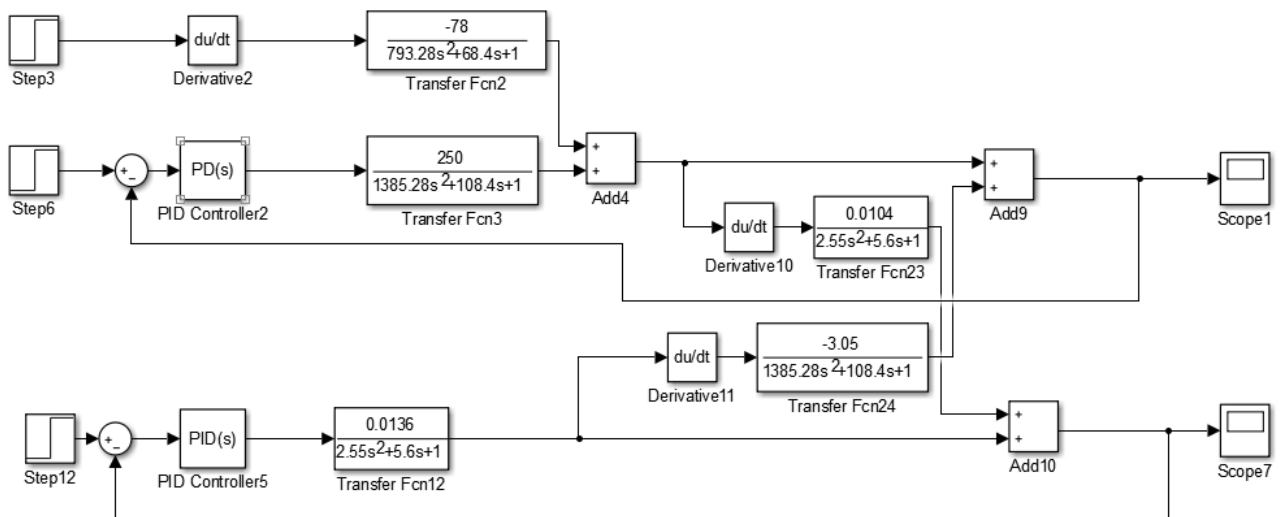


Рис 3.48 Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню з компенсатором

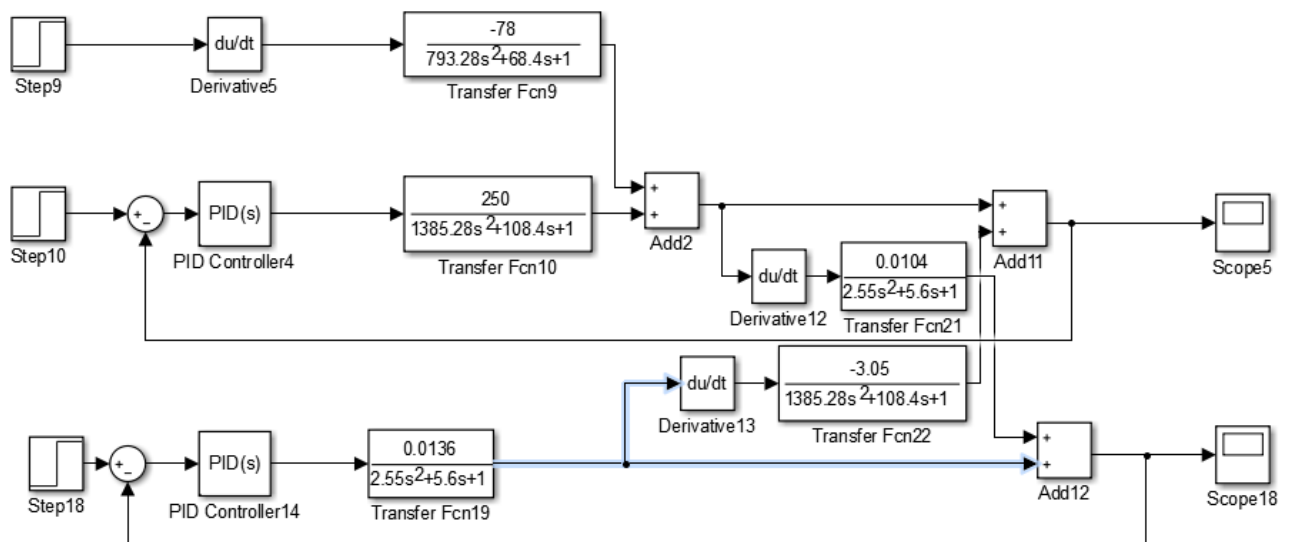


Рис 3.49 Схема Структурна схема об'єкта керування з перехресними зв'язками з ПД регулятором за каналом витрата палива – температура сировини і ПД регулятором за каналом витрата повітря – концентрація кисню з компенсатором

Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

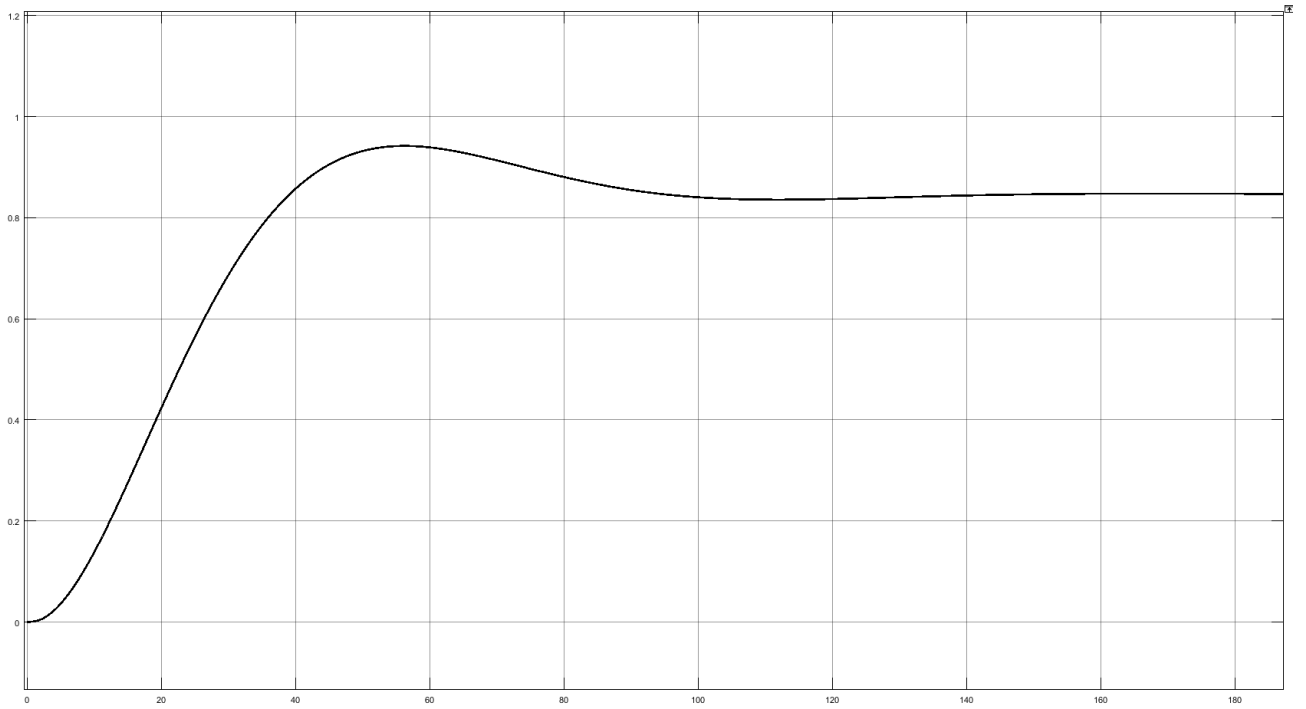


Рис 3.50 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

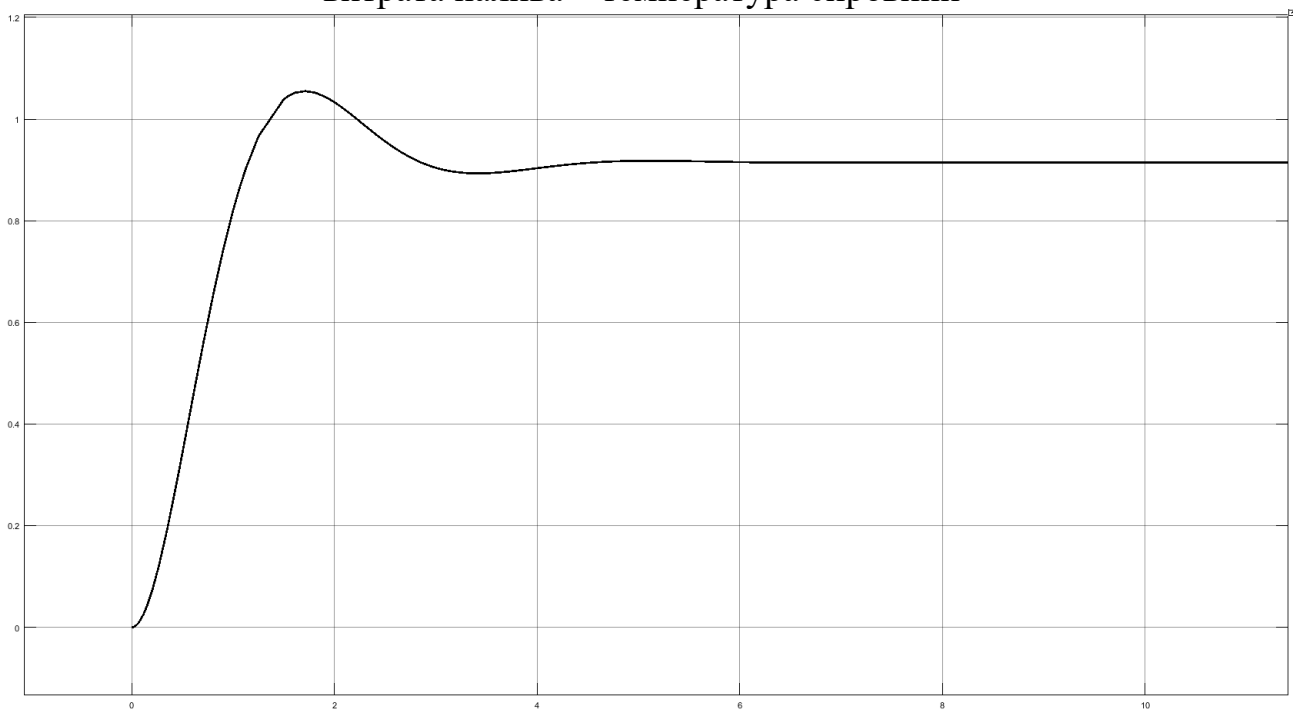


