

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 66.061.35

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ А.І.Жученко
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

на тему: Автоматизація теплообмінника в процесі очищення масла виборчими розчинниками

Виконав: студент 6 курсу, групи ЛА-72мп
(шифр групи)

_____ Коржиков Владислав Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ ас. Данькевич Андрій Олександрович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

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

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Коржикову Владиславу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автоматизація теплообмінника в процесі очищення масла виборчими розчинниками,
науковий керівник дисертації ас. Данькевич Андрій Олександрович _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом по університету від «12» 11 2018р. № 4139-с
2. Термін подання студентом дисертації 14 грудня 2018 р.
3. Об'єкт дослідження очищення масел вибірковими розчинниками
4. Вихідні дані витрата масла на вході в теплообмінний апарат - 1 кг/сек, витрата грійної води на вході в теплообмінний апарат - 2 кг/сек, температура грійної води 100 °С.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Аналіз процесу очистки масел вибірковими розчинниками, опис та математична модель теплообмінника, синтез систем керування, імітаційне моделювання теплообмінника за допомогою Trace Mode, стартап-проект
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Схема автоматизації технологічного процесу

7. Орієнтовний перелік публікацій Математичне моделювання теплообмінника у процесі очищення олив як об'єкта автоматизації

8. Консультанти розділів дисертації^{1*}

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

9. Дата видачі завдання 6 листопада 2018 р.

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1 | Аналіз процесу очистки масел вибірковими розчинниками | 4.11.18 | |
| 2 | Опис та математична модель теплообмінника | 11.11.18 | |
| 3 | Синтез систем керування | 13.11.18 | |
| 4 | Імітаційне моделювання теплообмінника за допомогою Trace Mode | 16.11.18 | |
| 5 | Стартап-проект | 20.11.18 | |
| 6 | Оформлення магістерської дисертації | 20.11.18 | |
| | | | |
| | | | |

Студент

(підпис)

Коржиков В.В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Данькевич А.О.

(ініціали, прізвище)

¹ * Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему "Автоматизація теплообмінника в процесі очищення масла виборчими розчинниками " містить пояснювальну записку об'ємом 89 сторінки, 1 лист креслення.

Пояснювальна записка містить 78 рисунків, 9 таблиці, 21 літературні джерела.

У магістерській дисертації об'єктом дослідження є процес очищення масел вибірковими розчинниками. Предметом дослідження є математичка модель технологічних апаратів: теплообмінника. У магістерській дисертації досліджено особливості роботи технологічних апаратів як об'єктів керування, для яких проведено математичний опис для синтезу системи керування температурою, витратою та створено прикладний навчальний пакет для імітаційного моделювання та регулювання параметрів процесу очищення масел вибірковими розчинниками. Також в магістерській дисертації було розроблено стартап-ідею, щодо запровадження дистанційної системи керування.

Ключові слова: Екстракт, рафінат, синтез, автоматизація, теплообмінник, моделювання, об'єкт керування, перехідні процеси, регулятори, система керування, *MatLab*.

ABSTRACT

The master's dissertation on the theme "Automation of the heat exchanger during the process of oil purification by selective solvents" contains an explanatory note with the volume of 89 pages, 1 sheet of drawing.

The explanatory note contains 78 figures, 9 tables, 21 literary sources.

In the master's thesis the object of research is the process of cleaning the oils with selective solvents. The subject of the study is a mathematician model of technological apparatus: a heat exchanger. In the master's dissertation the peculiarities of the work of technological apparatuses as control objects were investigated, for which a mathematical description for the synthesis of the temperature control system and flow was made, and an application training package was created for simulation modeling and control of the parameters of the process of cleaning the oils with sample solvents. In the master's thesis the startup idea was developed, concerning introduction of a remote control system.

Key words: extract, refinement, synthesis, automation, heat exchanger, modeling, control object, transients, regulators, control system, MatLab.

Перелік умовних позначень

$\theta_{\text{вх}}^V, \theta_{\text{вих}}^V, G^V$ – температури грійної води на вході та виході, витрати води відповідно;

$\theta_{\text{вх}}^m, \theta_{\text{вих}}^m, G^m$ – температури оливи на вході та виході, витрата оливи відповідно;

G_t^m – витрати олив в трубі;

n – кількість труб;

dm – внутрішній діаметр труб;

dx – елементарний крок по довжині труби;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від труби до мастила;

σ – товщина труби;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від труби до грійної води;

ν – крок за часом;

s – крок по довжині труби.

Зміст

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 8 |
| 1.Аналіз процесу очистки масел вибірковими розчинниками..... | 10 |
| 1.1. Опис технологічного процесу очистки масел вибірковими розчинниками..... | 10 |
| 1.2.Технологія процесу очищення масел розчинником..... | 33 |
| 2.Опис та математична модель теплообмінника..... | 36 |
| 2.1. Опис теплообмінника | 30 |
| 2.2.Математична модель теплообмінника..... | 37 |
| 2.3. Дослідження динаміки при зміні температури масла..... | 40 |
| 2.4. Дослідження динаміки при зміні витрати гріючої води..... | 45 |
| 2.5. Дослідження динаміки при зміні витрати масла..... | 49 |
| 3.Синтез систем керування..... | 60 |
| 4.Імітаційне моделювання теплообмінника за допомогою Trace Mode..... | 70 |
| 4.1. Опис Trace Mode..... | 70 |
| 4.2. Імітація теплообмінника..... | 71 |
| 5. Стартап-проект..... | 74 |
| 5.1. Опис ідеї створення стартап-проекту | 74 |
| 5.2. Аналіз зовнішнього маркетингового середовища..... | 76 |
| 5.3. SWOT – аналіз стартап-проекту..... | 82 |
| 5.4. Ринкові стратегії стартап-проекту..... | 85 |
| Висновки..... | 87 |
| Література..... | 88 |

Вступ

Процес селективної очистки є одним із основних та найпоширеніших процесів для виробництва нафтових масел, так як істотно поліпшує найважливіші експлуатаційні властивості олив та масел: стабільність проти окислення і в'язкісно-температурні властивості. Контроль здійснюється шляхом виборчого витягу з нафтово-олійної сировини за допомогою підібраних розчинників таких небажаних компонентів, як сполуки сірки та азоту, поліциклічні ароматичні і нафтено-ароматичні вуглеводні з короткими бічними ланцюгами, ненасичені вуглеводні і смолисті речовини. У промислових масштабах в якості селективних розчинників найбільш широко використовується фенол, фурфурол і парний розчинник[1].

Селективна очистка включає секції, що забезпечують такі основні операції: екстракцію компонентів сировини з утворенням двох фаз в апаратах безперервної дії, безперервну регенерацію розчинника шляхом відгону з рафінованого і екстрактного розчину, зневоднення розчинника.

Дедалі більшого поширення набувають комбіновані (двопоточні) установки очищення фенолом і фурфуролом, потужність яких вдвічі вище потужності типових однопоточних установок. Особливістю таких установок є: на них можна переробляти одночасно і дистилятну, і залишкову (деасфальтизат) сировину; передбачена загальна секція регенерації розчинника з суміші дистилятного і екстрактного розчинників, таким чином, екстракти цих установок мають широкий фракційний склад.

Для зменшення втрат цінних компонентів з екстрактом і збільшення виходу рафінату, а також з метою отримання рафінату різного складу і властивостей застосовується двоступенева очистка фенолом. В цьому випадку установку оснащують двома екстракційними колонами. В першу по ходу сировини подається приблизно половина кількості фенола, необхідного для очищення, і з верху цієї колони відводиться розчин «тяжкого» рафіната. «Тяжкий» рафінат направляється на другу сходинку очищення - в другу

екстракційну колону, куди вводиться решта фенолу. З верху другої колони кінцевий рафінатний розчин поступає на регенерацію розчинника. Екстрактивні розчини I і II ступенів очищення змішуються і направляються в секцію регенерації фенолу з екстрактного розчину.

Чіткість розділення сировини на цільові і небажану - цільні компоненти, а отже, і збільшення виходу рафінату може бути досягнуто [1] подачею вниз екстракційної колони обесфеноленого екстракту замість фенольної води. Такий варіант сприяє збереженню виборчої здатності фенолу і зменшує надходження в рафінат небажаних компонентів.

При експлуатації установок селективного очищення велика увага приділяється регулюванню процесу. Установки оснащують аналізаторами якості на потоках: для сировини - плотномір і вискозиметр; для рафінатного розчинника - аналізатор вмісту розчинника; для рафінату - рефрактометр, колориметр, аналізатор вмісту розчинника; для екстракту - плотномір, вискозиметр, аналізатор вмісту розчинника; для стічних вод - аналізатор вмісту розчинника (останнє особливо важливо з точки зору охорони навколишнього середовища; з цією ж метою на установках селективного очищення застосовують апарати повітряного охолодження і системи оборотного водопостачання). Вихід рафінату із сировини досягає 64-85%, а при виробленні високо-індексних масел 40-60%.

1. Аналіз процесу очистки масел вибірковими розчинниками

1.1. Опис технологічного процесу очистки масел вибірковими розчинниками

Виробництво синтетичних масел дає високоякісні продукти, але з тих же причин економічного характеру воно має обмежене поширення.

Метод очищення виборчими розчинниками дає можливість отримувати високосортні масла з нафт на алканових і змішаних підставах.

Майбутнє процесу селективного очищення масел обмежується тим, що при застосуванні селективного розчинення не створюється нових якостей масла, як при гідруванні і синтезі масел, а лише витягуються певні компоненти, що знаходяться в сировині.

Основні переваги цього виду очищення наступні:

- 1) можливість різкого підвищення в'язкісно-температурною характеристики масла і отримання масла, стійкого проти окислення;
- 2) можливість використання відходів в якості палива і для отримання високоякісних бітумів і т. д.;
- 3) для регенерації розчинника, що зводить його втрати до мінімуму.

Недоліки методу очищення виборчими розчинниками наступні:

- 1) підвищення температури застигання масла внаслідок збільшення концентрації алканів за рахунок видалення небажаних компонентів, що очищається, продукту;
- 2) більш складна апаратура в порівнянні з кислотною очищенням;
- 3) необхідність доочищення олії землею внаслідок поганого кольору рафінат і неможливості повністю відігнати весь розчинник.

Безперечні переваги методу очищення виборчими розчинниками, його економічна вигідність викликали будівництво великого числа установок.

Селективні методи очищення і вибір виборчих розчинників. Основний принцип застосування розчинників для селективного вилучення небажаних

вуглеводнів з масла полягає в використанні різної розчинності вуглеводнів в окремих розчинниках при даних температурних умовах.

Розчинність масел або інших нафтових фракцій в розчинниках, що відносяться до групи виборчих, залежить від співвідношення обсягів масла і розчинника і температурних умов.

При кімнатній температурі невеликі кількості розчинника повністю розчиняються в маслі. Підвищення обсягу розчинника проти обсягу масла призводить до утворення двох фаз. В одній фазі міститься масло з невеликою домішкою розчинника, в іншій - розчинник, що містить в розчиненому вигляді частина вуглеводнів масла. Подальше підвищення обсягу розчинника збільшує розчинність олії в ньому.

Нарешті, при великих обсягах розчинника відбувається повне розчинення вуглеводнів масла.

Аналогічно цьому після обробки відносно невеликим обсягом виборчого розчинника, наприклад 100% по відношенню до масла, при підвищенні температури суміші з верхньої фази (масло) переходить в нижню (розчинник) більша і більша кількість вуглеводнів масла. Після досягнення певних температур, званих «критичними температурами розчинення», і вище цих температур вуглеводні масла • змішуються повністю з розчинником.

Критичні температури розчинення (КТР) залежать від будови вуглеводнів і властивостей розчинника. Найменші значення КТР мають ненасичені і ароматичні вуглеводні, найбільш високі - алкани. Нафтові фракції, багаті ароматичними вуглеводнями, значно краще розчинні у виборчих розчинниках, ніж аналогічні фракції, виділені з нафти, що містять малу кількість ароматичних вуглеводнів. Якщо на осі абсцис ми будемо відкладати відсоток розчинника в суміші, а на осі ординат температури розшарування

суміші даної концентрації, то крива, що з'єднує всі ці точки, буде мати вигляд, показаний на рис.1.

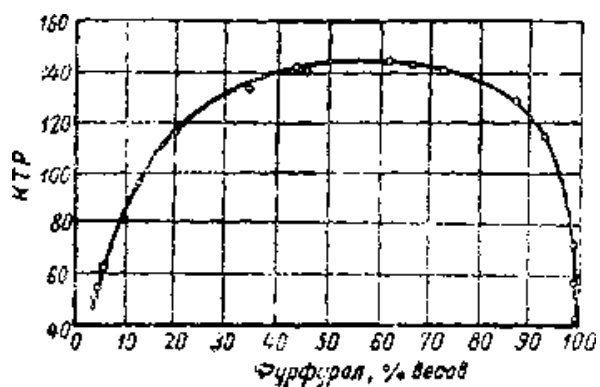


Рис.1. Крива КТР для системи масло з парафіністої нафти – фурфурол

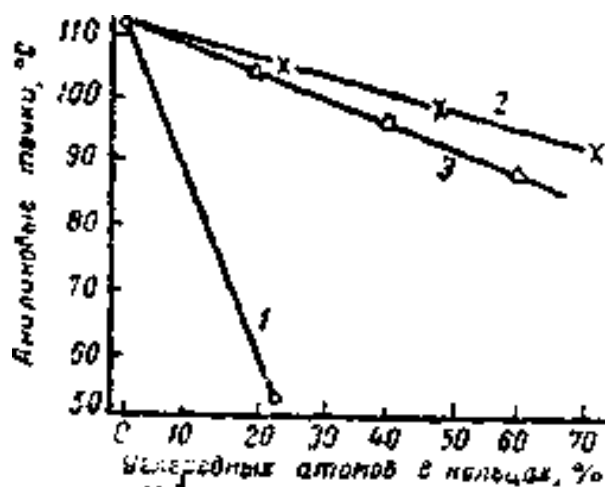


Рис.2. Залежність аніліновою точки від змісту вуглецевих атомів в кільцях вуглеводнів.

Усередині цієї кривої обмежена область існування двох фаз. Поза кривої знаходиться область повної розчинності.

Крива КТР має вельми різний вигляд в залежності від характеру дистилятів нафти і розчинника.

1. Чим вище температура кипіння дистиляту з однієї і тієї ж нафти, тим вище КТР.

2. Крива КТР лежить вище для рафінату, очищених вже даними розчинником масел, ніж для вихідного продукту,

І чим глибше очищений дистилят, тим більше ця різниця. Так, для важкого циліндрового дистилята максимальна точка кривої КТР з нітробензолом дорівнює 24,8 ° C, після очищення 75% нітробензола вона

зростає до $26,6^{\circ}\text{C}$, і після другої екстракції 75% нітробензола КТР підвищується до 42°C .

3. Чим більше в даному дистиляті міститься ароматичних вуглеводнів, тим нижче його КТР. Так, для циліндрового дистиляту важкої нафти з нітробензолом максимальна точка КТР дорівнює $24,8^{\circ}\text{C}$, а для дистиляту такий же в'язкості з легкої нафти - становить $37,5^{\circ}\text{C}$.

Будова молекул вуглеводнів значно впливає на величину КТР. Так, наприклад, для ароматичних вуглеводнів КТР їх в такому розчиннику, як анілін, залежить від числа кілець в цих вуглеводнях і довжини алканових бічних ланцюгів.

Подібно анілін поводить себе при змішуванні з вуглеводнями нафти і її фракціями цілий ряд розчинників: альдегіди, кетони, аміни, нітросполуки, феноли та ін.

Всі ці розчинники відносяться до полярних, так як молекули їх володіють тим чи іншим значенням дипольного моменту.

Характер розчинника впливає на величину критичної температури розчинення масла в ньому (табл. 73).

Аналізуючи процес розчинення вуглеводнів в полярних розчинниках, ми можемо відзначити, що при відносно низьких температурах відбувається виборче розчинення вуглеводнів, переважно ненасичених і ароматичного ряду. При підвищених температурах за межами критичної температури розчинення розчинник і вуглеводні утворюють однорідну суміш.

Сучасні дані в області теорії розчинності недостатні для пояснення явищ, пов'язаних з дією виборчих розчинників на суміші вуглеводнів, що містяться в нафтових фракціях.

Здається, цей процес пов'язаний з виникненням диполя в молекулах вуглеводнів під впливом електричного поля молекул розчинника.

Молекули вуглеводнів, які мають в більшості випадків нульове значення електричного моменту, набувають рухливих зарядів моменту, коли вони поміщаються в електричне поле.

Величина такого індукованого диполя, як впливає з цього рівняння, залежить від сили поля і поляризованого електрично нейтральної молекули.

Виникає в нейтральній молекулі індукований диполь взаємодіє з диполем молекули виборчого розчинника. Молекули зближуються і більш-менш міцно притягуються один до одного.

При взаємодії вуглеводнів, що містяться в нафтовій фракції, з полярним виборчим розчинником в умовах даного співвідношення між розчинником і маслом при даній температурі встановлюється певне співвідношення між складом екстрактної і рафінованої фази, обумовлене орієнтацією жорстких диполів, індукованих диполів і наявністю дисперсійних сил.

При кожній заданій температурі дію окремих сил проявляється одночасно, але кожна з них має ту чи іншу переважне значення.

Середня молекулярна поляризація ароматичних вуглеводнів зростає зі збільшенням в них числа кілець. Тому при низьких температурах індуковані диполі будуть виникати в першу чергу в поліциклічних ароматичних вуглеводнях і притому в тих з них, в яких ядра але екрановані довгими алкільними ланцюгами.

Однак навіть при відносно низьких температурах під впливом силового поля розчинника будуть виникати переважно в поліциклічних ароматичних вуглеводнях. Поряд з цим диполі будуть виникати і в молекулах малоциклічних ароматичних з'єднань, і, нарешті, в цих умовах буде проявлятися і дію дисперсійних сил. Тому при одноразовій екстракції олії спостерігається нечіткий вуглеводневий склад екстрактної фази. Послідовне повторення екстракції свіжих порцій масла екстрактами від попередньої очистки призводить до поступової концентрації в екстрактній фазі найбільш легко поляризуються в даних умовах вуглеводнів і витіснення ними сполук з меншою молекулярною поляризацією.

У той же час такі вуглеводні, як, наприклад, поліциклічні циклани, є небажаною частиною масел, можуть залишатися не витягнутими з масла внаслідок їх слабкої поляризованості. Це можливо в області тих температурних умов очищення, коли дія дисперсійних сил. Тому при очищенні масел виборчими розчинниками не завжди при використанні того чи іншого сировини і при різних умовах проведення процесу можна домогтися великої концентрації в готовому маслі високоякісних вуглеводнів.

Високе значення дипольного моменту розчинника, наприклад такого, як окислювач, збуджує дипольний момент в молекулах вуглеводнів, що володіють не тільки високою, але і більш низькою молекулярною поляризацією. Практично це призводить до підвищення так званої розчинюючої здатності розчинника і зменшення вибіркової дії його щодо найбільш поляризуючи молекул.

Тому такі сполуки, як фурфурол або фенол, рідкий сірчистий ангідрид, що володіють великою вибірковістю, більш чітко витягають поліциклічні ароматичні вуглеводні, ніж нітробензол.

Введенням в такі розчинники, як фурфурол, фенол або рідкий сірчистий ангідрид, бензолу можна підвищити розчиняють здатність їх, очевидно, внаслідок того, що з підвищенням концентрації ароматичних вуглеводнів і посиленням сумарного дії поля, з жорстких і індукованих диполів, посилюється поляризація ароматичних вуглеводнів, містяться в маслі, і підвищується значення дисперсійних сил. Це, своєю чергою призводить до зниження КТР масла в розчиннику зі збільшенням концентрації в ньому бензолу. Підвищення концентрації в нафтовій фракції слабо поляризуються з'єднань, навпаки, повинно збільшувати вибірковість розчинника; наприклад, додавання до масла низькикипаючих алканів, не розчинні в нітробензол і розчиняють легко вуглеводні масел, підвищує виборчі властивості останнього. Чим нижче розчиняюча здатність виборчого розчинника, тим більший обсяг потрібно затратити при екстракції для досягнення необхідного ступеня очищення.

Завдання обробки селективним методом полягає в підборі такого розчинника, який володів би різної розчинюючої здатністю щодо небажаних і бажаних компонентів неочищеного масла і при певних температурах і концентрації розчинника утворював би дві фази, в одну з яких входили б бажані компоненти, а в іншу небажані.

Вибір температури очищення залежить цілком від КТР даної суміші. Очищення виборчими розчинниками можлива в тих температурних межах, в області яких існують дві фази.

Для кожного, хто очищається продукту оптимальні температурні межі очищення даними розчинником повинні вибиратися експериментально.

На фіг. 61 показано зміна індексу в'язкості автолового дистилляту з нафти в залежності від температури очищення його 300% фурфуролу.

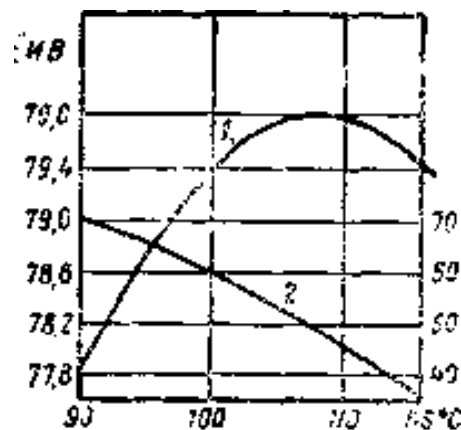


Рис.3. Залежність індексу в'язкості і виходу масла від температури обробки.