Рис 3.51 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

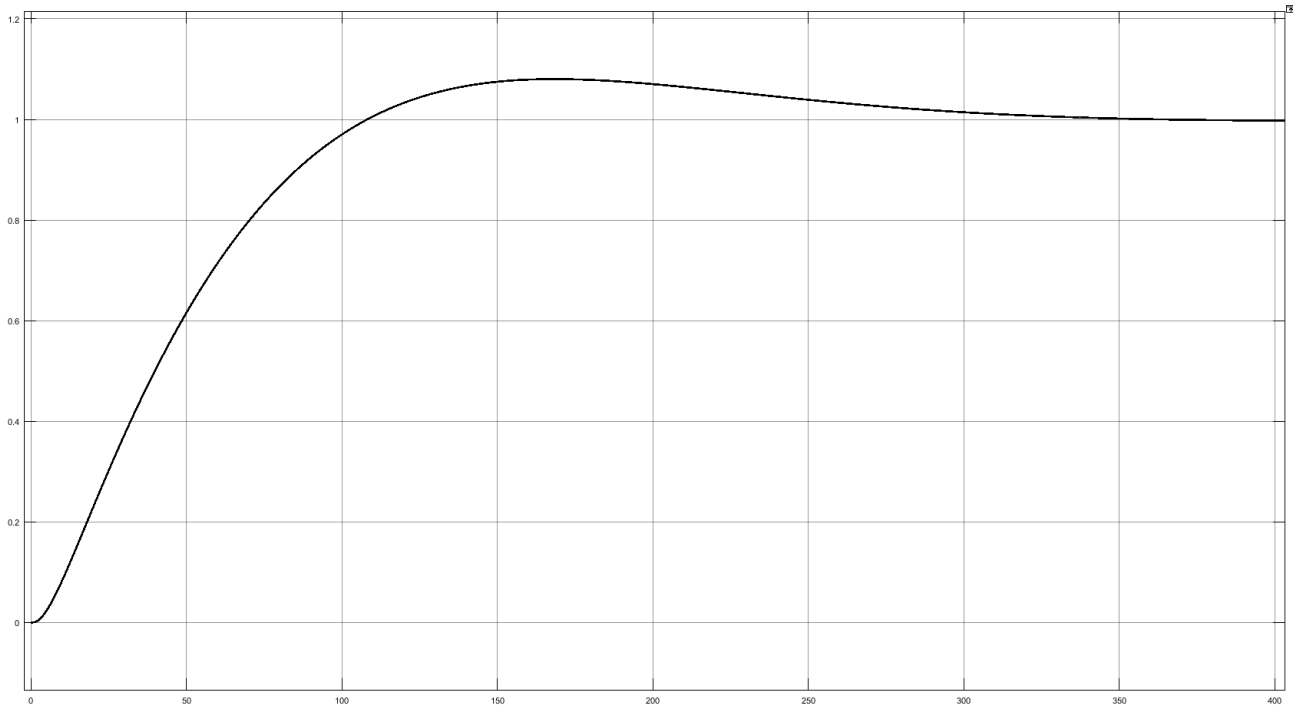


Рис 3.52 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

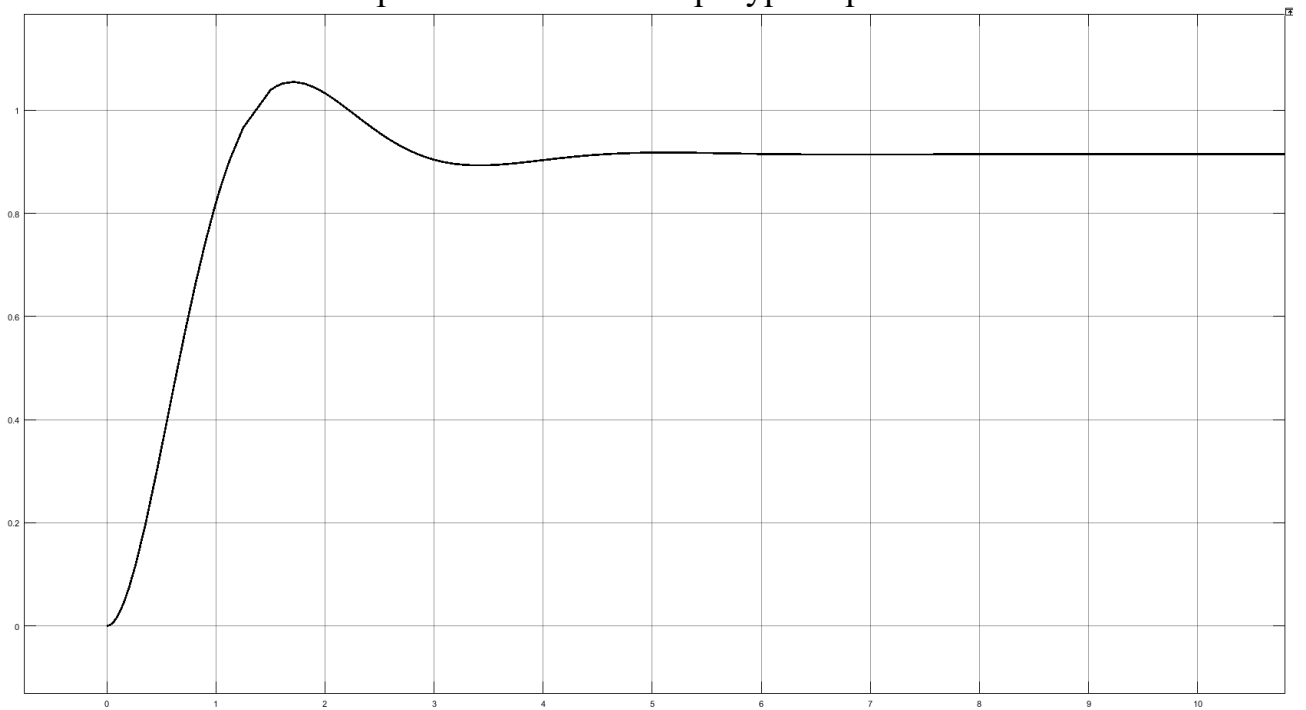


Рис 3.53 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

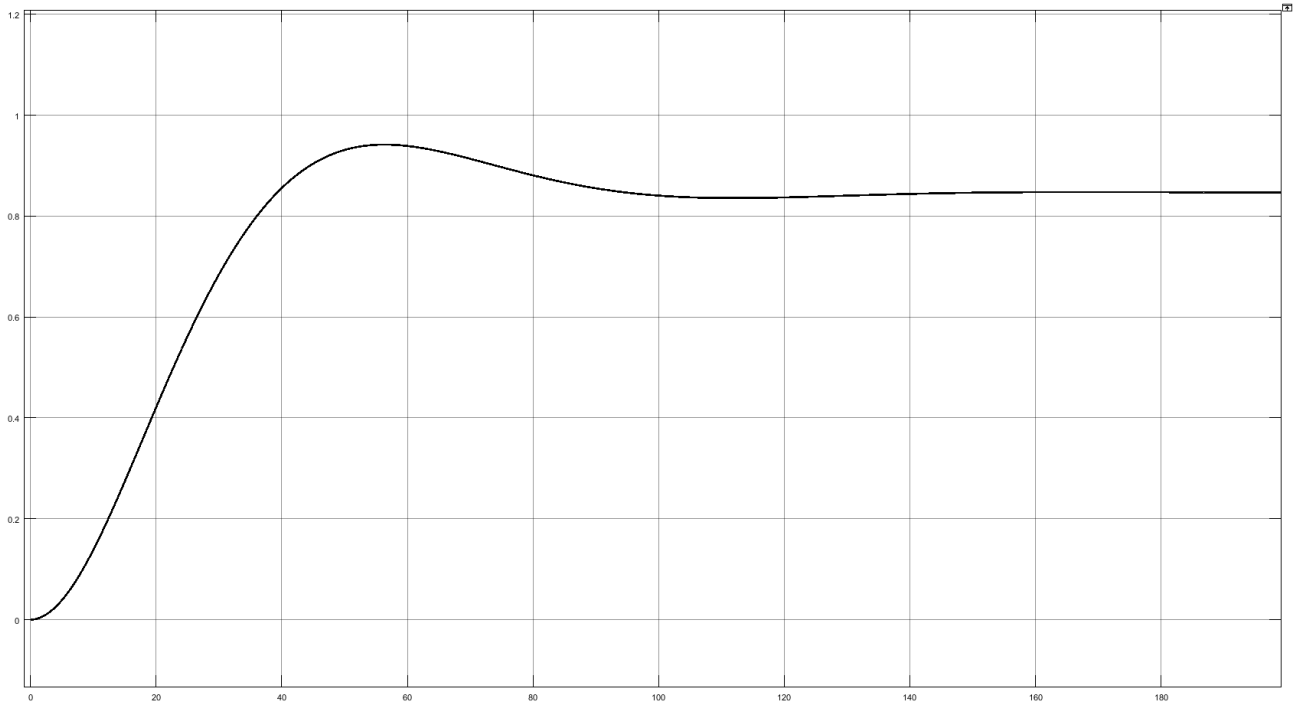


Рис 3.54 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

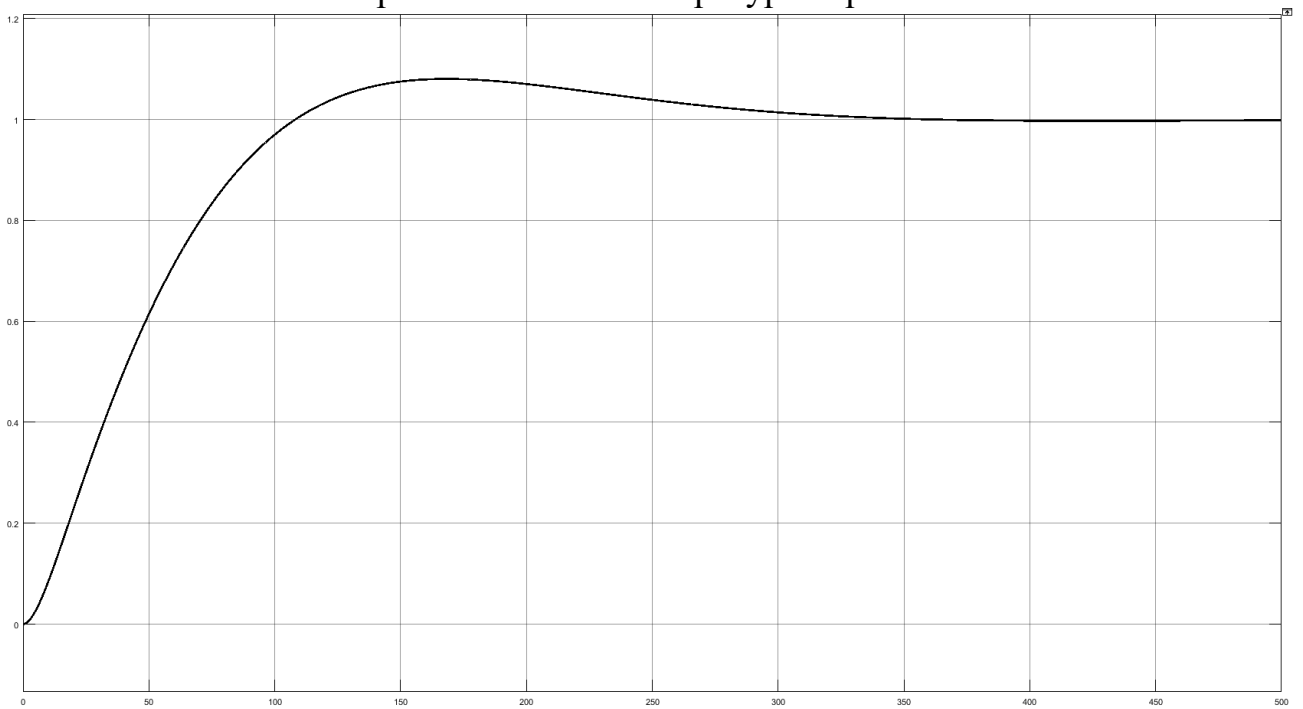