Ці дані показують, що в той час як з підвищенням температури вихід рафіната неухильно знижується, індекс в'язкості його спочатку підвищується, а потім знижується. Цей максимум індексу в'язкості показує оптимальний баланс між селективними і розчиняючими властивостями розчинника. Виборчі розчинники повинні порівнюватися при температурах, при яких вони дають кращі показники по селективним і розчиняючим властивостям. Ці температури різні для різних розчинників і можуть бути визначені для кожного зразка масла і розчинника тільки досвідченим шляхом.

У зв'язку з зазначеними властивостями розчинників, пов'язаними з температурними умовами екстракції, істотне значення має температурний градієнт екстракції.

Температурним градієнтом екстракції називається перепад температур між вихідним рафінатом і входять в систему екстракції сировиною.

Раніше вказувалося, що КТР рафіната вище КТР сировини в даному виборчому розчиннику.

Тому в практиці заводський очищення, де застосовуються багаторазові, ступінчасті методи очищення, рафінати, одержувані в першій і наступних щаблях, мають більш високі КТР, ніж сировина.

З огляду на це, в системі очищення встановлюють необхідний перепад температур.

Температурний градієнт повинен встановлюватися таким, щоб в кожному ступені досягалися оптимальні умови екстрагування.

У безпосередньому зв'язку з температурним градієнтом знаходиться поняття про рециркуляції проміжного продукту при селективної очистки масел.

Якщо обробити розчинником сировину при оптимальній температурі, зробити поділ фаз і дати додатковий відстій при охолодженні екстрактної фази, то остання в свою чергу розділиться на два шари.

Верхній шар буде являти собою проміжні бажані компоненти масла, які внаслідок великої розчинюючої здатності розчинника при високих температурах перейшли в екстрактний шар. Цей вдруге виділився рафінат дає уявлення про ті втрати, які відбуваються при роботі без температурного градієнта. Щоб уникнути цих втрат, надходять у такий спосіб: екстракцію ведуть при підвищених температурах, а отримувані екстракти відстоюють при більш низьких температурах. Утворений шар рафіната повертається в процес з вступником свіжим сировиною або з рафінатами, які виходять з відповідною ступені очищення.

Застосування рециркуляції проміжної рафінаційної фази збільшує вихід рафіната внаслідок збільшення в сировину концентрації бажаних компонентів і скорочує витрату розчинника, необхідного для досягнення певної міри очищення масла.

Уявімо собі, що ми маємо однорідну трикомпонентну систему: екстракт + розчинник = небажані вуглеводні. Останні не можуть виділитися з розчину екстракту без зниження температури. Однак ця рівновага можна порушити шляхом часткового відводу розчинника, що викличе утворення двох фаз, одна з яких буде рафінаційною. Для порушення такої рівноваги і служить чистий екстракт, вільний від розчинника. Внаслідок більшої розчинності в розчиннику, ніж бажані компоненти, він при введенні в екстрактивних частина витісняє ці компоненти з екстракту.

Кількість розчинника, необхідна для екстракції небажаних компонентів олії, залежить від якості розчинника (селективності, розчинюючої здатності), від якості вихідної сировини, бажаного ступеня очищення і, нарешті, від способу екстракції.

Взагалі кажучи, зі збільшенням кількості розчинника якість рафіната поліпшується і одночасно з цим вихід його зменшується.

Вихід рафіната необхідних якостей крім кількості розчинника, взятого для очищення, залежить від якості вихідної сировини, т. Е. Від його хімічного складу. Нафти ароматичні, смолисті, що містять в масляних фракціях невеликий відсоток

бажаних вуглеводнів, при отриманні високоякісних масел дають незначні виходи рафіната.

З цього випливає, що для досягнення певної високого ступеня очищення масла вибір вихідної сировини має істотне значення, і в цьому випадку краще сировину, що володіє досить високою якістю входять до його складу вуглеводнів.

Для характеристики доцільності використання даної сировини для отримання з нього високоякісних масел вдаються до фракціонування виборчими розчинниками.

Сутність цього методу полягає в наступному: екстракцію досліджуваного сировини починають при низькій температурі і, поступово підвищуючи температуру наступних екстракцій, отримують ряд фракцій з поступово поліпшуються якостями (збільшення індексу в'язкості, зниження щільності п т. П.).

Якщо на осях координат відкласти зміна якості після-послідовно фракцій проти об'ємних відсотків екстрагованого масла, то можна отримати криві характеристики якості вихідної сировини. При аналітичній фракціонуванні розчинником слід дотримуватися наступних основних правил:

- 1) температуру послідовних екстракцій підвищувати таким чином, щоб концентрація масла в екстракті залишалася постійною;
- 2) кількість розчинника вибирати з таким розрахунком, щоб концентрація масла в екстрактній фазі була невелика і не перевищувала 4-6%;
- 3) при екстракції продовжувати перемішування до тих пір, поки буде досягнута рівновага фаз;
- 4) відстій при температурі екстракції проводити до повного поділу фаз.

Кожен розчинник має свої оптимальні температури екстракції. Найбільш придатними розчинниками є ацетон і анілін.

Аналітичне фракціонування виборчими розчинниками може застосовуватися для наступних цілей:

- 1) визначення потенціалів змісту високоякісного масла в даному сировині;
- 2) визначення втрат мастила в екстрактах при очищенні виборчим розчинником;
- 3) аналізу готових мастил.

При обробці масел розчинниками істотне значення має ступінь перемішування їх, так як при цьому

мають місце чисто фізичні процеси розчинення рідких когось там, в яких час перемішування не відбивається скільки-небудь помітно на виходах і якостях готового масла. Інтенсивність перемішування досягається застосуванням спеціальних змішувальних пристроїв (турбосмесителя, діафрагмових змішувачів, насадок), що забезпечують необхідний контакт масла з розчинником.

Швидкість розшаровування екстрактної і рафінованої фаз зазвичай вважають пропорційною різниці щільності розчинника і олії. Однак на практиці зустрічаються відхилення від цього. Так, наприклад, фурфурол з щільністю 1,162 та фенол з щільністю 1,060 дають велику швидкість розшаровування, ніж діхлоретіловий ефір, який має щільність 1,222.

Тому головну причину швидкості розшаровування потрібно шукати в в'язкості масла при температурі очищення, поверхневої активності складових частин масла (смолистих та інших речовин), інтенсивності перемішування. Для кожного типу обладнання, розчинника і умов екстракції швидкість розшаровування визначається експериментально.

Відділення розчинника від рафінованої і екстрактної фаз зазвичай здійснюється шляхом відгону розчинника. Умови відгону для кожного розчинника визначаються властивостями його, необхідністю досить повного видалення його з екстрактної і рафінованої фаз. Присутність розчинника в рафінації погіршує якість останнього і викликає необхідність застосування більш посиленого очищення рафіната вибілюючої землею. Крім того, залишення розчинника в рафінації і екстракті збільшує втрати розчинника.

Очищення виборчим розчинником можна вести в основному трьома способами.

Одноразовий проточний метод. Очищений продукт обробляють відразу всім кількістю розчинника, суміш призводять в тісний контакт, після чого утворюються дві фази - рафінована та екстрактивна - поділяються і в подальшому розчинник відганяється від обох шарів.

При змішуванні розчинника з очищується сировиною і наступному поділі суміші витягуванні речовини розподіляються між двома фазами – рафінованою і екстрактною.

Зміст витягується речовини в обох фазах підкоряється закону розподілу. Якщо в обох розчинниках розчинена речовина володіє одним і тим же молекулярною вагою, то ставлення його об'ємних концентрацій в цих двох дотичних між собою розчинниках при даній температурі виявляється величиною постійною і не залежною від кількості розчиненої речовини.

Математично процес ідеального екстрагування, коли розчинник абсолютно не розчинний у вихідній рідині, виражається формулою:

$$\frac{C_2}{C_1} = K,$$

де C_2 - об'ємна концентрація витягується речовини в екстракті; C_1 - об'ємна концентрація витягується речовини в рафінаці; K - коефіцієнт розподілу.

Цей закон справедливий повністю тільки якщо розчинник і масло взаємно нерозчинні або для мало розчинних речовин. Якщо взаємна розчинність обох розчинників в присутності розчинених речовин змінюється, то цей закон буде недіючих-них.

У таких випадках необхідне введення поправки на диссоціацію і асоціацію, на зміну взаємної розчинності обох рідких фаз внаслідок збільшення розчиненого речовини.

Зазвичай у всіх розрахунках, які стосуються екстракції, вважають, що мають справу з речовинами, взаємно нерозчинними, і приймають закон розподілу.

Для неідеального процесу екстрагування наведена вище формула неточна, проте загальні закономірності процесу залишаються ті ж самі.

У лабораторних умовах користуються методами багаторазової періодичної очистки і противоточної очищенням.

Вибір розчинника. При виборі розчинника для очищення масел необхідно виходити з трьох головних причин: селективності, розчинюючої сили розчинника і його фізико-хімічних властивостей.

Хороший розчинник повинен володіти такими якостями:

- 1) різкою селективністю і високою розчинюючої здатністю щодо небажаних компонентів олії;
- 2) можливо більш низькою розчинюючої здатністю до ба-них компонентів масла, так як цим підвищується вихід рафіната;
- 3) легкої і повної здатністю до регенерації;
- 4) стабільністю в умовах очищення щоб уникнути втрат розчинника і забруднення кінцевих продуктів очищення;
- 5) можливо більшою різницею щільності розчинника і очищуемого продукту для полегшення розшаровування;
- 6) мати не надто низьку і не дуже високу температуру кипіння, так як в першому випадку довелося б вести роботу під тиском і стикатися з недостатністю контакту при очищенні високов'язких масел, а в другому випадку збільшуються витрати на відгін розчинника від екстракту і рафіната;
- 7) не повинен бути отруйний;
- 8) повинен бути дешевим і доступним;
- 9) не повинен корродировать апаратуру.

Найбільшого поширення в практиці отримали наступні розчинники: фурфурол, фенол, пропан з крезолу і фенолом і сірчистий ангідрид в суміші з бензолом.

Загальна принципова схема очищення масел виборчими розчинниками

В технології очищення масел виборчими розчинниками основними є:

- 1) безперервний процес екстракції олії розчинником;
- 2) безперервний процес регенерації розчинника з рафінатного і екстрактного розчинів і повернення розчинника в систему екстракції.

Процес регенерації розчинника складається з наступних основних операцій:

- 1) нагрівання рафінованого і екстрактного розчинів;
- 2) відгону розчинника з розчинів;
- 3) регенерації розчинника з водних розчинів.

Загальна принципова схема процесу представлена на рис.3.

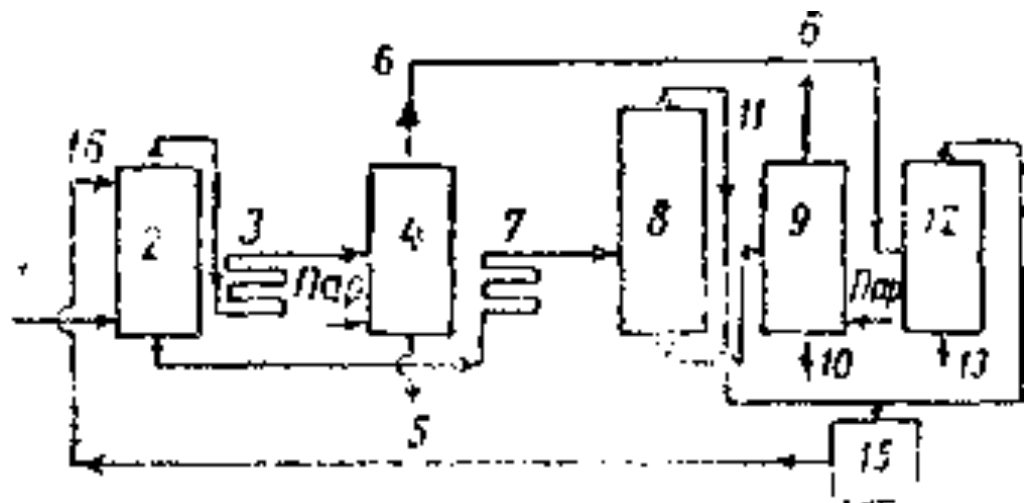


Рис.3. Принципова схема очищення масел виборчими розчинниками.

Екстракція олії розчинником. Як зазначалося вище, екстракція олії розчинником в заводських умовах протікає за принципом протитечії. Протівоток здійснюється або в апаратурі ступінчастою екстракції, або в колонах.

Ступінчасте проти точне очищення ведеться в декількох агрегатах, складених із змішувача і відстійника. Кожен з таких агрегатів представляє одну ступінь очищення. Число ступенів екстракції олії виборчим розчинником для різних процесів від п'яти до дев'яти в залежності від виборчих властивостей розчинника, якості сировини і необхідної якості кого очищає масла.

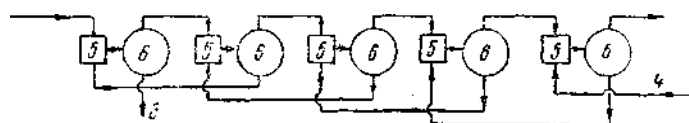


Рис.4. Принципова схема ступеневої протитока.

На рисунку приведена принципова схема п'ятиступінчастою противоточної екстракції. Як видно зі схеми, ступінчаста протитечія здійснюється таким чином, що в першому місці екстракції вихідна сировина змішується в змішувачі з екстрактивними розчином, що подається з відстійника другого ступеня, і суміш надходить у відстійник першого ступеня, в якому вона поділяється на два шари: верхній - рафінатний і нижній - екстрактний. З низу відстійника першого ступеня виводиться назовні кінцевий екстрактний розчин, який направляється на отгонку з нього розчинника.

У другому рівні рафінатний шар, що виходить з відстійника першого ступеня, змішується з екстрактивними шаром, відкачуваним з відстійника третього ступеня, і суміш надходить на відстій у відстійник другого ступеня. У третьому щаблі рафінатний шар з відстійника другого ступеня змішується з екстрактивними шаром четвертій сходинці і направляється на відстій у третій відстійник і т. д.

Рафінатний розчин, що виходить з верху відстійника останнього ступеня, являє собою кінцевий продукт очищення масла. Він прямує на регенерацію з нього розчинника.

Основна апаратура для ведення процесу ступінчастою проти точної екстракції наступна:

1. Змішувачі. У різних процесах очищення масел застосовують діафрагмові, інжекторні і механічні змішувачі.

2. Відстійники. Для поділу рафінатного і екстрактного шару з суміші, одержуваної в змішувачах, використовуються циліндричні відстійники горизонтального типу. На рис. 5 і 6 показані схематично конструкції відстійників, що застосовуються при очищенні масел нітробензолом (5) і сумішшю пропану з фенолом і крезолу (6).

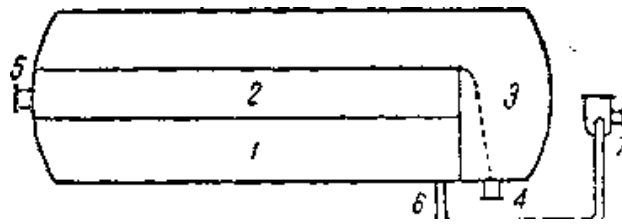


Рис.5. Схематичний поздовжній розріз відстійника

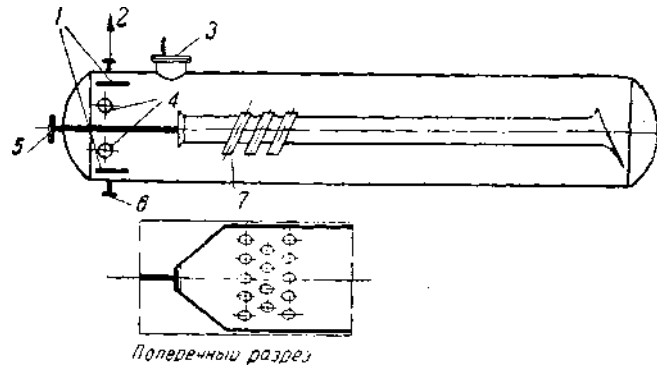


Рис.6. Схема пристрою екстрактора

На рис. 7 дана екстракційна система зі змішувачами і відстійниками в одній посудині *. Тут екстрактний шар, вступаючи в інжектор якогось відділення, засмоктує рафінатний розчин з попереднього відділення і тим самим створюється рух рафінатного розчину з відділення до відділення.

Щоб зменшити шкідливий вплив вихрових струмів на відстій, доводиться збільшувати розміри відділень відстійників.

Довжина і діаметр відстійників, що застосовуються в системах екстракції масел виборчими розчинниками, залежать від швидкості поділу екстрактного і рафінатного розчинів, яка є функцією різниці щільності, в'язкості і схильності до утворення емульсій. Тому при очищенні різних масел

різними розчинниками відстійники розраховуються на такий час перебування суміші в них, яке забезпечує повне розділення фаз ще до регулятора рівня.

Насоси застосовуються в системах екстракції масел розчинниками і для перекачування рафінатних та екстрактивних розчинів в системі регенерації розчинників.

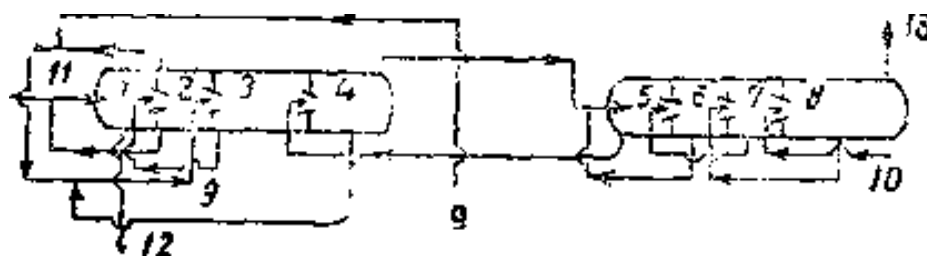


Рис.7. Схема змішувачів і відстійників в одній посудині.

Для цих цілей використовуються відцентрові і поршневі насоси зі спеціальними сальниками з гідравлічним затвором, що запобігає проникненню рідини, що містить розчинник, з циліндра назовні. Принцип пристрою сальника насоса з гідравлічним затвором показаний на рис.8.

Через сальники пропускається масло. Після забруднення масло по закінченні певного часу регенерується.

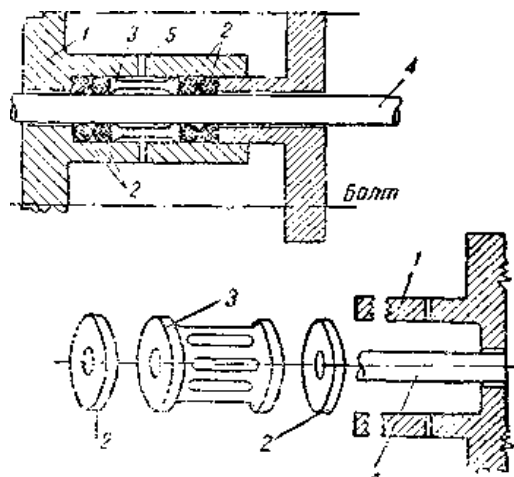


Рис.8. Пристрій сальника насоса

Екстракція в колонах. Значна частина вар-мости екстракційної системи падає на вартість змішувачів, відстійників і їх підсобного

обладнання, як-то: вентилів, насосів, регуляторів рівня і т. д. При застосуванні поступово-противоточної очищення беруться великі об'єми рідини, що здорожує експлуатаційні витрати на перекачування рідини з рівня в рівень.

Тому вважають за краще екстракцію олії розчинниками в колонах, де витрати на ці статті значно знижені.

Принципова схема роботи екстракційної колони представлена на рис.9.

Більш важкий виборчий розчинник подається в верхню частину колони, а більш легке сировину в нижню її частину. Масло, піднімаючись, стикається зі стікає вниз розчинником, збіднена вилучаються небажаними компонентами.

З верху колони виводиться рафінатний розчин, який містить очищене масло з невеликою домішкою розчинника. З низу колони відбирається екстрактний шар, що складається в основному з розчинника з розчиненими в ньому небажаними компонентами масла.

Ефективність роботи колонного апарату залежить від його висоти, що забезпечує необхідний ступінь вилучення розчинником шкідливих компонентів, від правильної подачі і від достатнього контакту сировини і розчинника.

У сучасних установках селективного очищення масел застосовують екстракційні колони насадочного і тарельчатого типу. Схема екстракційної колони насадочного типу дана на рис.10.

Зазвичай насадка складається з кілець розміром 30 X 30 або 50 x 50 мм. Висота шару насадки близько 1 см в кожній секції при числі секцій 4-5. Відстань між секціями насадки близько 1 м.

Розчинник подається через маточник в верхню частину колони, а сировину також через маточник в нижню частину.

Для забезпечення необхідного контакту між розчинником і маслом над кожним шаром насадки, а також під ним встановлені розподільні тарілки.

Для відстою рафінатного і екстрактного розчинів вгорі і внизу колони є відповідні ємності.

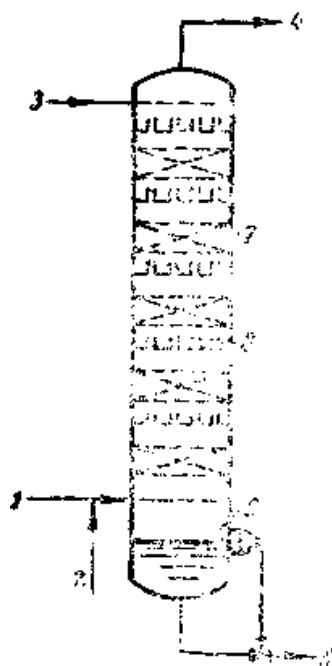


Рис.9. Екстракційна колона насадочного типу.