Рис 3.55 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

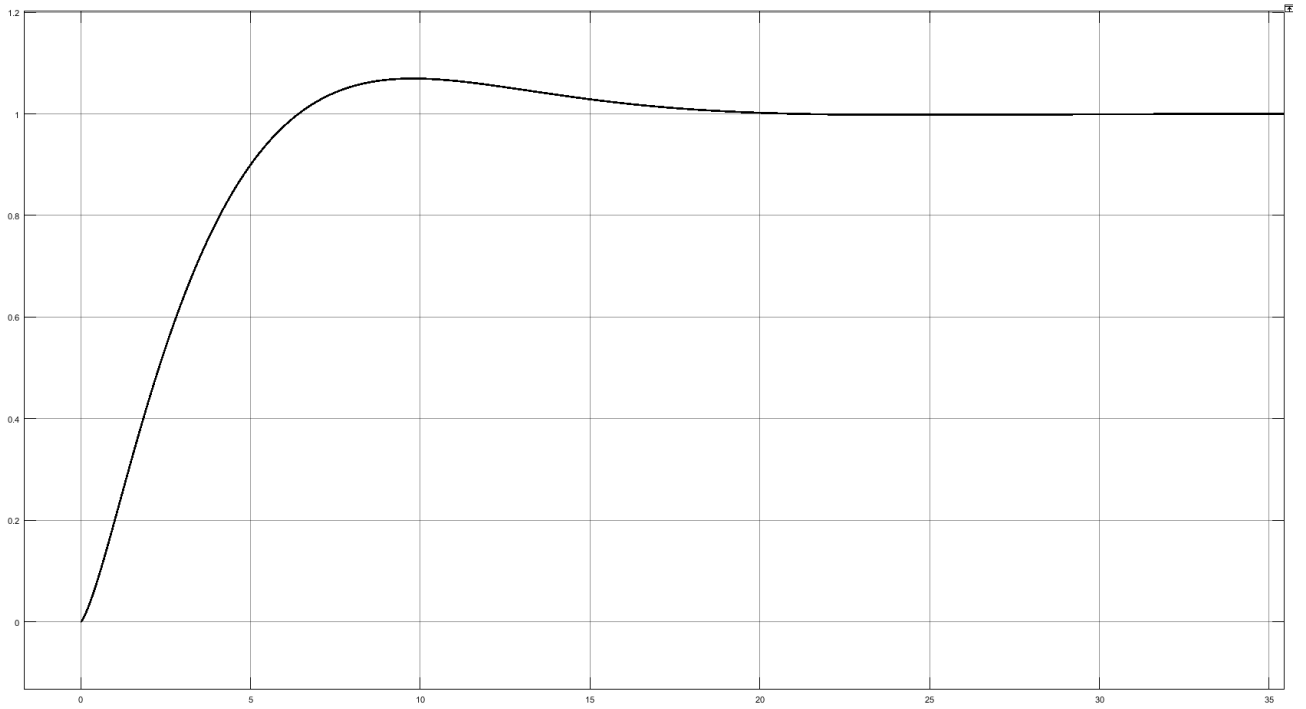


Рис 3.56 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата палива – температура сировини