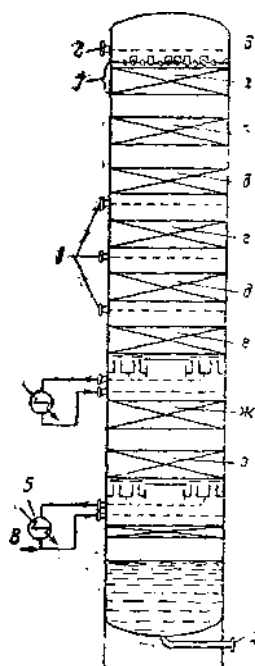


Рис.10. Екстракційна колона

Рівень екстрактного розчину встановлюється в нижній частині колони.

У колоні, показаної на рис.9, проміжний рафінат з екстрактної фази виділяється шляхом зниження температури по виході з колони. У сучасних конструкціях виділення проміжного рафіната проводиться шляхом охолодження екстрактної фази за допомогою установки водяного холодильника, як показано на рис.10.

Більш складний пристрій мають колони тарілчастого типу. Конструкція такої колони, яка застосовується для екстракції масел фенолом, показана на рис. 11.

На схемі видно, що колона ділиться на три самостійні частини: у верхній секції безперервно піднімається рафінована фаза обробляється спускається у вигляді крапель потоком безводного фенола. Так як рівень розділу рафінованої і екстрактної фаз встановлюється в проміжній зоні, то у верхній частині колони відбувається доочищення рафінованого розчину, звільненого від основної маси небажаних компонентів при проходженні через нижню зону, де екстрактний розчин є суцільною фазою. Поблизу низу колони, в місці введення фенольної води, екстрактивна фаза змінюється таким чином, що розчинені в фенолу бажані компоненти масла виділяються з екстрактного розчину і піднімаються вгору колони для подальшої обробки, збільшуючи таким чином концентрацію бажаних вуглеводнів в очищуючій сировині. Сама нижня частина колони служить акумулятором кінцевої екстрактної фази. Рух потоків в колоні, як зазначено на схемі, перехресне, що створює умови для інтенсивного контакту рідин.

Селективні властивості фенолу регулюються кількістю введеної в колону фенольної води. Вгорі колони селективні властивості фенолу залежать, очевидно, від температури екстракції. Процес, що йде в колоні, можна представити таким чином: безводний фенол, що входить вгорі колони, володіє максимальними селективними властивостями і таким чином визначає якість рафінованого потоку. Водний фенол, який вводиться внизу колони, володіє мінімальними розчинювальними властивостями, і таким чином уникають попадання бажаних компонентів масла в екстрактивну фазу. Масло проміжних якостей обробляється в умовах різних селективних властивостей фенолу і таким чином фракціонує, даючи продукти бажаних якостей і з максимальним виходом рафінату.

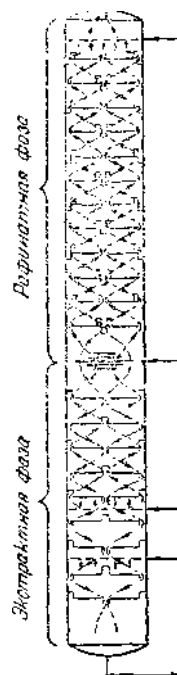


Рис.11. Схема колони тарельчатого типу

Регенерація розчинників з рафінатного та екстракційних розчинів

Регенерація ведеться шляхом відгону розчинника від рафіната і екстракту.

Такі розчини здебільшого можна розглядати як бінарні суміші, в яких легким компонентом є розчинник, а важким - рафінат або екстракт, причому важкий компонент в умовах відгону практично не розчиняється.

Внаслідок великої різниці (не менше 150°) між температурами кипіння розчинника, з одного боку, і рафіната або екстракту, з іншого боку, основна маса розчинника з обох розчинів відганяється випаровуванням його при таких температурах, при яких масла ще не переганяються. Однак після такого випаровування в рафінаті і екстракті неминуче залишається кілька відсотків розчинника. Практично відігнати розчинник повністю, довести його зміст до декількох сотих відсотка, шляхом ректифікації неможливо, так як для цього масло повинне бути доведене до температури кипіння, що викликало б його розкладання.

Тому не випарувався залишок розчинника відганяють шляхом відпарювання його від рафіната і екстракту відкритою парою у відпарних колонах.

При нормальній роботі після такого відпарювання в рафінаті і екстракті залишається не більше 0,005-0,02% розчинника.

Негативні моменти застосування відкритого пара наступні: з одного боку, цим ускладнюється процес регенерації, так як всі розчинники в більшій чи меншій мірі володіють взаємної розчинність з водою і це викликає необхідність у додатковій апаратурі для зневоднення регенованого розчинника; з іншого боку, наявність в перегінній системі водяної пари і води збільшує дію самих розчинників або тих домішок, які можуть бути присутніми в них.

Однак, незважаючи на ці недоліки, застосування процесу відпарювання є абсолютно необхідною стадією при регенерації розчинників і він не користується у всіх без винятку процесах селективного очищення і депарафінізації.

1. Першою операцією, спрямованої на одержання розчинників з рафінатного і екстрактного розчинів, є нагрів цих розчинів. У більшості установок зазначені розчини нагрівають в трубчастих печах. Лише в тих методах селективного очищення, в яких застосовують низьокіпящие розчинники або в яких розчинники піддаються розкладанню при високих температурах, необхідних для їх відгону, використовується підігрів паром.

2. Відгін розчинників з розчинів, коли ці розчинники нестабільні при високих температурах, ведуть із застосуванням вакууму.

При регенерації низьокіпящих розчинників (пропан, сірчистий ангідрид) їх відганяють під тиском, щоб забезпечити умови, необхідні для конденсації парів при охолодженні їх водою.

Іноді відгін ведуть в декілька ступенів при різних тисках (наприклад, при фенольному, фурфурольном, кетон-бензольному і інших процесах).

При регенерації суміші низько- і висококиплячих розчинників в першу чергу після відповідного підігріву під тиском відганяється нізкокшшцій розчинник, а потім після підвищення температури нагріву відганяється при атмосферному тиску висококиплячий розчинник. Залишки - рафінат і екстракт, що виходять з другого ступеня випаровування розчинника, надходять в отпарную колону, де від них отгоняються залишки розчинника із застосуванням гострого водяної пари.

Пари розчинника і води, що виходять з отпарной колони, спрямовуються в систему регенерації розчинника з водних розчинів.

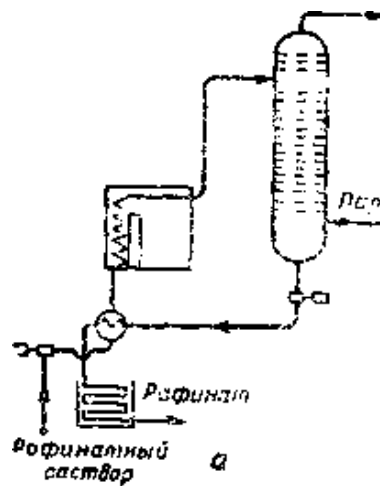
У переважній більшості процесів селективного очищення і депарафінізації розчинники отгоняються у випарник колонного типу; іноді застосовують горизонтальні випарники.

Значна різниця в складах рафінатного і екстрактного розчинів визначає істотну відмінність у проведенні процесів відгону розчинників від рафината і екстракту.

Як вже зазначалося вище, рафінатний розчин складається в основному з масла, а розчинник становить лише 10-30% від розчину. Екстрактний же розчин, навпаки, містить до 85-95% розчинника, а практично нелеткий компонент-екстракт - складає всього 5-15%. Кількість екстрактного розчину зазвичай більше кількості рафінатного розчину. Очевидно, відігнати розчинник від рафината значно простіше, ніж від екстракту.

Регенерація розчинників з рафинатних розчинів проводиться зазвичай в одну або максимум в дві ступені. Основна апаратура цієї частини установки складається з трубчастої печі (наприклад, фенольна або фурфурольная установки) або парового підігрівача (інші процеси) і однієї колони (рис.12).

У колоні основної маси виробляють відділення розчинника, випарувався в



нагрівачі, і відпарювання залишків розчинника відкритою парою. Іноді, щоб отримати максимальну кількість розчинника при регенерації в сухому вигляді і скоротити витрату пари, першу стадію відгону - відділення випарувалися в підігрівачі парів - виробляють в окремій відпарній секції рафінаційної колони. Залишок відпарюють в нижній відпарній секції тієї ж колони.

Рис.12. Принципові рації розчинника з рафінаційних створів

Так як виходить з рафінаційної колони рідкий залишок - рафінат - становить значну частину від розчину, що надходить на перегонку, то тепло його, як правило, використовується для

попереднього підігріву розчину перед входом в вогневої або парової нагрівач.

Регенерація розчинників з екстрактивних розчинів дещо. Практично неможливо випарувати до один прийом основну масу розчинника з розчину з таким значним але змістом. Крім усього це було б невигідно і з точки зору регенерації тепла парів відганяють розчинник.

Тому при регенерації розчинників з екстрактивних розчинів застосовують ступінчасту відгонку з використанням тепла пари наступному рівні для підігріву продукту, що надходить в попередню щабель. Щоб збільшити середню різницю температур в теплообмінниках, в наступних щаблях підтримують більш високий тиск.

На установках, де застосовуються трубчасті печі, тепло, необхідне для відгону розчинника з екстрактного розчину, вноситься шляхом циркуляції залишків з випарників через змійовики печей.

Остаточне видалення розчинників з екстракту проводиться у відпарній колоні відкритою парою.

Регенерація тепла екстракту, що виходить з відпарної колони, не виправдовує себе, так як він складає дуже незначний відсоток від розчину.

1.2. Технологія процесу очищення масел розчинником

Застосування фенолу для очищення масел так само, як і застосування фурфуролу, займає одне з перших місць серед установок, що використовують селективні розчинники.

Фенол утворює з водою азеотропну суміш з точкою кипіння 98°C , що містить 9% (вага.) Фенолу.

Фенол токсичний і викликає опіки. Володіє середньої селективністю і великий розчинюючої здатністю. Синтетично виготовляється з бензолу, виходить також у великій кількості з кам'яновугільних смол. При підвищених температурах у присутності води фенол діє на вуглецеві сталі. Найбільш схильні до корозії апарати вимагають застосування легованих сталей.

При фенольній очищення знижується також вміст сірки. Залежно від виду сировини і способу обробки воно знижується на 30-50%.

Фенол застосовується для очищення дестилатів, а також залишкових масел після попередньої деасфальтизації останніх пропаном.

Фенол застосовується як для парафіністих масляних фракцій, так і для масел, що не містять парафіну. Для очищення фенолом його потрібні помірні кількості. Температурний меж екстракції фенолом обмежується, з одного боку, критичною температурою розчинення фенолу в маслі, з іншого - температурою кристалізації фенолу. Надмірне підвищення температури екстракції не вигідно, так як різко падає вихід рафіната. Зазвичай температура

екстракції фенолом в залежності від сировини коливається в межах 50-100 ° С.

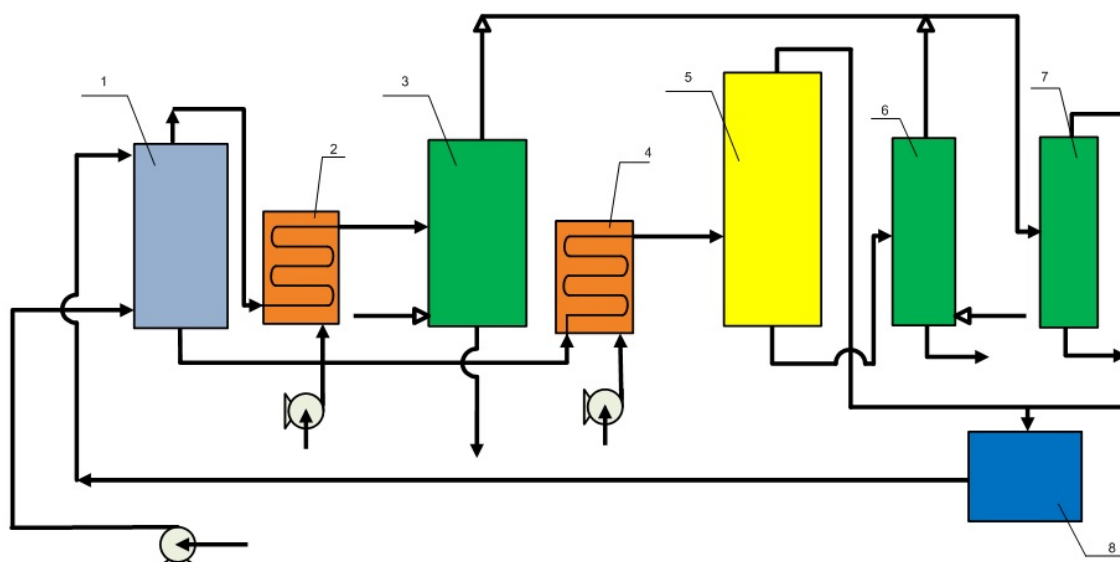
Перші установки очищення фенолом були типу багатоступінчастої протиточної системи змішувачів і відстійників. Надалі стали віддавати перевагу екстрактор вертикального типу, що складається з колони, в якій здійснюється температурний градієнт між верхом і низом колони.

Криві одноразового випаровування для рафінованого розчину, що містить 15% фенолу, і екстрактного розчину з вмістом 72% фенолу .

Регенерація розчинника з екстрактного розчину здійснюється в три ступені: відсмоктується з низу колони, розчин надходить в сушильну колону, потім, піддається процесу відгону розчинника в колоні і далі остаточної відпарки парів розчинника водяною парою . Основним розчинником є фенол.

Вихідна сировина обробляється розчинником в екстракційній колоні - 1. Рафінат, що містить деяку кількість розчинника, нагрівається в теплообміннику - 2, в колоні - 3 розчинник відганяється від рафіната. Екстрактний розчин нагрівається в теплообміннику - 4. Основна маса розчинника відганяється від екстракту у випарнику - 5, решта в колоні - 6, з якої знизу відводиться екстракт. Безводний розчинник з верхньої частини випарників - 5 надходить після конденсації в ємність - 8, з якої знову надходить в очисну систему.

У колонах 3 і 6 відбувається повна відпарювання розчинника від рафіната і екстракту за допомогою водяної пари. Отримувані суміші парів розчинника і водяної пари надходять в колону - 7, де розчинник відділяється від води. Сухий розчинник направляється в ємність -8, вода - в каналізацію або в пароутворювачі для виробництва пари, що надходить знову у випарні колони.



1 – екстракційна колона; 2,4 – теплообмінник; 3,6 – колона для відгону розчинника від рафінату, 7 – колона для відгону розчинника від води; 5 – випарник; 8 – ємність для розчинника .

2.Опис та математична модель теплообмінника

2.1. Опис теплообмінника

На нафтопереробних заводах найчастіше застосовують кожухо-трубні теплообмінники. В даному випадку розглядається кожухо-трубний теплообмінник, в якому одне середовище проходить по трубках, а інша по міжтрубному просторі перпендикулярно трубкам. Далі, ще розглядаються середови-

ща, які не змінюють свого агрегатного стану, тобто все переходить в тепло, яке використовується для зміни температури середовища. Термін «середовище» відноситься як до рідин, так і до парів.

При проектуванні, в теплообмінник прагнуть розмістити максимальне число трубок. В основному кожухо-трубний теплообмінник складається з:

а) пучка трубок круглого поперечного перерізу, розташованих на близькій відстані один від одного; б) пустотілого кожуха, що містить пучок труб; в) поперечних перегородок, розташованих на рівній відстані один від одного по довжині пучка труб і мають сегментні вирізи. Вирізи в поперечних перегородках розташовуються по черзі, зверху до низу кожної наступної перегородки і забезпечують поперечний по відношенню до труб потік робочого середовища в апараті. На рис.1 представлений тип конструкції кожухо-трубних теплообмінників з нерухомими трубними ґратами. В апараті цього типу передбачено мінімальну відстань між пучком труб і внутрішньою поверхнею корпусу. Конструкція є досить простою, оскільки пучок труб приварений до корпусу.

Такий тип конструкції апарату неприйнятний при виготовленні трубок, наприклад, з адміралтейського сплаву в сталевому корпусі, так як трубки, володіють більш високим коефіцієнтом розширення, ніж корпус, і можуть при надмірному розширенні послабити свої вальцювальні з'єднання в трубних решітках та внаслідок цього утворити потік рідини. Крім того, при такому з'єднанні трубки решітки з корпусом, ускладнюється періодична чистка зовнішніх стінок труб, необхідна при їх сильному забрудненні.

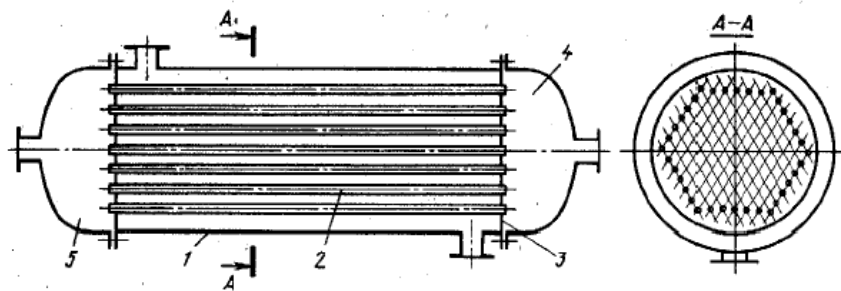


Рис. 2.1.1. Теплообмінник з нерухомими привареними трубними ґратами.

1 – трубний пучок; 2 – теплообмінні труби; 3 – трубна решітка;
4,5 - розподільні камери;

2.2. Математична модель теплообмінника

Рис. 2.2.1. Схема кожухотрубного теплообмінника:

$\Theta_{\text{вх}}^V, \Theta_{\text{вих}}^V, G^V$ — температури грійної води на вході та виході, витрати води відповідно;
 $\Theta_{\text{вх}}^m, \Theta_{\text{вих}}^m, G^m$ — температури оливи на вході та виході, витрата оливи відповідно.

Припущення:

- в середині теплообмінника в міжтрубному просторі відбувається інтенсивне перемішування, а тому приймемо, що температура в міжтрубному просторі (Θ^{mp}) однакова і є усередненою між входом і виходом грійної води;
- втратами у довкілля знехтуємо;
- зміна фаз не відбувається;
- зміна теплофізичних властивостей матеріалу незначна.

Тоді рівняння, що описує теплообмін в кожній трубі для оливи матиме вигляд:

де G_t^m – витрати оливи в трубі; n – кількість труб;

де dm – внутрішній діаметр труби, dx – елементарний крок по довжині труби, α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від труби до мастила.

Рівняння, що описує теплообмін кожної труби, матиме вигляд:

де σ – товщина труби, α_2 — коефіцієнт тепловіддачі від труби до грійної води.

Рівняння, що описує поведінку матеріалу в міжтрубному просторі, матиме вигляд:

де

Після скорочень і перетворень в дискретній формі рівняння динаміки матимуть вигляд:

Рівняння, що описує теплообмін мастила:

де ν – крок за часом, s – крок по довжині труби.

Виразивши температуру мастила в наступний момент часу, отримаємо:

Рівняння, що описує теплообмін кожної труби, матиме вигляд:

Виразивши температуру труби між мастилом і грійною водою в наступний момент часу, отримаємо:

Рівняння, що описує поведінку матеріалу в міжтрубному просторі, матиме вигляд:

Виразивши температуру гріючої води в наступний момент часу, отримаємо:

В основному статичному режимі при параметрах, що наведені в таблиці 2.2.1, отримано наступні статичні характеристики:

Табл. 2.2.1. Параметри основного статичного режиму

| Параметр | Числове значення |
|---|------------------|
| Температура гріючої води на вході в теплообмінник | 100 °C |
| Температура гріючої води на виході з теплообмінника | 81,5 °C |
| Витрата гріючої води | 2 кг/сек |
| Температура мастила на вході в теплообмінник | 20 °C |
| Температура мастила на виході з теплообмінника | 47 °C |
| Витрата мастила | 1 кг/сек |

2.3. Дослідження динаміки при зміні температури масла

Характеристика розподілу в часі є статичною, що свідчить про встановлений (статичний режим роботи апарату). Розподіл температури мастила зображено на рисунках 2.3.1-2.3.2.

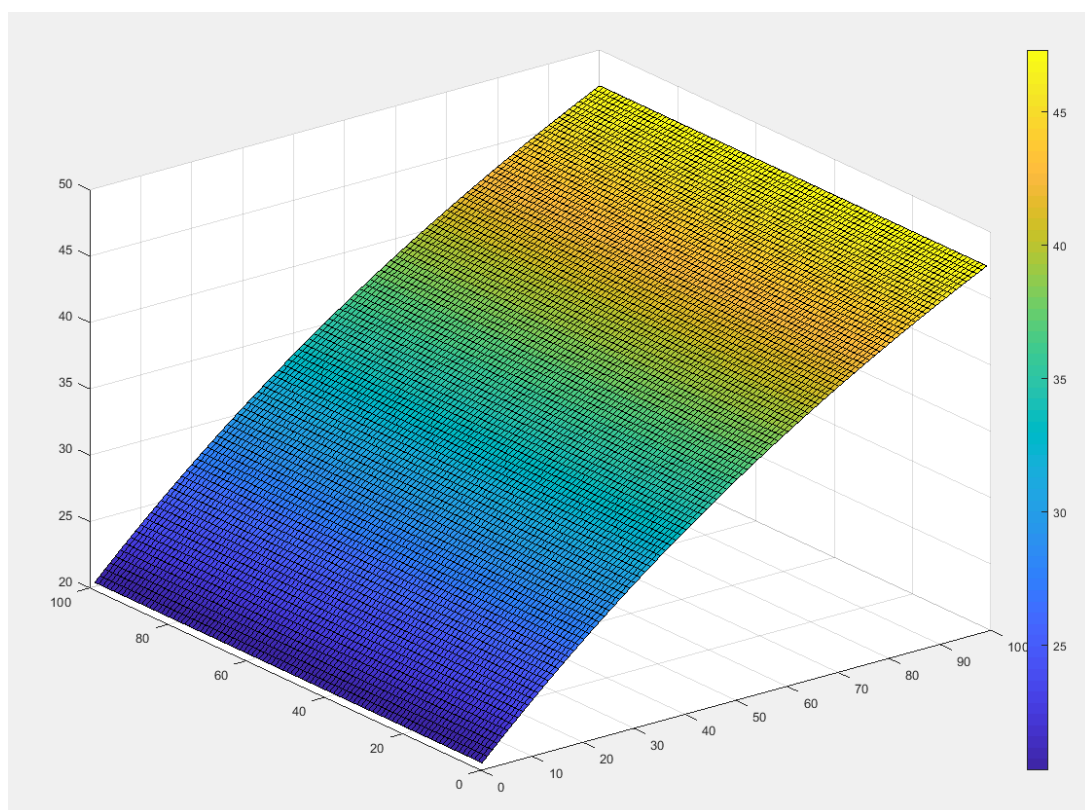


Рис. 2.3.1. Тривимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі за статичного режиму

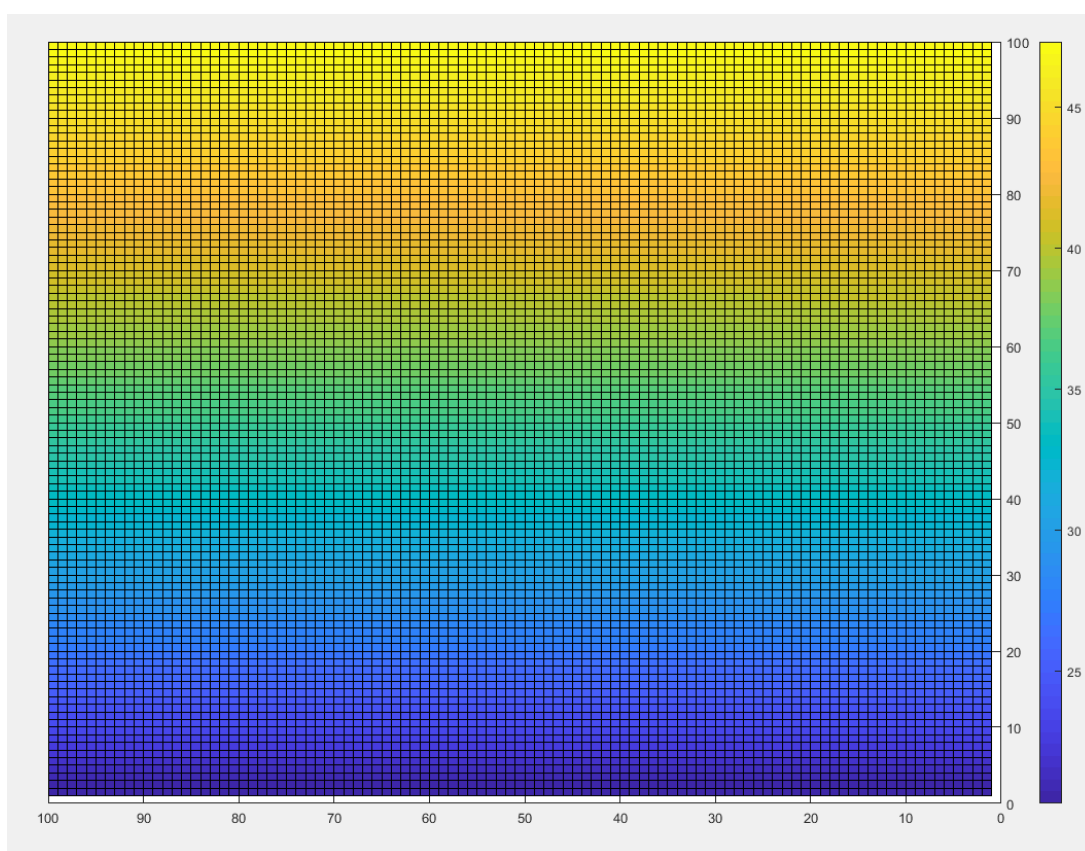


Рис. 2.3.2. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі за статичного режиму

Розподіл температури стінки трубопроводу зображено на рисунках 2.3.3-2.3.4.

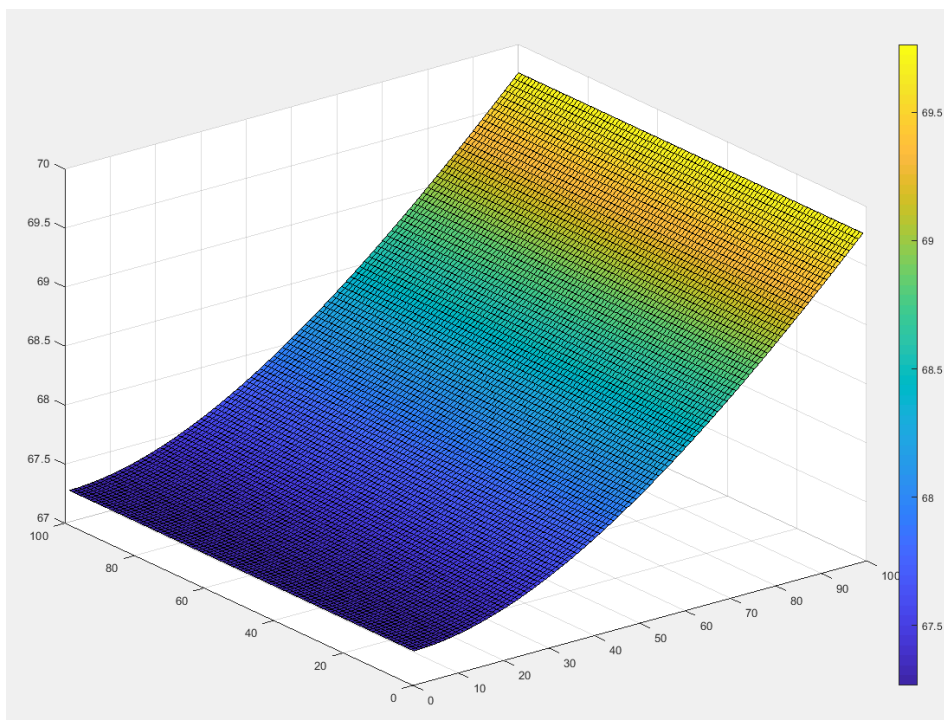


Рис. 2.3.3. Тривимірний розподіл температури стінки труби по довжині трубопроводу в часі за статичного режиму

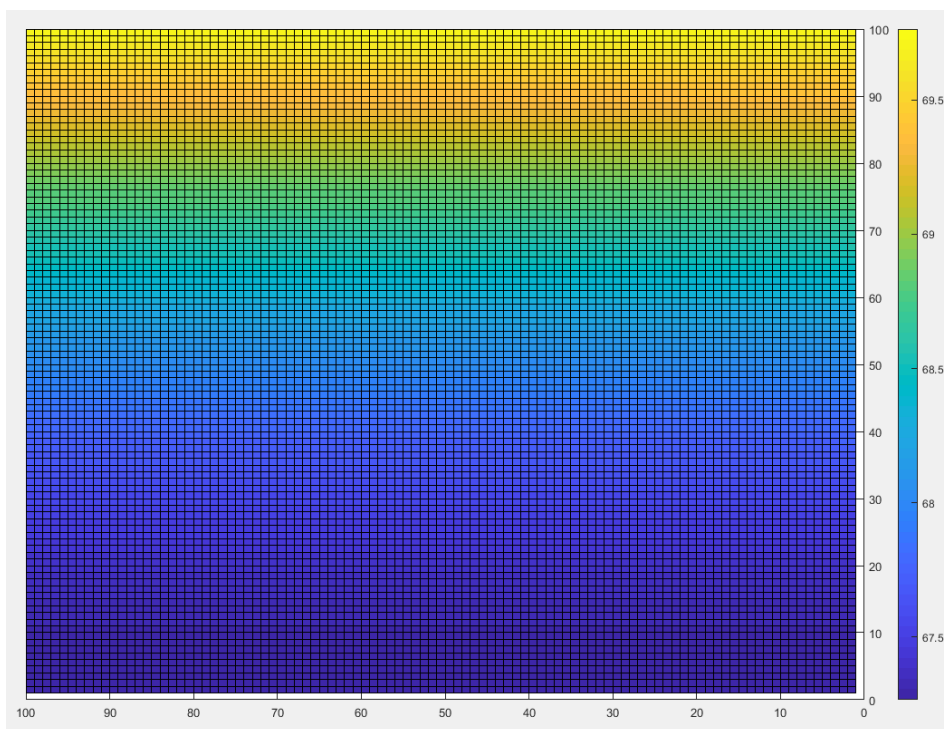


Рис. 2.3.4. Двовимірний розподіл температури труби по довжині трубопроводу в часі за статичного режиму

Тепер дослідимо зміну динаміки об'єкту при зміні витрати гріючого агента з 2 кг/сек до 4 кг/сек. Рисунки динаміки температури зображені на рисунках 2.3.5 – 2.3.12.

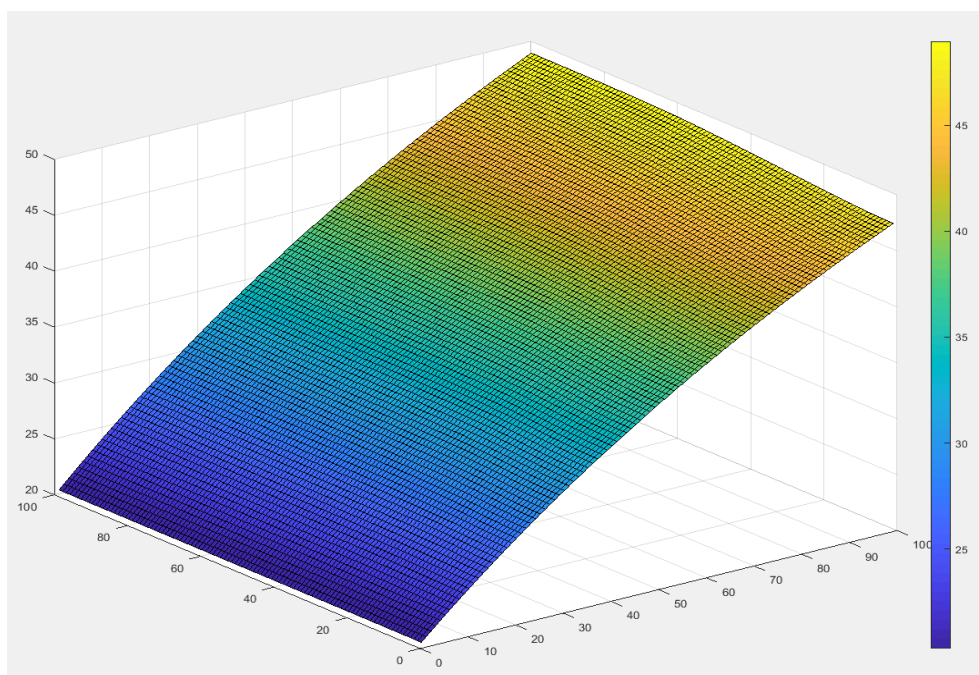


Рис. 2.3.5. Тривимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

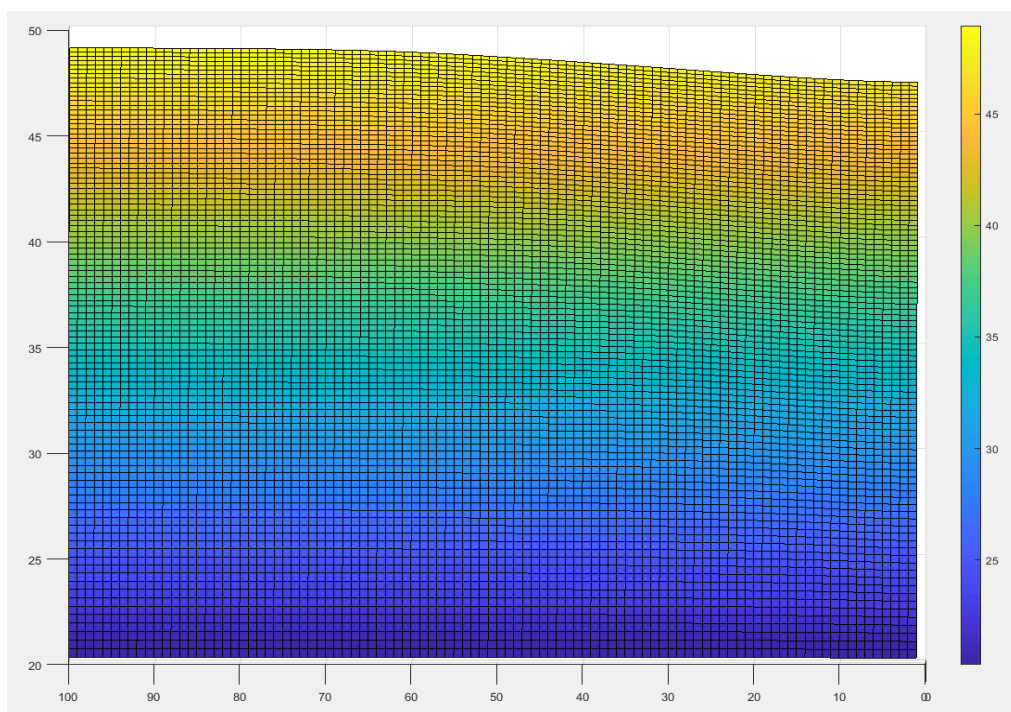


Рис. 2.3.6. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

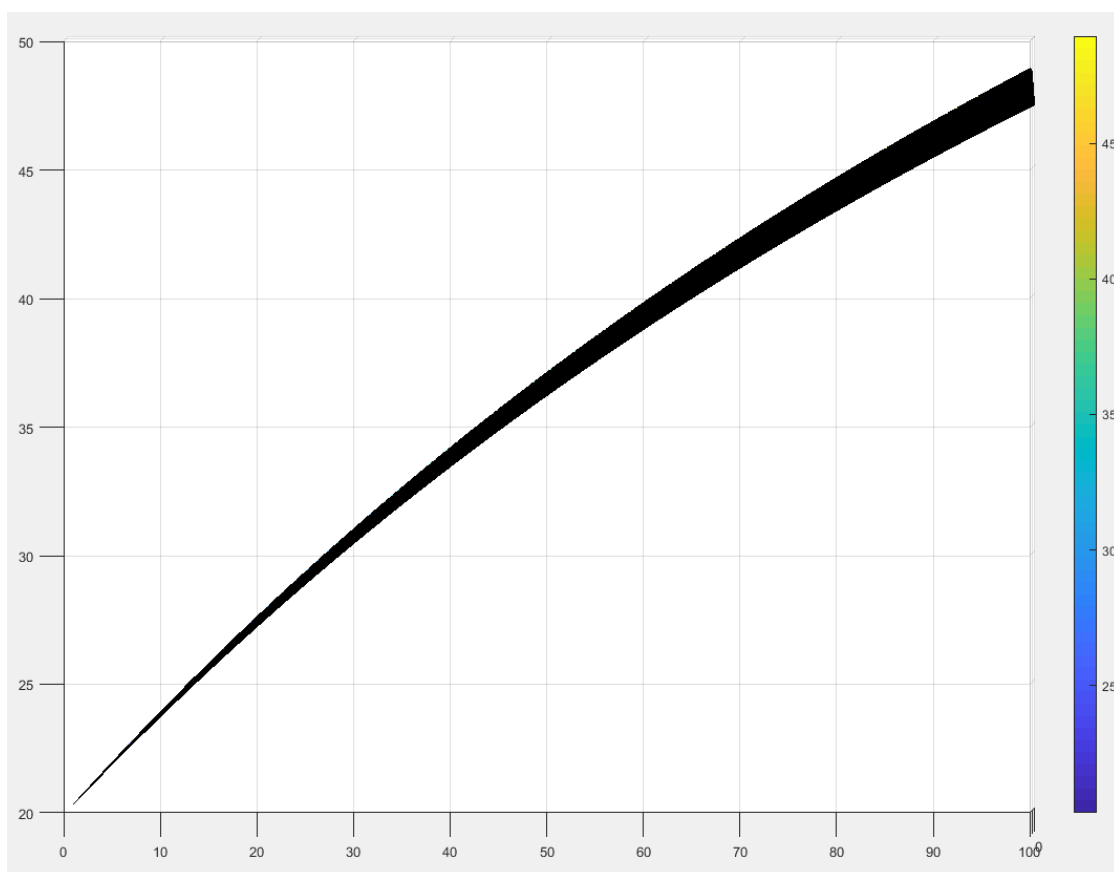


Рис. 2.3.7. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

Крива розгону в кінцевій точці трубопроводу ($L=5$ м) зображена на рисунку 2.3.8.

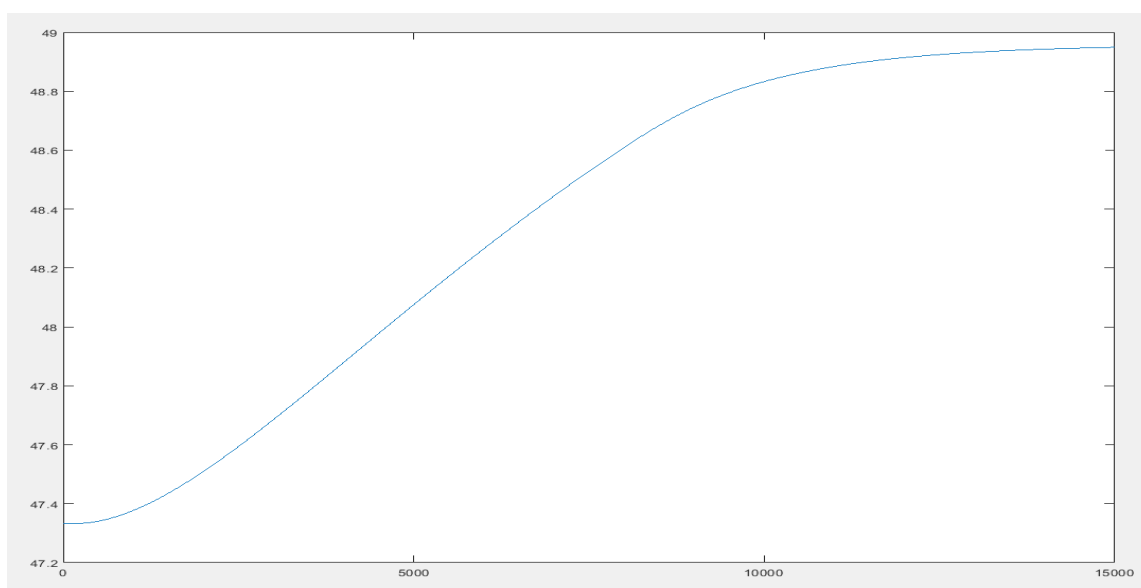


Рис. 2.3.8. Крива розгону температури мастила в точці $L=5$ м

Крива розгону в точці трубопроводу ($L=2$ м) зображена на рисунку 2.3.9.