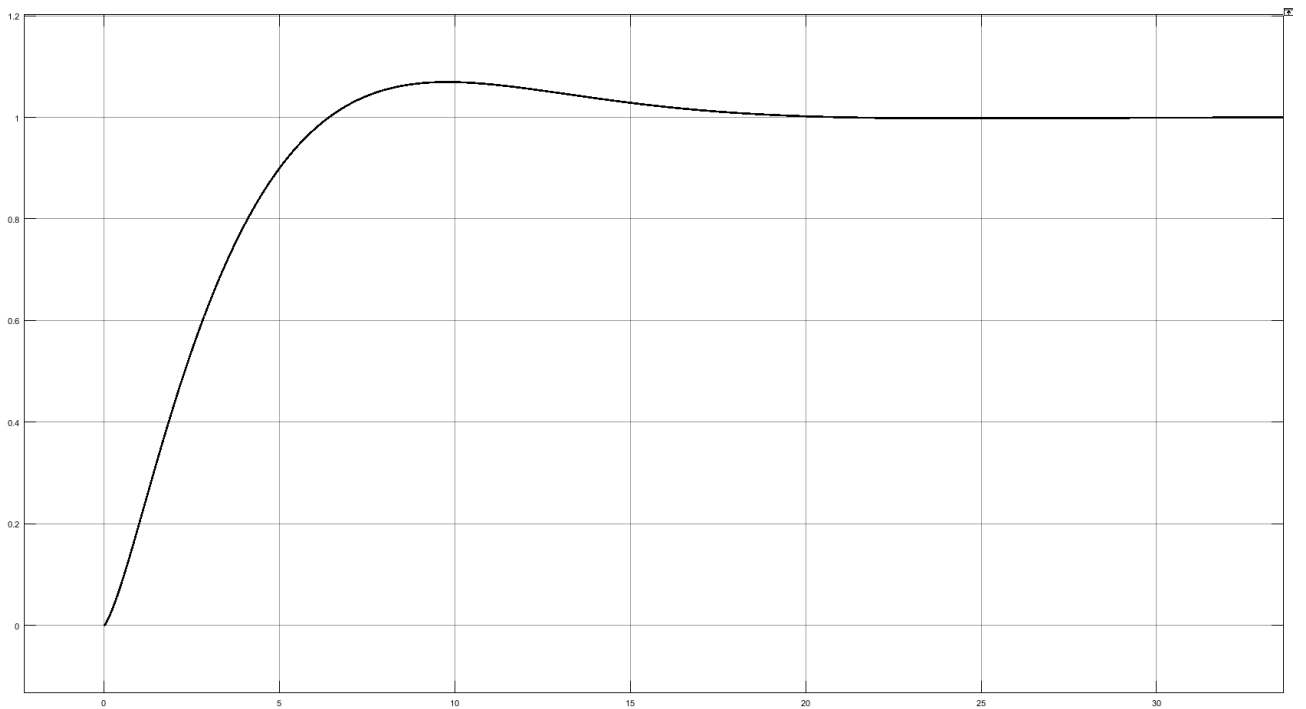


Рис 3.57 Графік перехідних характеристик за першою схемою за каналом витрата повітря – концентрація кисню

Порівняльна характеристика систем керування з компенсатором і без знаходиться в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Порівняльна характеристика систем керування з компенсатором і без

Тип 1 регулятора	Тип 2 регулятора	Компенсатор	Час виходу		Перерегулювання		Статична похибка	
			Канал	Канал	Канал	Канал	Канал	Канал
			1	2	1	2	1	2
ПД	ПД	Без	180	8	0	0.05	0.58	0.08
ПД	ПД	Без	530	8	0.03	0.05	0	0.07
ПД	ПД	Без	350	30	0	0.08	0.6	0
ПД	ПД	Без	650	25	0.03	0.04	0	0
ПД	ПД	З	160	7	0	0.03	0.18	0.08
ПД	ПД	З	400	8	0.03	0.03	0	0.07
ПД	ПД	З	190	30	0	0.03	0.16	0
ПД	ПД	З	400	25	0.04	0.03	0	0

Для основного і допоміжного каналу керування було синтезовано класичні регулятори. Аналізовано поведінку системи керування при дії збурення. Синтезовано різні типи компенсаторів по збуренню та обрано найкращий варіант. Перевірено дію систем керування при дії перехресних зав'язків та синтезовано відповідні компенсатори. Проведено аналіз якості усіх синтезованих систем.