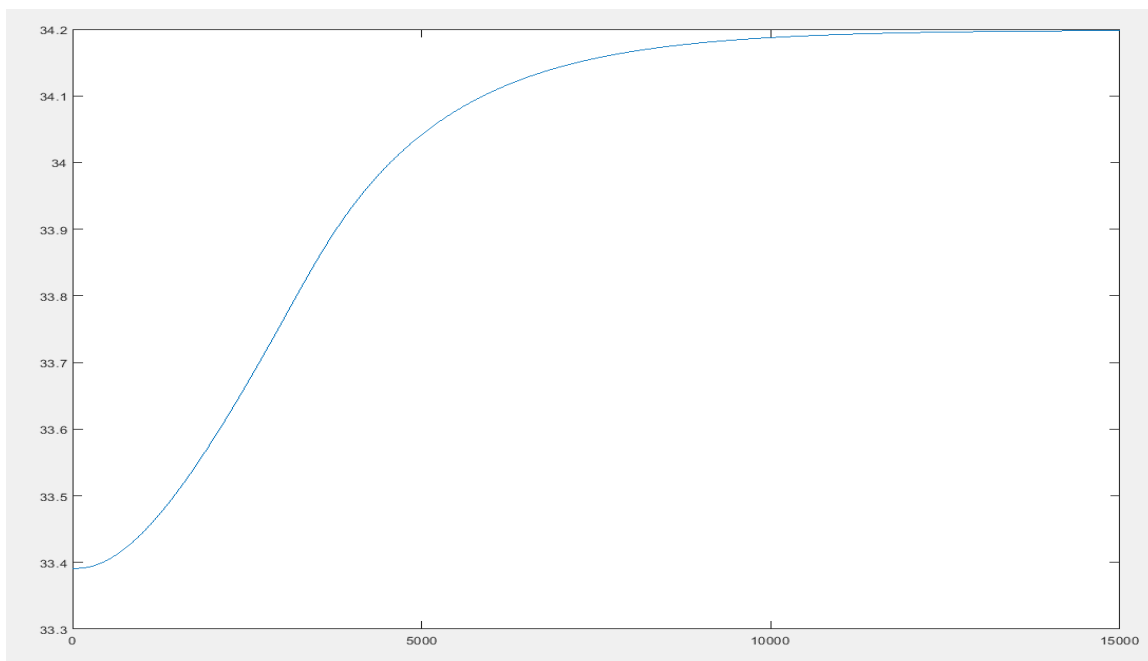


Рис. 2.3.9. Крива розгону температури мастила в точці $L=2$ м

2.4. Дослідження динаміки при зміні витрати гріючої води

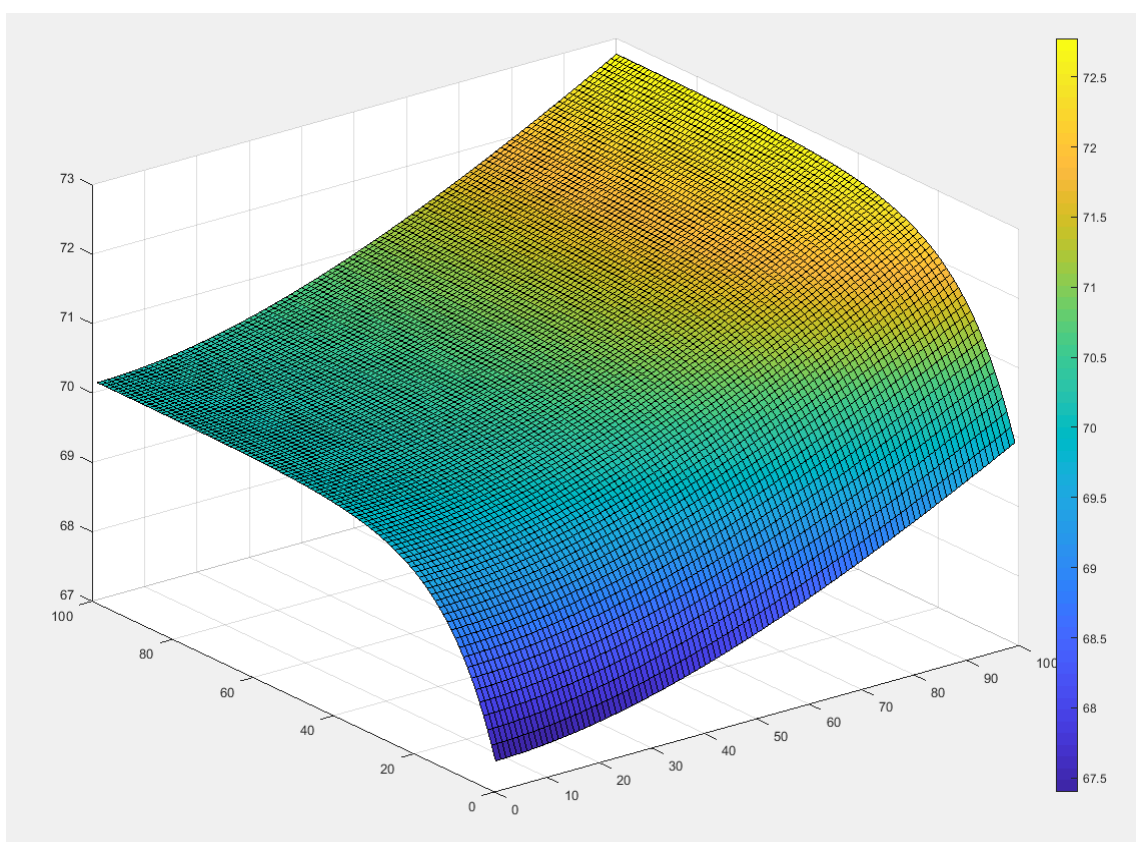


Рис. 2.4.1. Тривимірний розподіл температури стінки труби по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

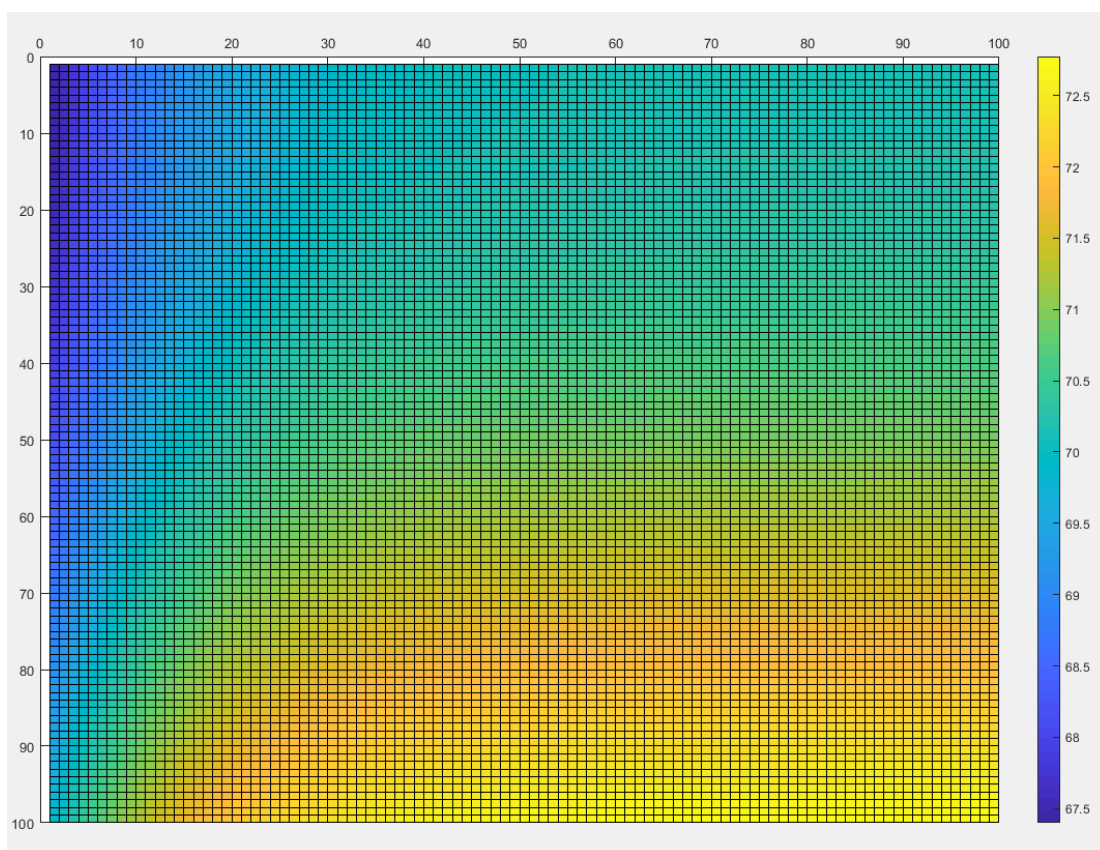


Рис. 2.4.2. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

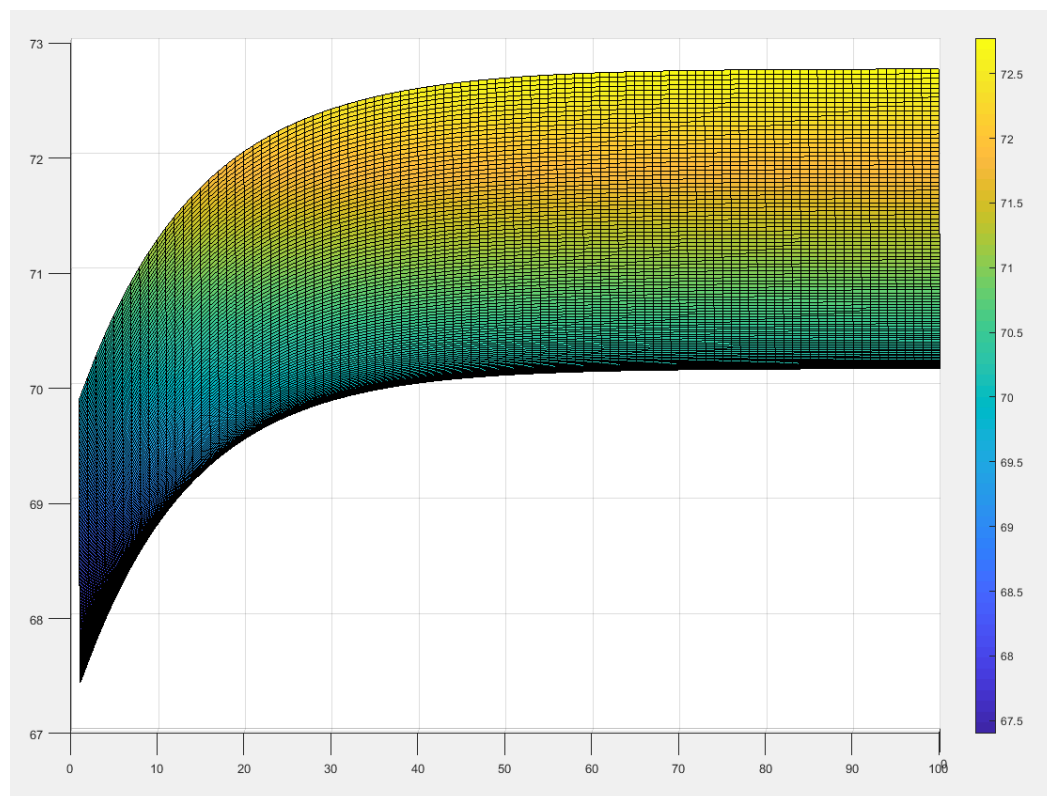


Рис. 2.4.3. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі за зміни витрати гріючої води с 2 до 4 кг/сек

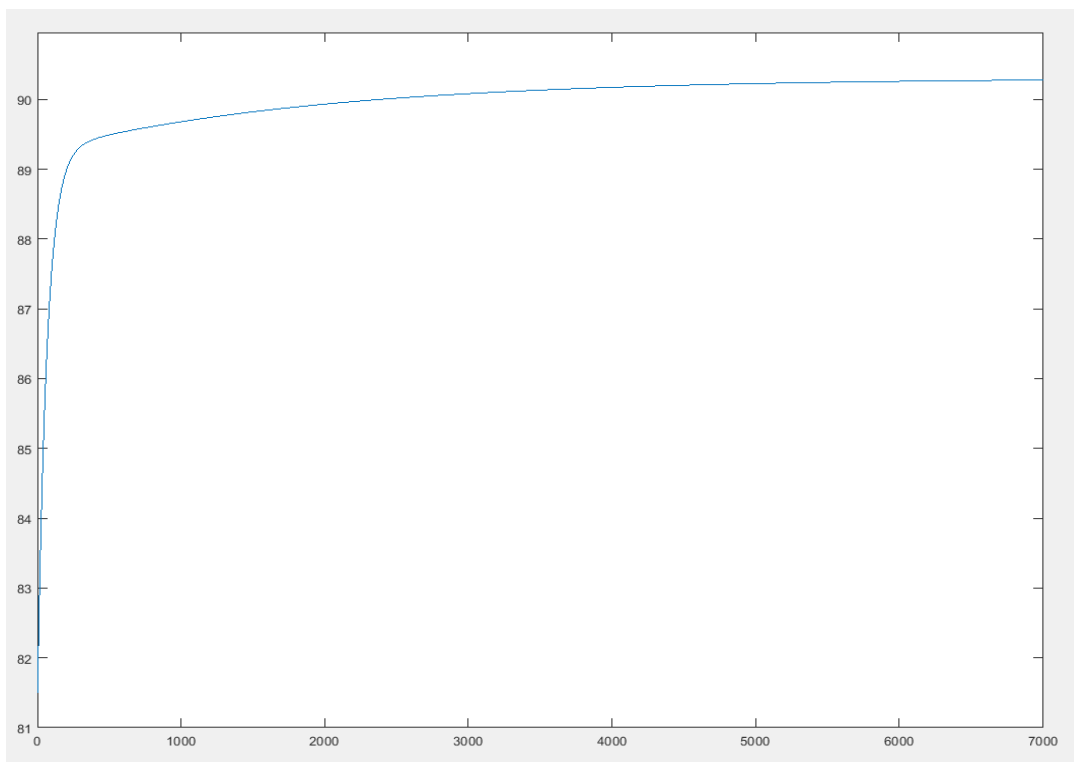


Рис. 2.4.4. Крива розгону температури грійної води за зміни витрати грійної води с 2 до 4 кг/сек

Для синтезу двоконтурної імпульсної системи керування, необхідно отримати передатні функції для кривих розгону температури мастила в точці $L=5$ м та $L=2$ м за зміни витрати грійної води с 2 до 4 кг/сек. Передатні функції за відповідними каналами наведено нижче. Графіки перехідних процесів зображено на рисунках 2.4.5 та 2.4.6.

Передавальна функція за каналом зміна витрати грійної води - температури мастила в точці $L=5$ м має вигляд:

Передавальна функція за каналом зміна витрати грійної води - температури мастила в точці $L=2$ м має вид:

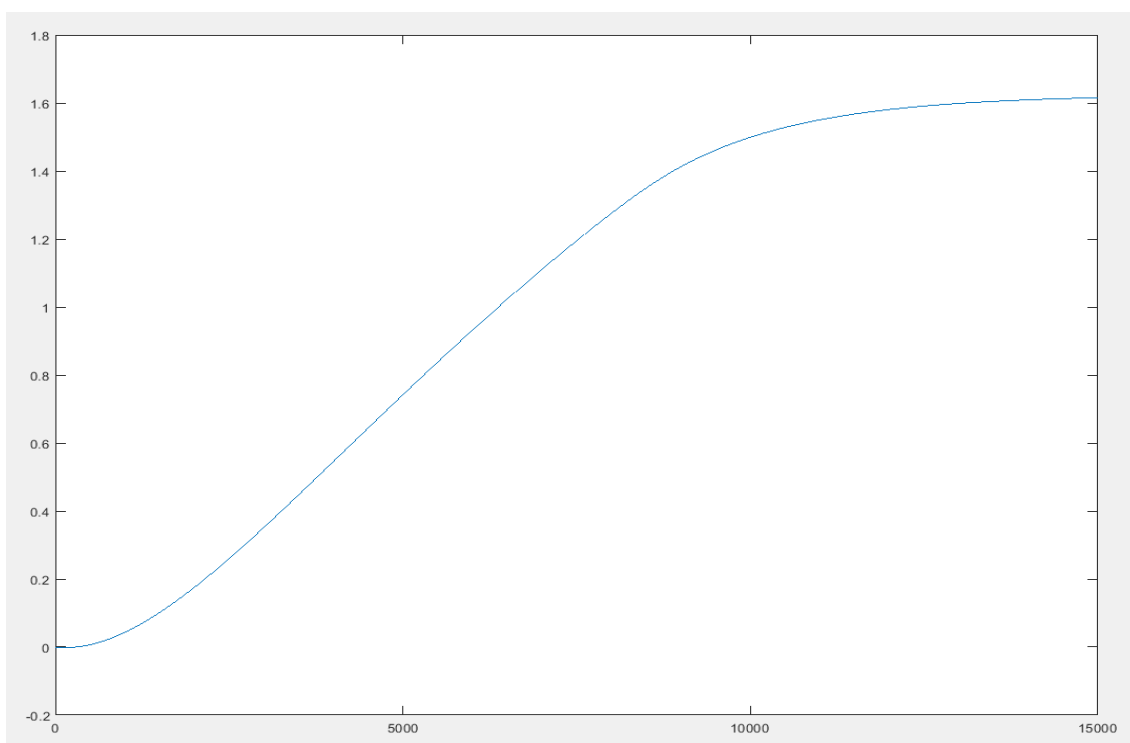


Рис. 2.4.5. Перехідна характеристика зміна витрати гріючої води - температури мастила в точці $L=5$ м

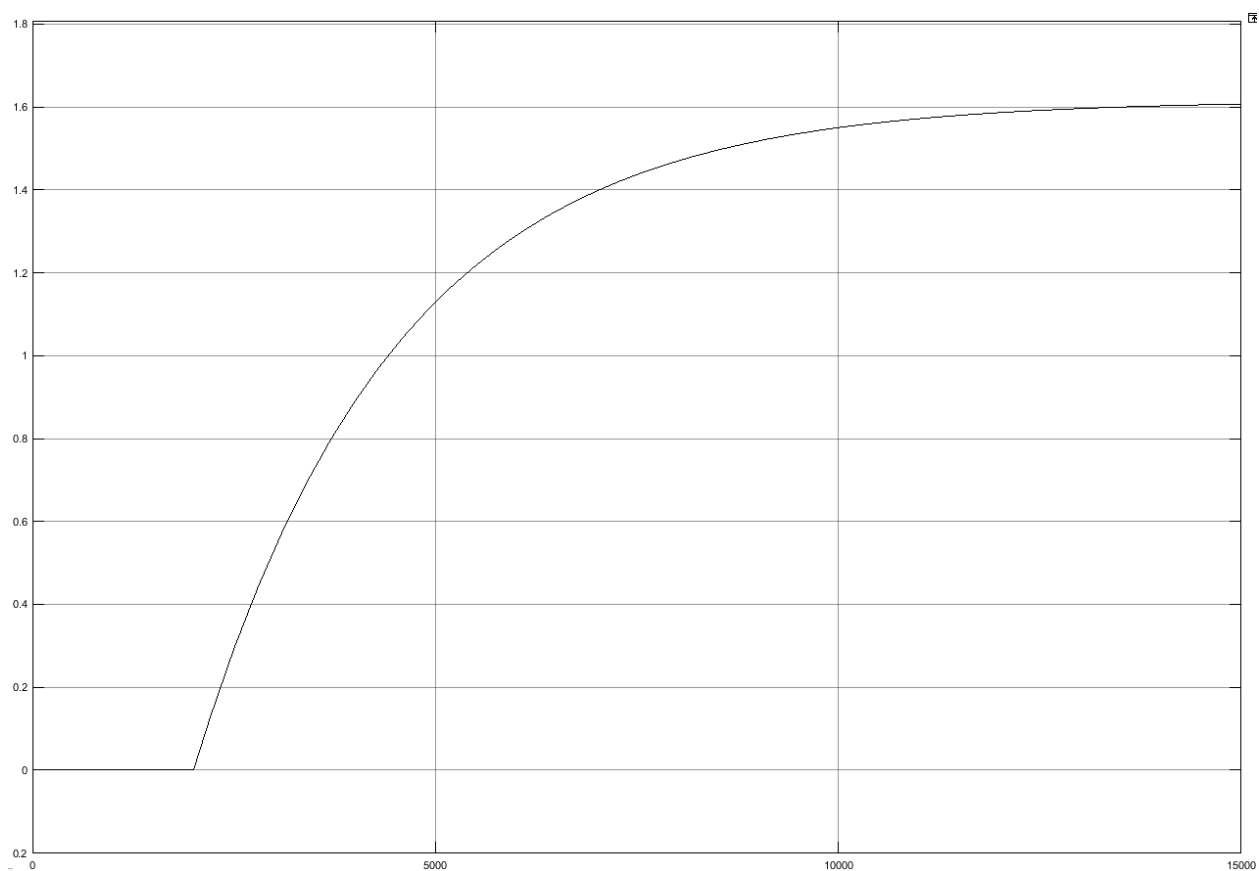


Рис. 2.4.6. Апроксимуюча перехідна характеристика зміна витрати гріючої води - температури мастила в точці $L=5$ м

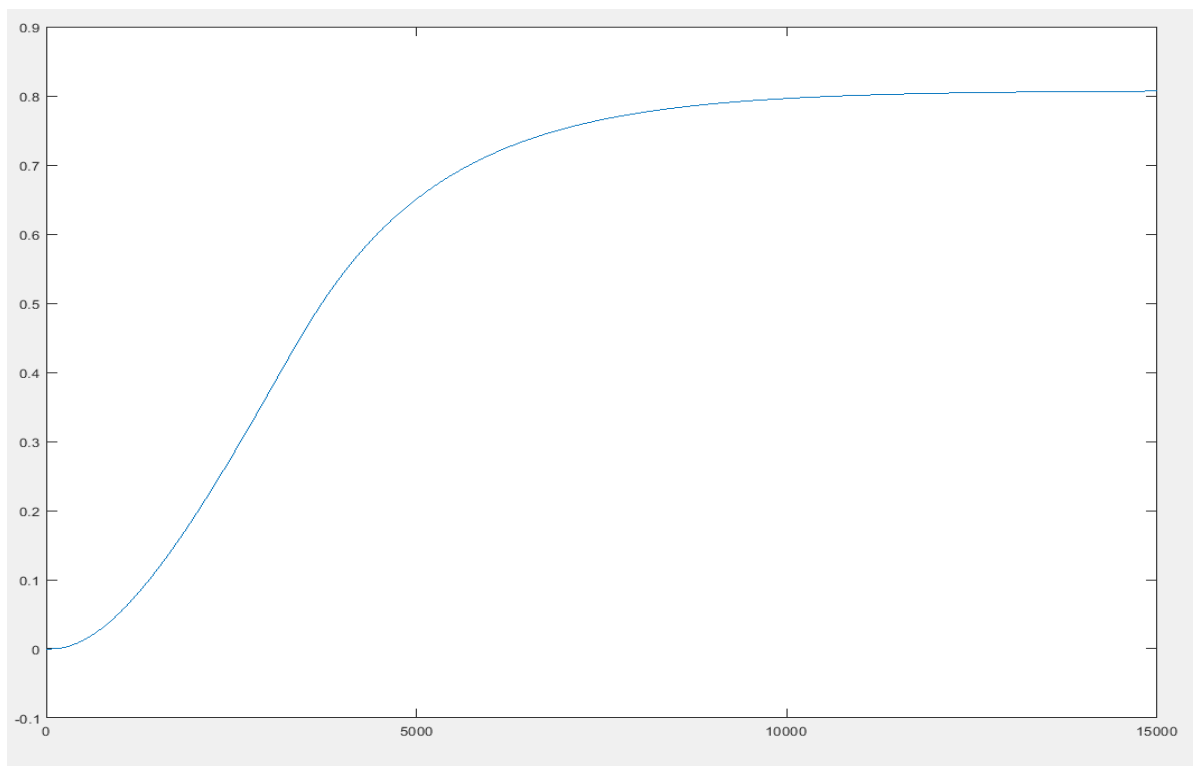


Рис. 2.4.7. Перехідна характеристика зміни витрати граючої води - температури мастила в точці $L=2$ м

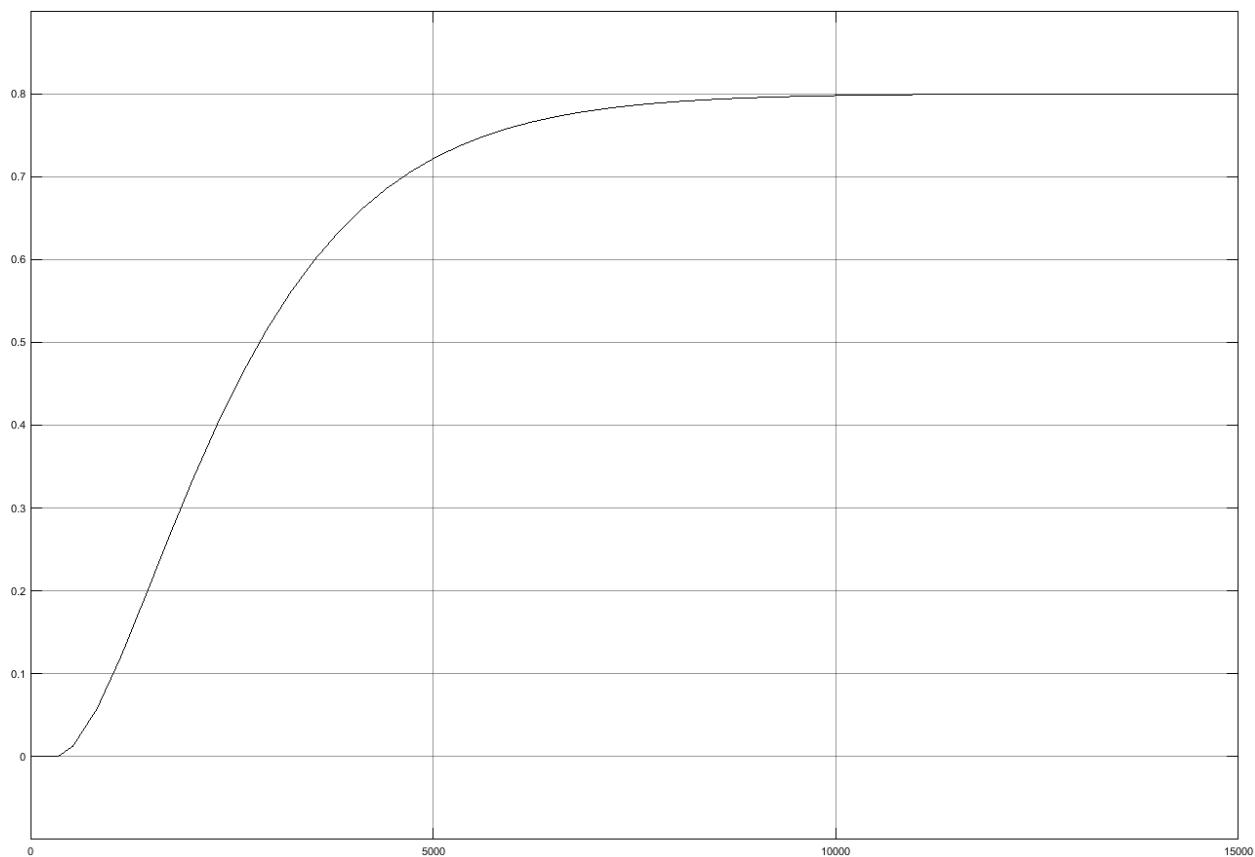


Рис. 2.4.8. Апроксимуюча перехідна характеристика зміни витрати граючої води - температури мастила в точці $L=2$ м

2.5. Дослідження динаміки при зміні витрати масла

Дослідимо зміну динаміки об'єкту при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек. Рисунки динаміки температури зображені на рисунках 2.5.1 – 2.5.8.

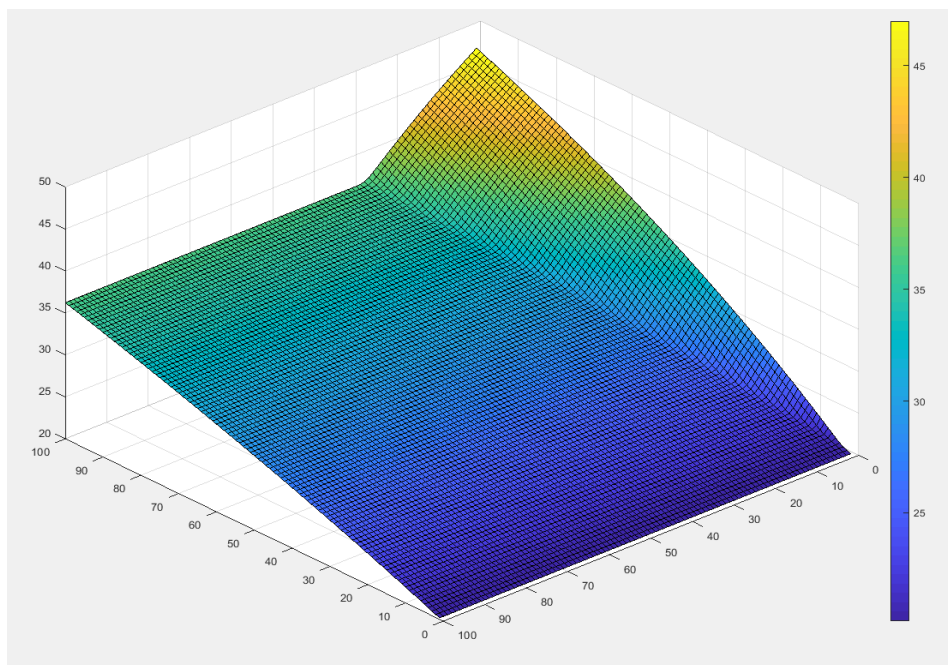


Рис. 2.5.1. Тривимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

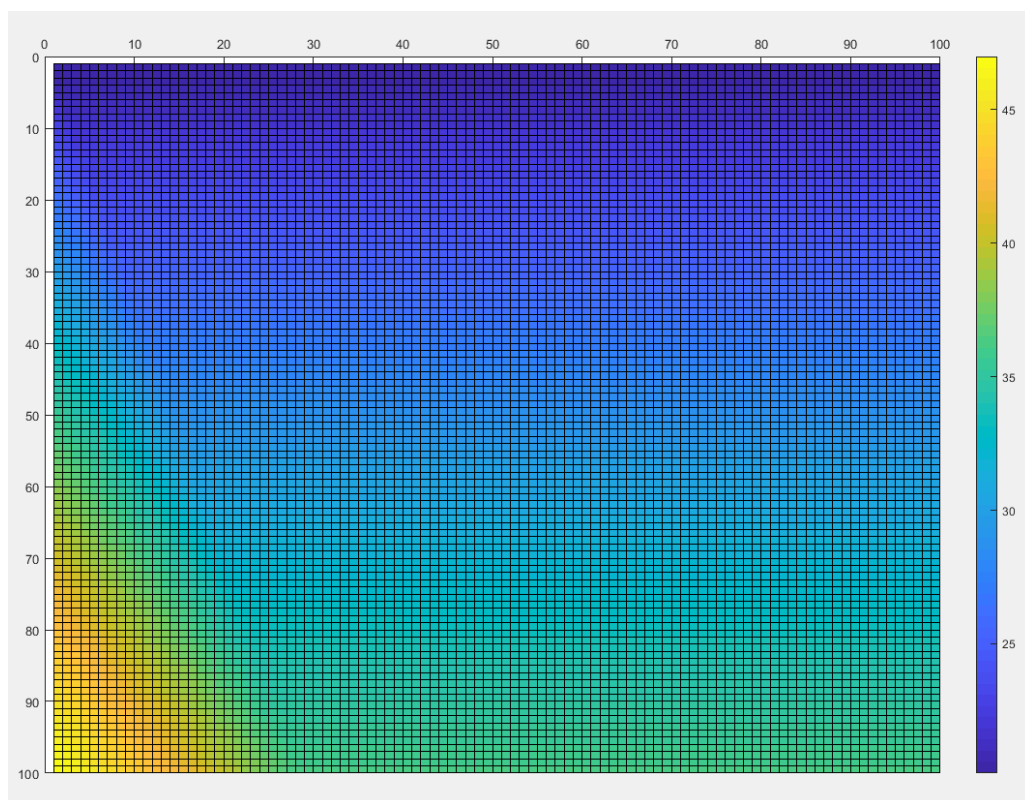


Рис. 2.5.2. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

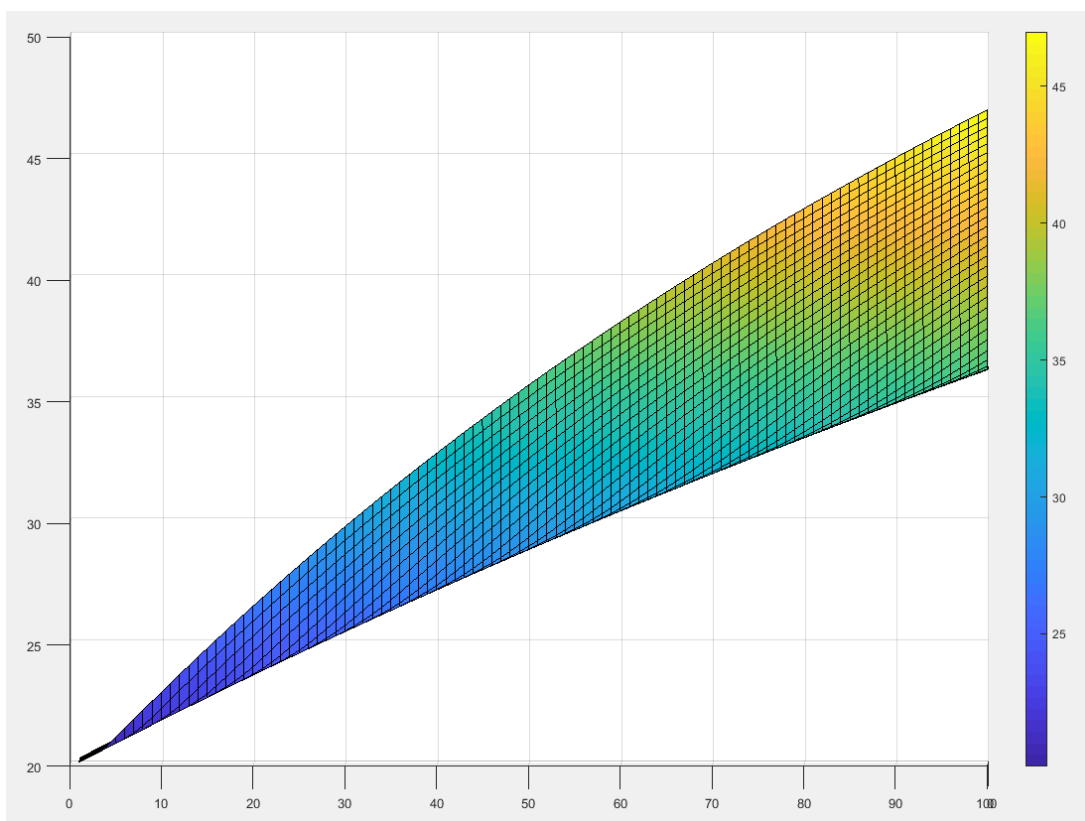


Рис. 2.5.3. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

Крива розгону в кінцевій точці трубопроводу ($L=5$ м) зображена на рисунку 2.5.4.

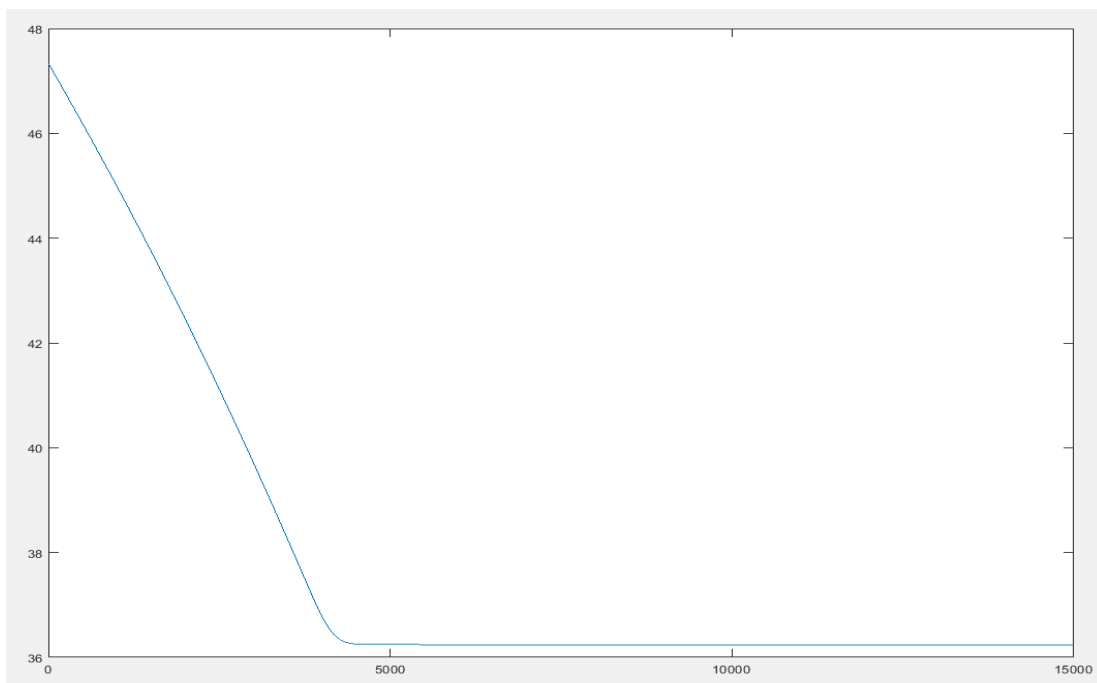


Рис. 2.5.4. Крива розгону температури мастила в точці $L=5$ м

Крива розгону в точці трубопроводу ($L=2$ м) зображена на рисунку 2.5.5.

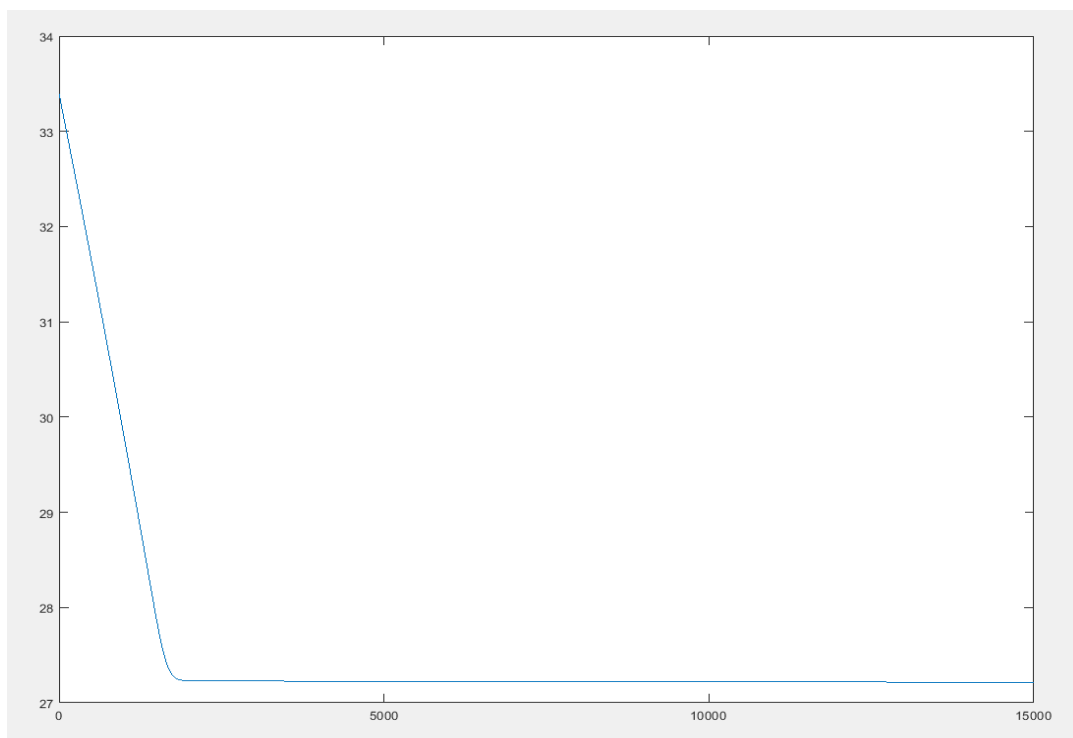
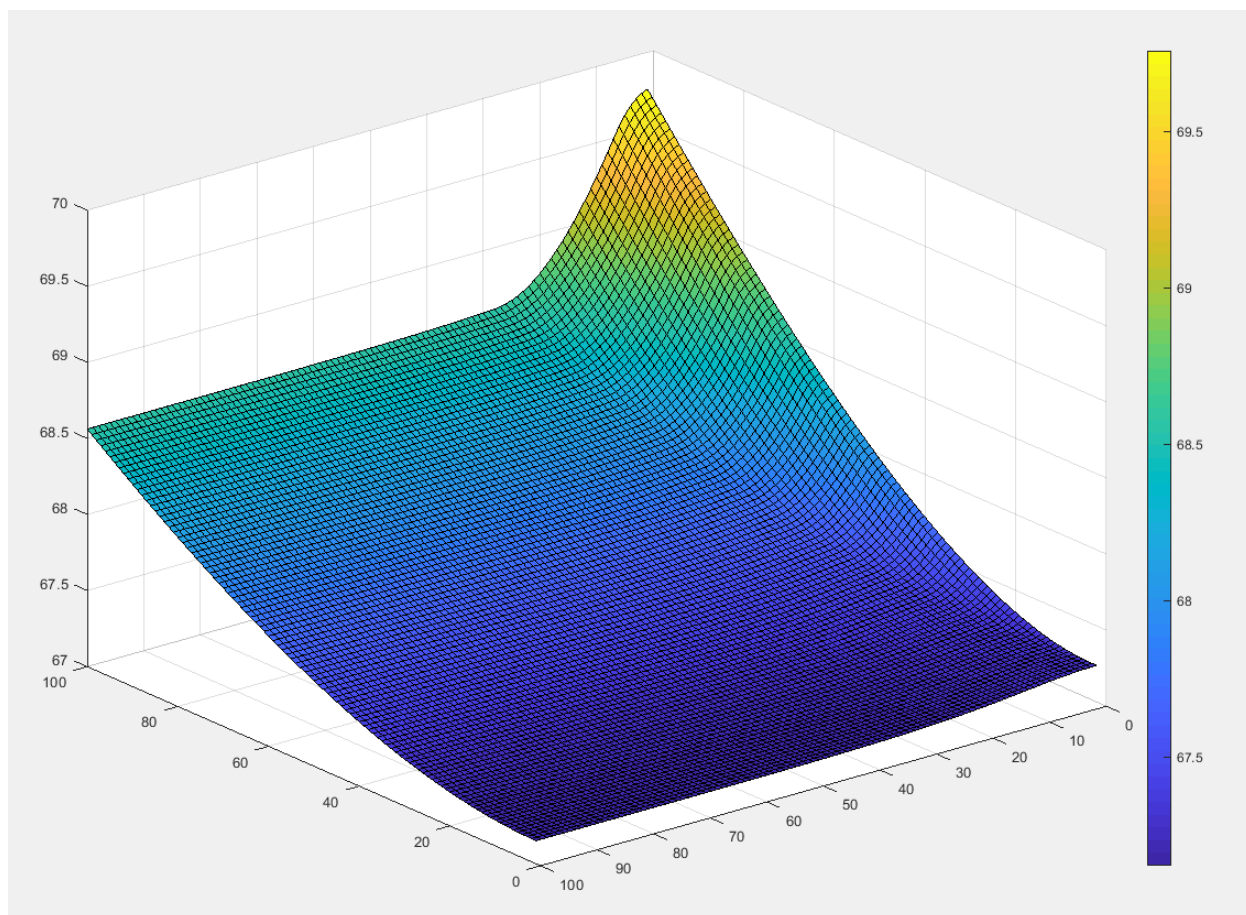
Рис. 2.5.5. Крива розгону температури мастила в точці $L=2$ м

Рис. 2.5.6. Тривимірний розподіл температури стінки труби по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