Охорона праці

Згідно чинного законодавства України про Охорону праці Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Відповідно до теми дипломного проекту «Система керування печі у процесі гідроочищення нафтових оливо».

Контроль та обслуговування технологічної лінії виробництва буде здійснювати оператор технологічного процесу з операторської кабіни (площею 15 м² та об'ємом 40 м³).

На робочому місці на оператора впливають такі виробничі фактори:

- Повітря робочої зони
- Виробниче освітлення
- Виробничий шум
- Електро небезпека
- Пожежна небезпека

Повітря робочої зони

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

Фактичні метеорологічні умови в операторській для роботи середньої важкості:

					ЛА5108.	Лист
						66
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 Порівняння фактичних та оптимальних умов

	Температура, °С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Фактичне	Оптимальне	Фактичне	Оптимальне	Фактичне	Оптимальне
Теплий період року	20-23°С	18-25°С	40-75%	35-80%	0,3 м/с	0,25-0,3 м/с
Холодний період року	15-18°С	17-19°С	40-65%	40-80%	0,2 м/с	0,15-0,2 м/с

Для того щоб забезпечити ці показники в теплий період року необхідно забезпечити операторську наявність кондиціонерів, пристроїв для охолодження приміщення, вентиляторів, тощо. Для виконання заданих показників у холодний період року забезпечується приміщення обігрівачами, утепленням стін, вікон і дверей, батареями, іншими носіями тепла.

Отже, фактичні метеорологічні умови відповідають нормам ДСНЗ.3.6.042-99.

Обслуговуючий персонал допускається до роботи у встановленому нормами спецодязі та спецвзутті, зобов'язаний мати при собі справні засоби індивідуального захисту. Засоби захисту (індивідуальний протигаз) обов'язково перевіряються кожної зміни перед початком роботи.

Не допускати порушення нормального технологічного режиму на всіх стадіях процесу.

Роботи вести лише на справному обладнанні, оснащеному всіма необхідними та справно діючими запобіжними пристроями, контрольновимірювальними та регулюючими пристроями, сигналізацією та блокуваннями. Всі контрольновимірювальні прилади, системи автоматики та блокування мають знаходитися в справному стані.

					<i>ЛА5108.</i>	Лист
						67
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При виявленні якихось несправностей в роботі обладнання – своєчасно ставити до відома начальника цеху, механіка цеху. При необхідності, зупинити обладнання та підготувати його до здачі в ремонт.

Виробниче освітлення

Роботи, виконувані в операторській, зв'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт.

Приміщення не забезпечене вікнами, тому денне світло у операторській відсутнє. У темний і світлий час доби використовують штучне висвітлення. Освітленість відповідна III розряду зорових робіт при газорозрядних лампах повинна бути $E_n=250\text{Лк}$

Приймемо лампи типу світлодіодна трубчаста «ЕВРОСВЕТ 9 Вт 6400К L-600-6400-13 T8 G13» $F_{\text{л}}=600$ Лм світловий потік світлодіодних ламп. Кількість таких ламп становить 3 штуки, термін її роботи 25 000 годин.

Поставимо три світильники, що забезпечує освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт.

При цьому $E_{\text{факт}}=260\text{Лк}$. Освітленість приміщення відповідає нормам, відповідно до ДНБ В 25.28-2006.

Виробничий шум

Джерелами шуму є: трубопроводи, система кондиціонування, насоси та редуктори.

Рівень шуму становить:

$$L = 100 \text{ дБА.}$$

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

– Акустичні.

					ЛА5108.	Лист
						68
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Грунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування приглушувачів шуму;

– Будівельно-акустичні методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабінки спостереження, дистанційне керування, кожухи, ущільнення і т. д. Найбільше ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з опилок деревини, соломи і т. д. Звуковбирні матеріали: мрамур, бетон, граніт, цеглина, ДВП, ДСП, войлок, мінераловата, матеріали з щільною перфорацією;

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

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

Для зменшення рівня шуму від трубопроводів, для них додатково передбачені комплектні шумозахисні кожухи. Завдяки усім цим заходам шумоізоляції, рівень шуму на даному об'єкті складає $L = 60$ дБА., що не перевищує допустимі значення, відповідно до ДСНЗ.3.6.037-99.

Електронебезпека

Приміщення операторської відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою по ступеню враження електричним струмом, відповідно до ПУЕІ.

Не допускається включення електрообладнання при несправному заземленні.

У операторській встановлена мережа, що працює під напругою 220/380 В, частотою 50 Гц.

Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Основні причини нещасного випадку від впливу електричного струму наступні:

1) ушкодження струмопровідних ліній електрокабелів, порушення ізоляції і заземлення щитів, пультів і електроустаткування;

					ЛА5108.	Лист
						69
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2) порушення правил електробезпечності при експлуатації електричного устаткування і освітлення (спроби самовільного усунення несправностей, заміни світильників);

3) робота на несправному устаткуванні;

4) дотик до відкритих проводок струмоведучих частин;

5) пробій на установці (напруга дотику);

6) крокова напруга;

7) електрична дуга.