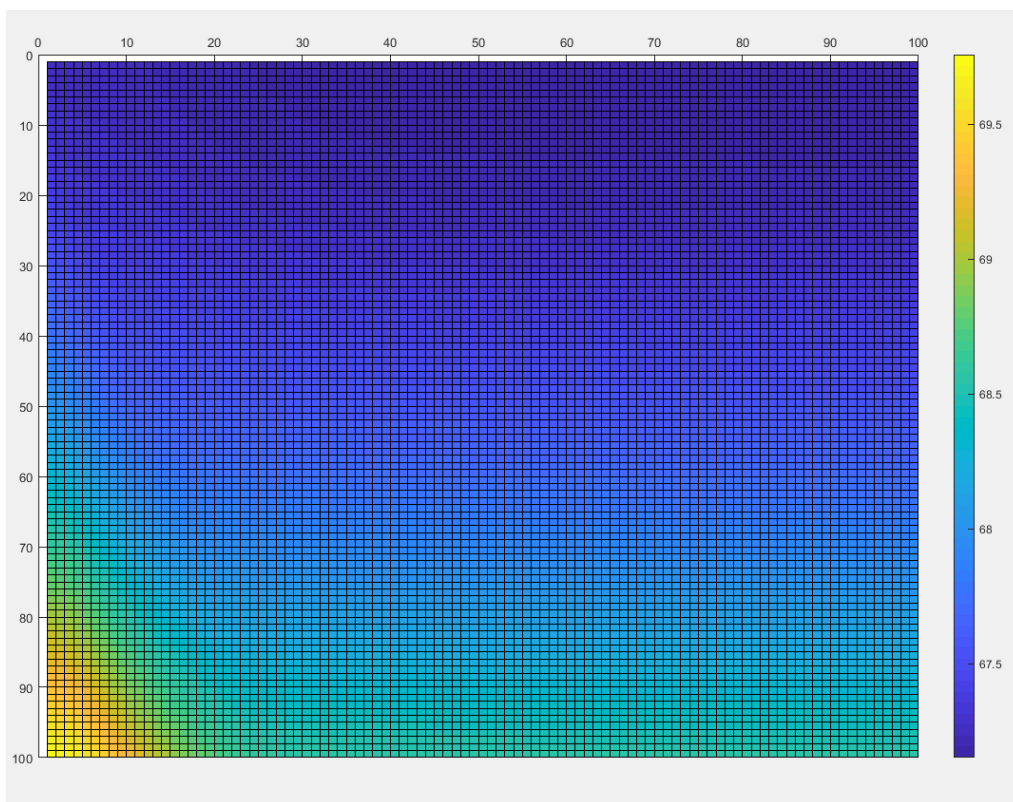


Рис. 2.5.7. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

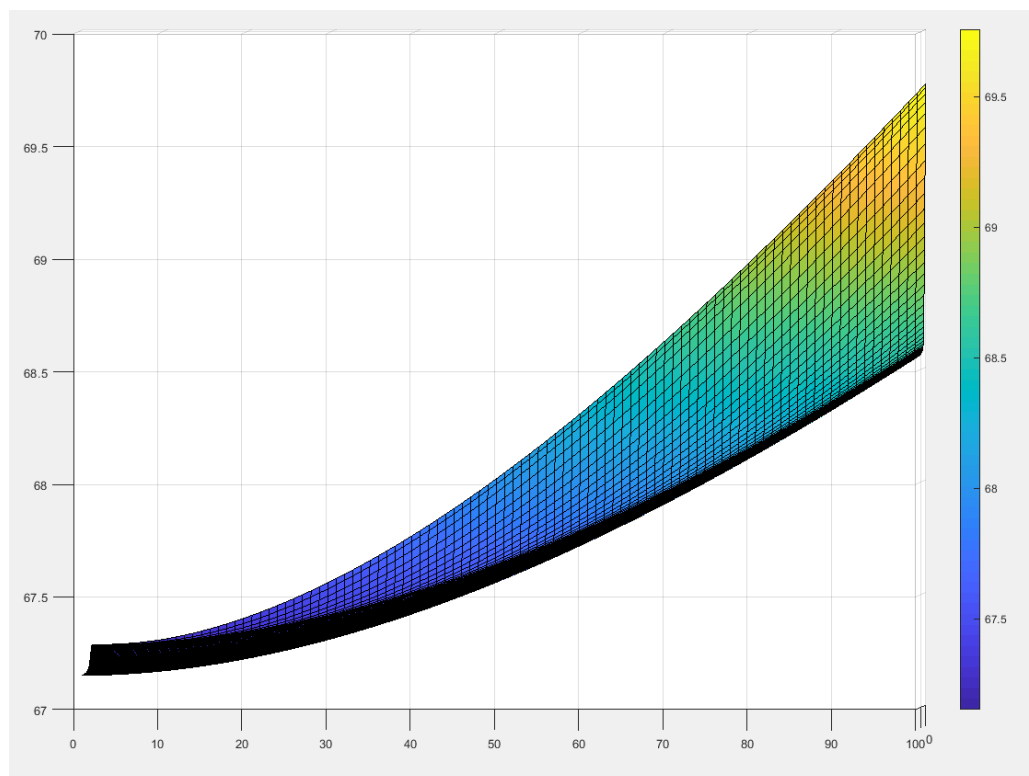


Рис. 2.5.8. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

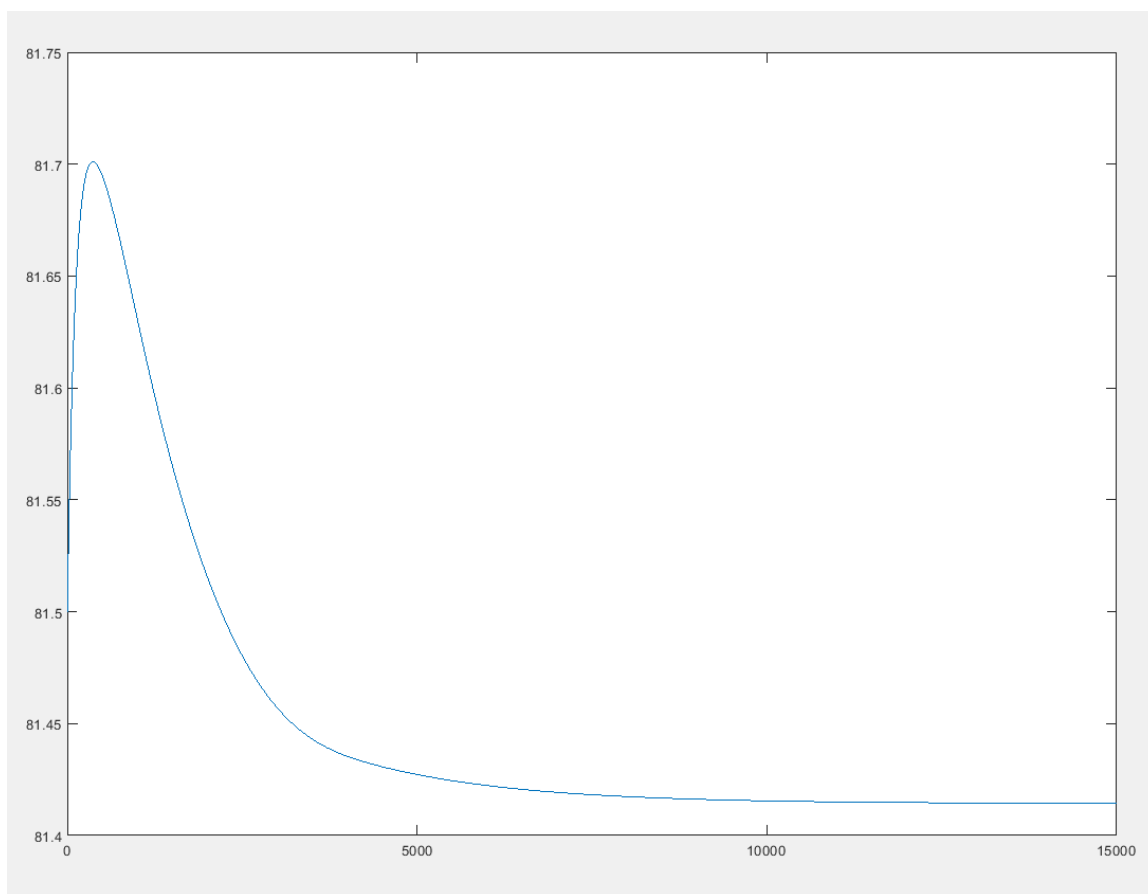


Рис. 2.5.9. Крива розгону температури грійної води при зміні витрати мастила з 1 кг/сек до 2 кг/сек

Тепер дослідимо зміну динаміки об'єкту при зміні температури грійної води з 100 до 90 °C. Рисунки динаміки температури зображені на рисунках 2.5.10 – 2.5.16.

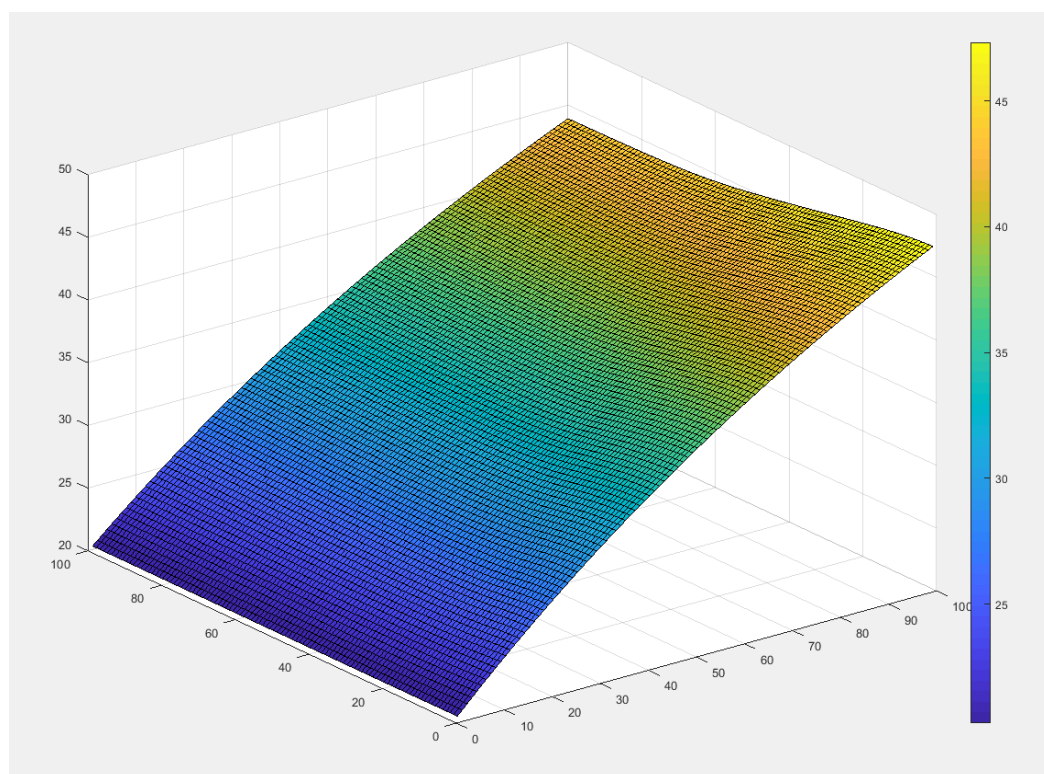


Рис. 2.5.10. Тривимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °С

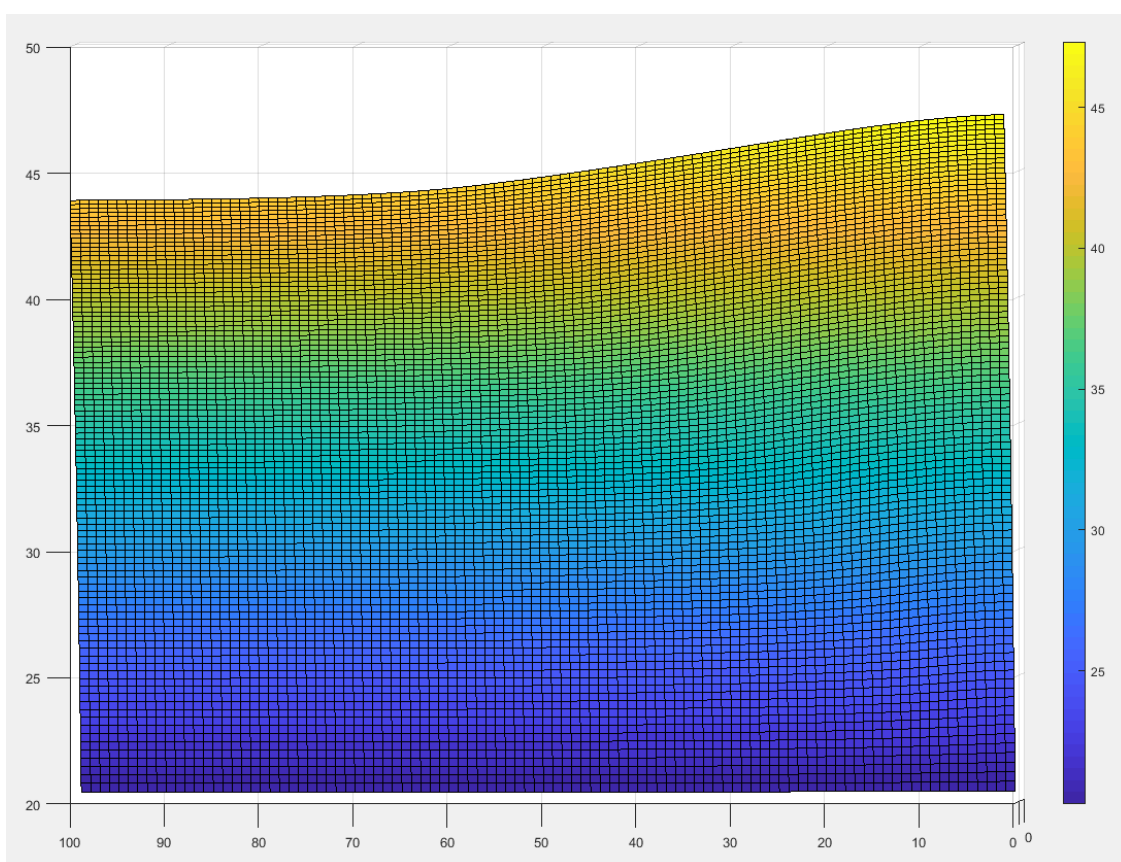


Рис. 2.5.11. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °С

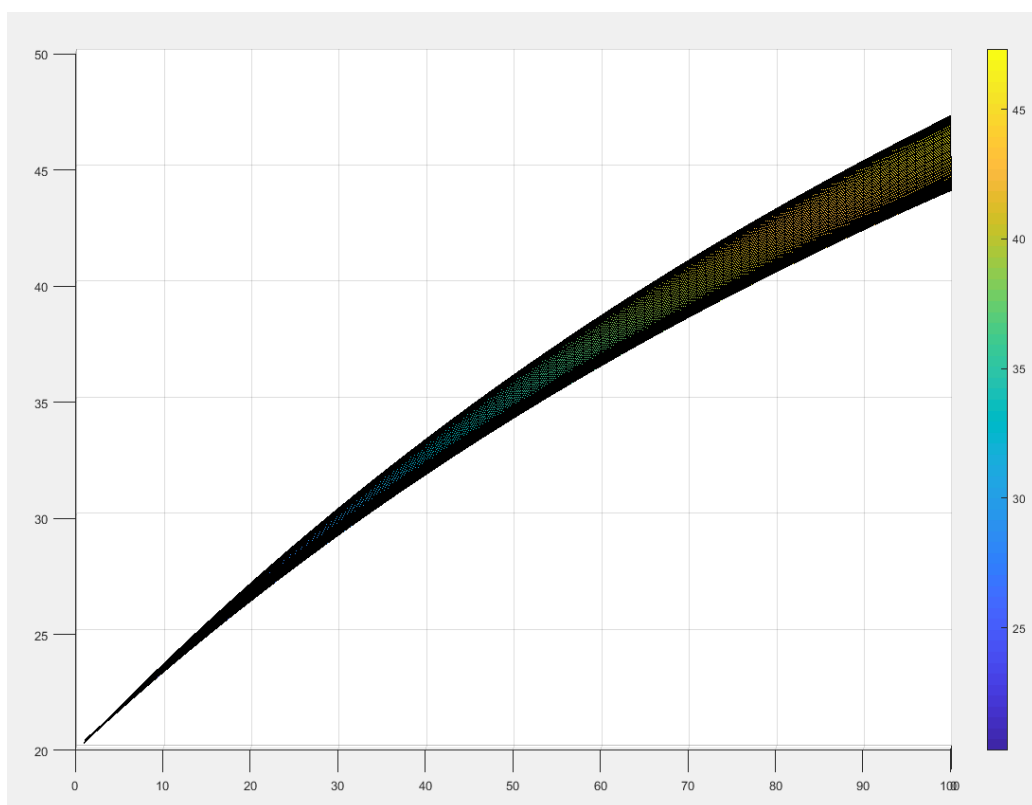


Рис. 2.5.12. Двовимірний розподіл температури мастила по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °С

Крива розгону в кінцевій точці трубопроводу ($L=5$ м) зображена на рисунку 2.5.13.

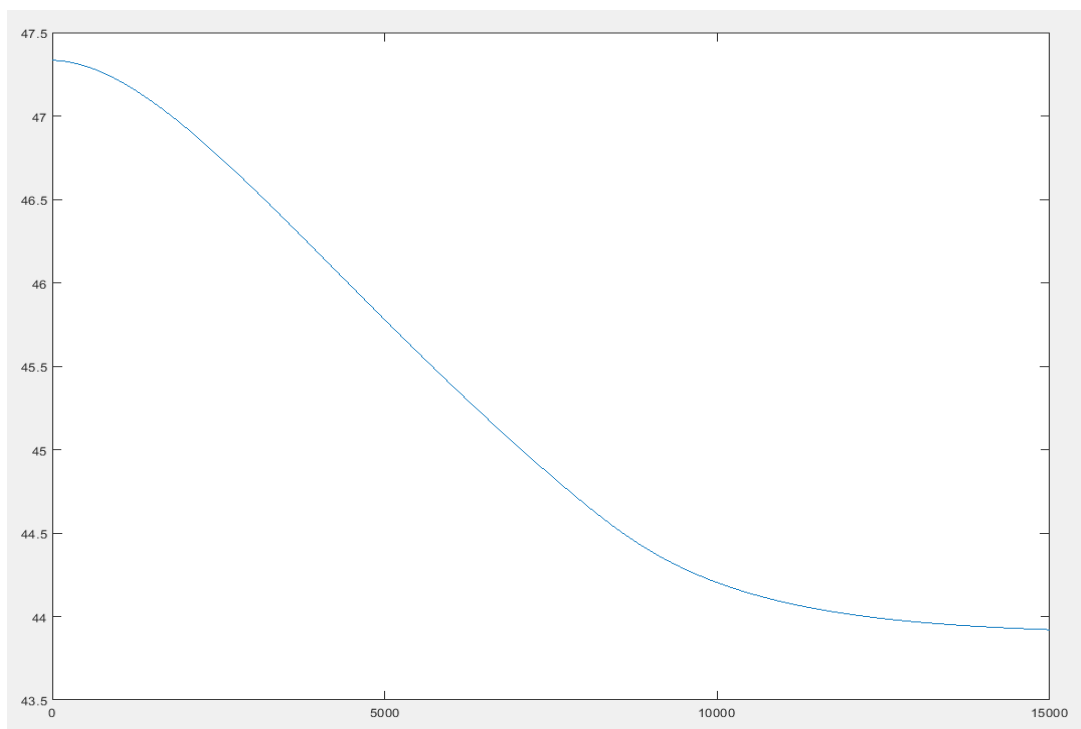


Рис. 2.5.13. Крива розгону температури мастила в точці $L=5$ м

Крива розгону в точці трубопроводу ($L=2$ м) зображена на рисунку 2.5.14.