До заходів щодо захисту від поразки електричним струмом відносяться:

1. Ізоляція в електроустановках

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

Встановлена ізоляція таких видів:

– робоча – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом;

– додаткова – електрична ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом в разі ушкодження робочої ізоляції;

– подвійна – ізоляція, яка складається з робочої і додаткової ізоляції;

– посилена – поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий же захист від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція;

– опір ізоляції 0.5 МОм.

2. Блоківки безпеки;

3. Малі напруги на переносні прилади $U=42V$;

4. Недосяжність проводів;

5. Орієнтація в електричних установках.

В аварійному режимі – занулення з автоматичним відключенням.
Електробезпека на виробництві відповідає ГОСТ 12.1.030-86.

					<i>ЛА5108.</i>	Лист
						70
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пожежонебезпека

До цеха в трубопроводах надходять наступні горючі матеріали: водень під тиском, то газосировинна суміш (суміш водню з нафтовими маслами або продуктами первинної очистки нафти). Продуктом є ряд нафтових олив, які мають температуру самозаймання в середньому 400°С. Проаналізувавши дані матеріали, що надходять до цеха, можемо зробити висновок, що приміщення виробничого цеху згідно НАПБ Б.07.005-86 відноситься до категорії В класу зони П-1.

Основними причинами виникнення пожежі можуть бути:

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

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

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

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

					ЛА5108.	Лист
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		71

Для гасіння електропроводок і електроустаткування під напругою передбачені порошкові вогнегасники САМ-6 – 2 шт та ручні порошкові вогнегасники ВП-2(ОП-2) в кількості 2 шт.

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

ТС оснащується первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопата, ящик з піском, багор, відро), що розташовані на пожежному щиті. Засоби пожежогасіння повинні відповідати вимогам “Інструкції по утриманню та застосуванню засобів пожежогасіння на підприємствах”.

В тому числі приміщення захищене щогловим блискавковідводом висотою 27 м. Блискавковідвід приєднується сталеву стрічкою 20x4 мм до спеціального заземлювача, який складається з двох електродів довжиною 7,5 м, які з’єднуються між собою сталеву стрічкою 20x4 мм.

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

Приміщення операторської обладнане електричною системою датчиків оповіщувальних типу ДЛТ, з’єднаних з прийомною станцією по променевій системі. При підвищенні температури легкозаймистий шар, що з’єднує кінці двох дротів, розплавляється, розривається електричний ланцюг і спрацьовує сигналізація. Також у операторській передбачений прямий телефонний зв’язок з пожежною охороною підприємства.

Паління дозволяється у відведених для цих цілей місцях.

Підходи до аварійних шаф, пожежних оповіщувачів, телефонів, пожежного інвентарю не допускається захарашувати сторонніми предметами, утримувати їх необхідно в чистоті та у справному стані.

					<i>ЛА5108.</i>	Лист
						72
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Висновок

Після отримання завдання для бакалаврського диплому та аналізу всіх вихідних даних було сформовано систему диференціальних рівнянь для трубчастої печі, як об'єкта з розподіленими параметрами. Диференціальні рівняння методом кінцевих різниць перетворено в дискретну форму. Для усіх каналів побудовано статичні та динамічні характеристики. Проведено спрощення математичної моделі шляхом апроксимації відповідних характеристик методом Сімою. Побудовано перехідні характеристики апроксимуючих функцій за усіма каналами.

Для основного і допоміжного каналу керування було синтезовано класичні регулятори. Аналізовано поведінку системи керування при дії збурення. Синтезовано різні типи компенсаторів по збуренню та обрано найкращий варіант. Перевірено дію систем керування при дії перехресних зав'язків та синтезовано відповідні компенсатори. Проведено аналіз якості усіх синтезованих систем.

Також було розроблено заходи з охорони праці, при роботі на підприємстві, яке займається гідроочисткою нафтових олів, для забезпечення працівників та уникнення аварійних ситуацій.

					ЛА5108.	Лист
						73
Зм..	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. *Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О.* Технологические расчеты и теория процесса гидроочистки – ООО "Монография", 2008. - 106 с.
2. *Солодова Н.Л., Терентьева Н.А.* Гидроочистка топлив – Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. - 103 с.
3. *Казенов А.А. и др.* Трубчатые печи – ВНИИНЕФТЕМАШ, НЕФТЕХИММАШ-ТТО, 2007. — 23 с.
4. *М.Н. Ягудин* Трубчатые печи. Расчеты при проектировании. – Издательство ГУП ИНХП РБ, 2014. - 256с.
5. *Мышкис А. Д.* Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007. — 192 с.
6. *Самарский А. А., Михайлов А. П.* Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. — 2-е изд., испр. — М.: Физматлит, 2001.
7. *Малин А.С., Мухин В.И.* Исследование систем управления Учебник для вузов. — М.: ГУ, 2002. — 329 с.
8. *Гайдук А. Р., Плаксиенко Е. А.* Анализ и аналитический синтез цифровых систем управления. Монография – Издательство: Лань, 2018 г.
9. *Шевяков А.А., Яковлева Р.В.* Управление тепловыми объектами с распределенными параметрами. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 208 с.
10. *Бутковский А.Г.* Теория оптимального управления системы с распределенными параметрами. – М.: Наука, 1965. - 474 с.

					ЛА5108.	Лист
						74
Зм..	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		