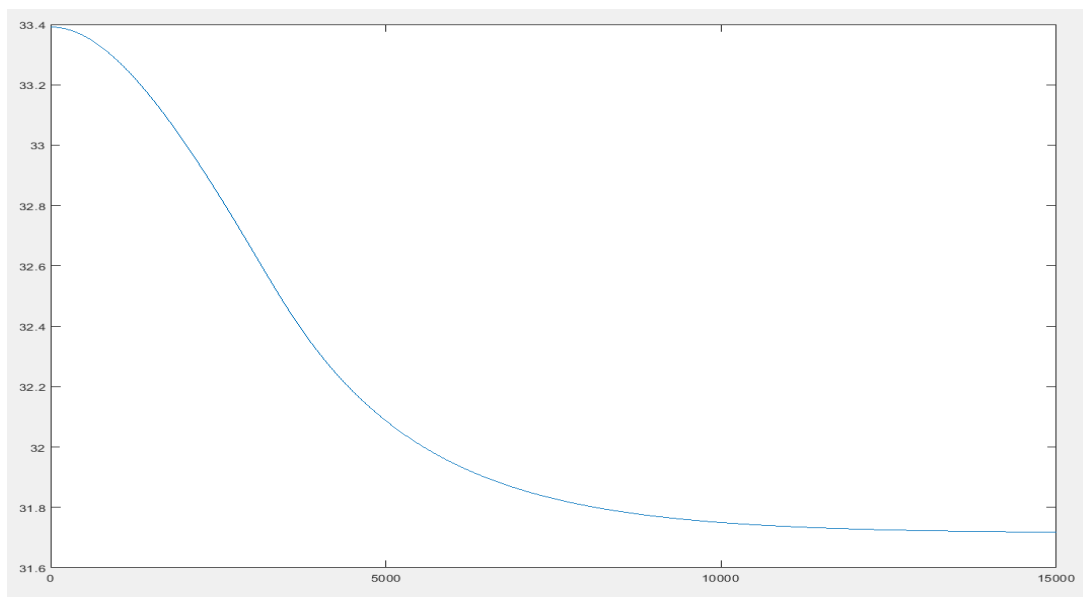


Рис. 2.5.14. Крива розгону температури мастила в точці $L=2$ м

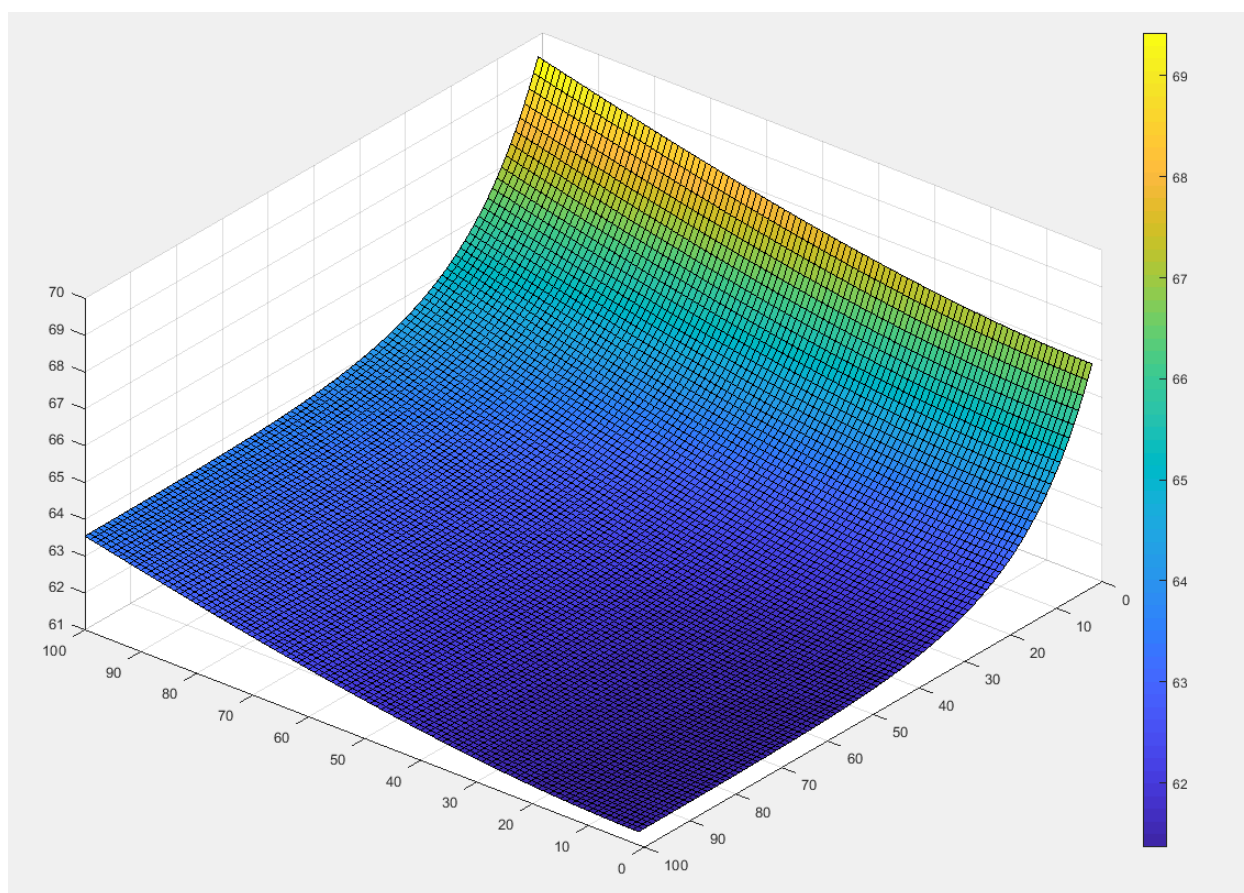


Рис. 2.5.15. Тривимірний розподіл температури стінки труби по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °C

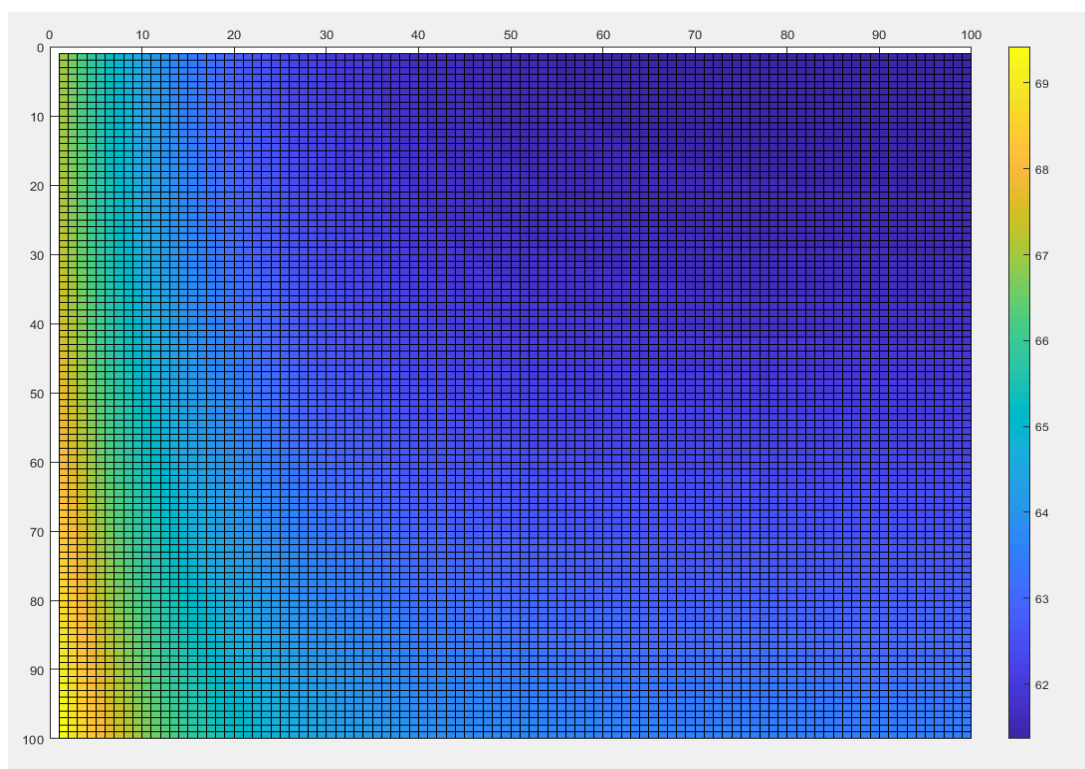


Рис. 2.5.16. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °С

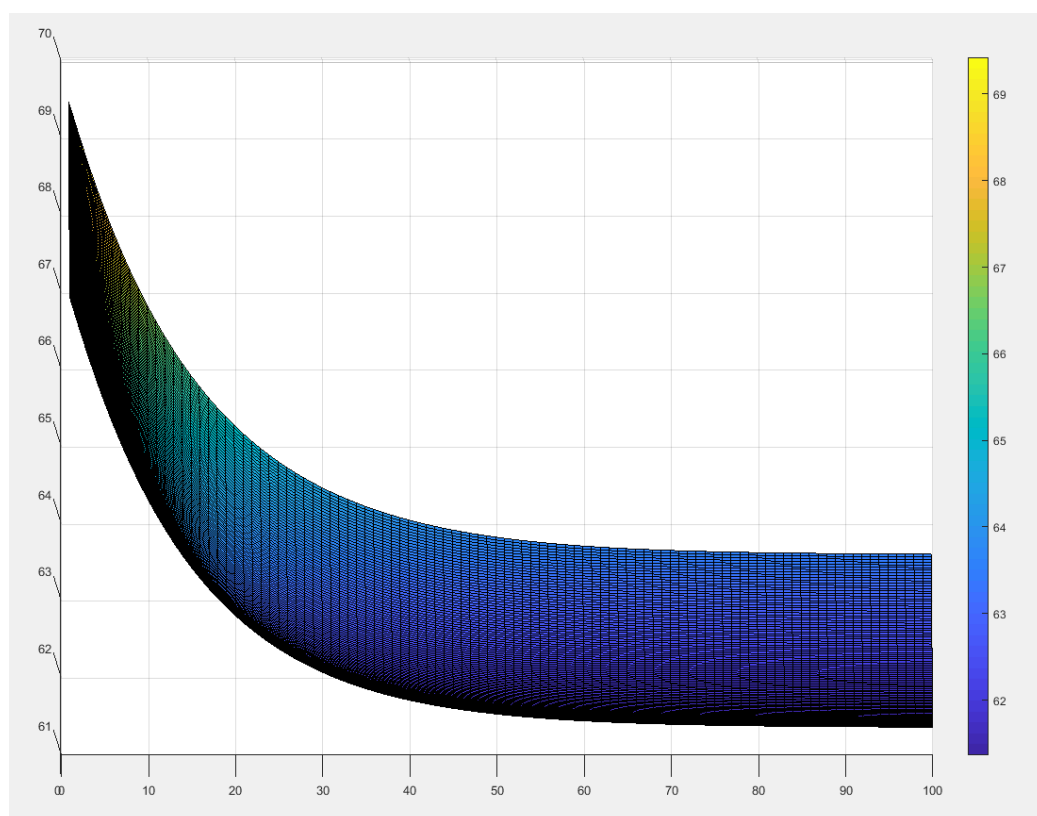


Рис. 2.5.17. Двовимірний розподіл температури в стінці по довжині трубопроводу в часі при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °С

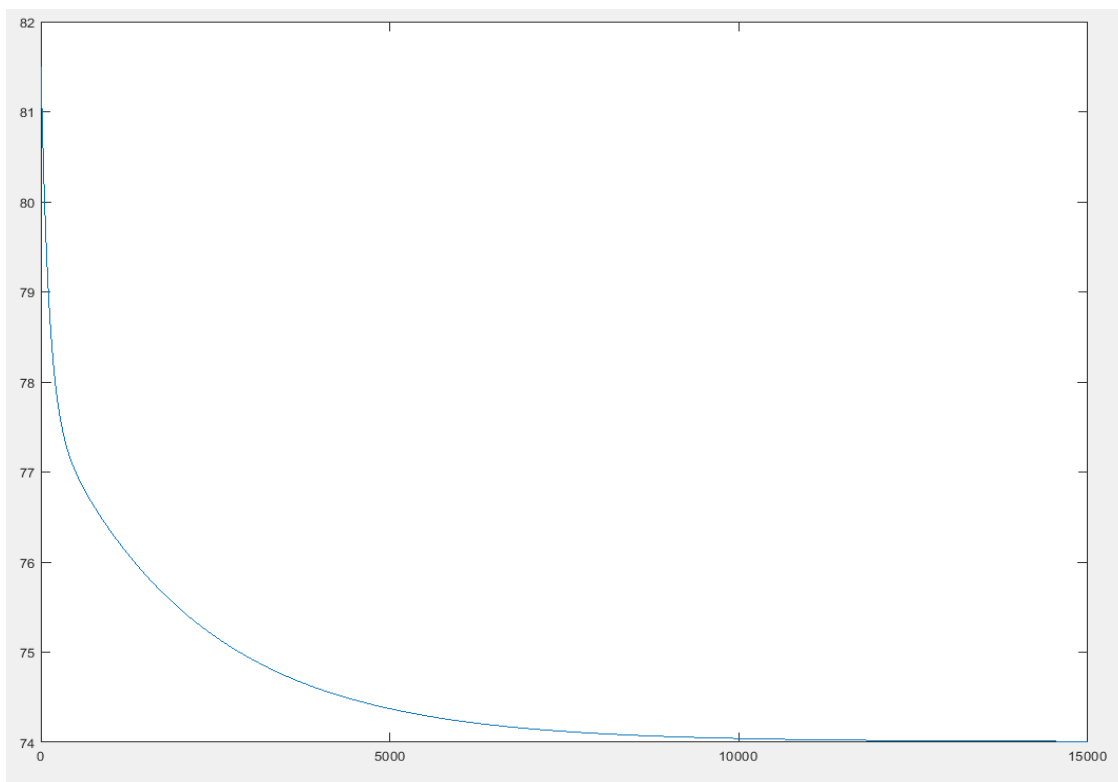


Рис. 2.5.18. Крива розгону температури грійної води при зміні температури гріючої води з 100 до 90 °C

Таким чином було досліджено динаміку температурних полів оливи при зміні вхідних величин.

3. Синтез систем керування

Для початку синтезуємо класичний ПІД регулятор.

Структура системи керування зображено на рис 3.1.

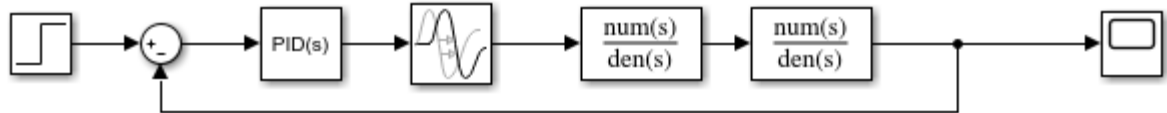


Рис. 3.1. Структура класичної системи з ПІД регулятором

Графік перехідного процесу системи зображено на рисунку 3.2.

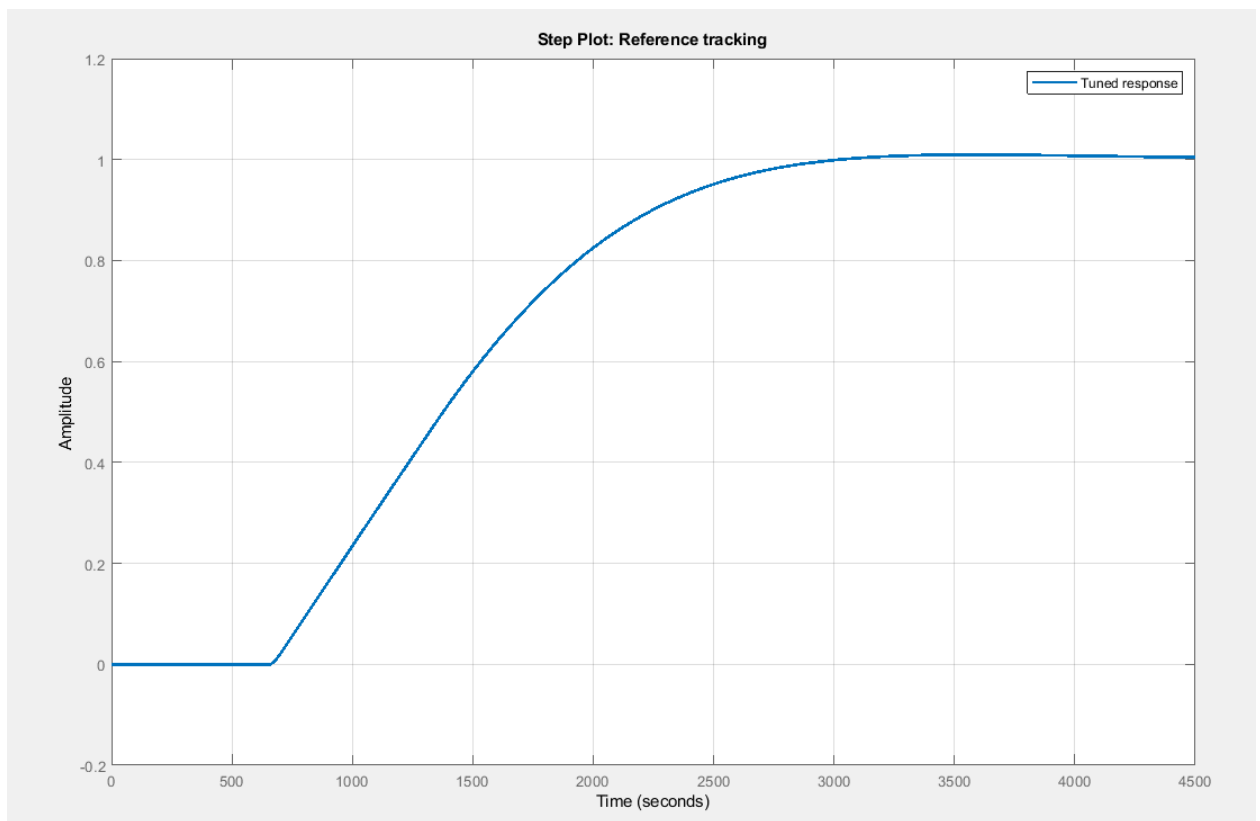


Рис. 3.2. Графік перехідного процесу системи з ПІД регулятором

При наступних параметрах регулятора:

Controller Parameters: $P = 1.894$, $I = 0.0006004$, $D = 1470$,

Так як в об'єкті присутнє значне запізнення, є необхідним створити систему, яка б частково змогла попередити дію основного збурення до того, як

воно пройде весь трубопровід, а намагатися скомпенсувати його ще на більш ранніх етапах.

Структура системи керування з проміжним імпульсним сигналом в такому випадку матиме вигляд:

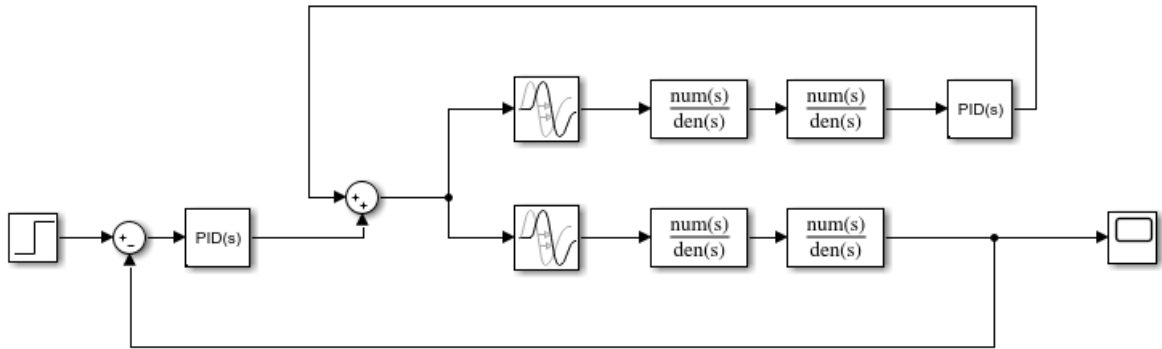


Рис. 3.3. Структура системи керування з проміжним імпульсним сигналом

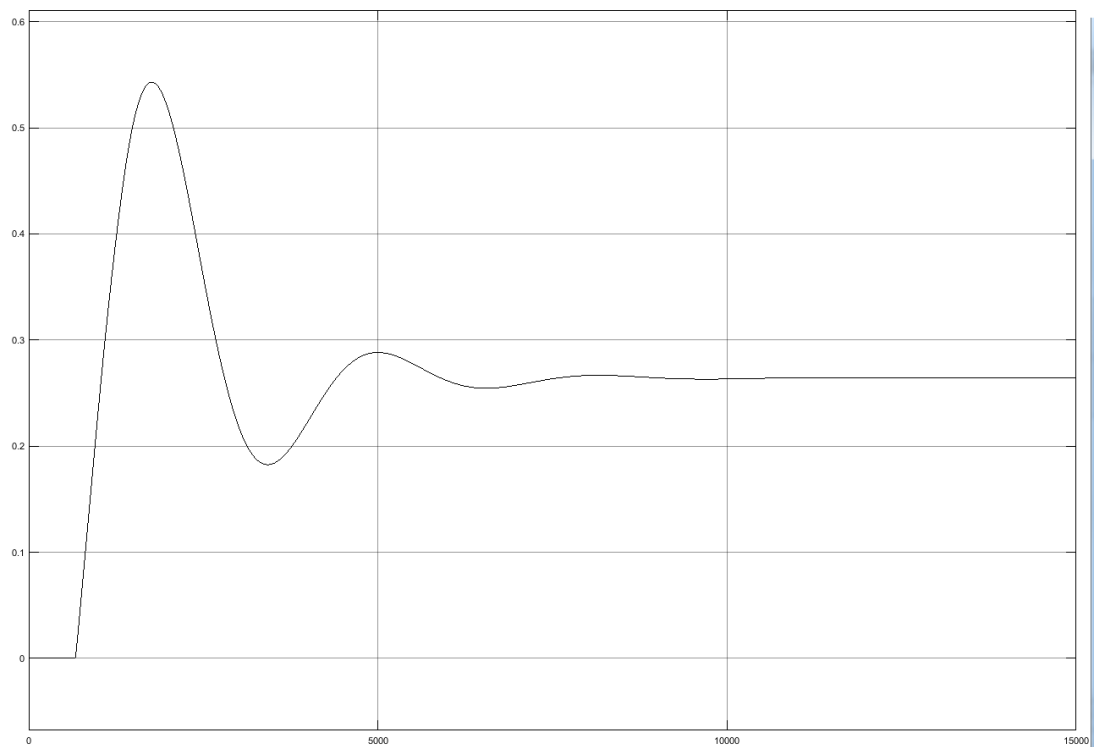


Рис. 3.4. Графік перехідного процесу системи керування з проміжним імпульсним сигналом

Для системи стабілізації параметру під час дії збурення необхідно компенсувати дію цього самого збурення. Структура системи керування зображено на рис 3.5.

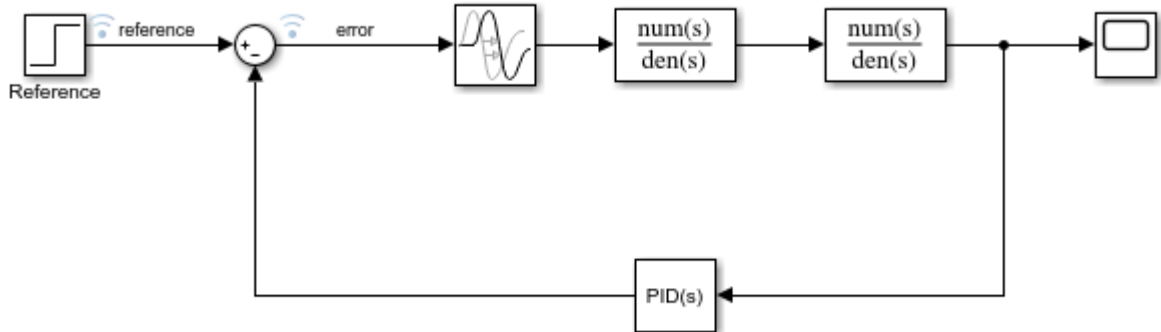


Рис. 3.5. Структура системи управління по збуренню з ПІД регулятором

Графік перехідного процесу системи по збуренню зображено на рисунку 3.6.

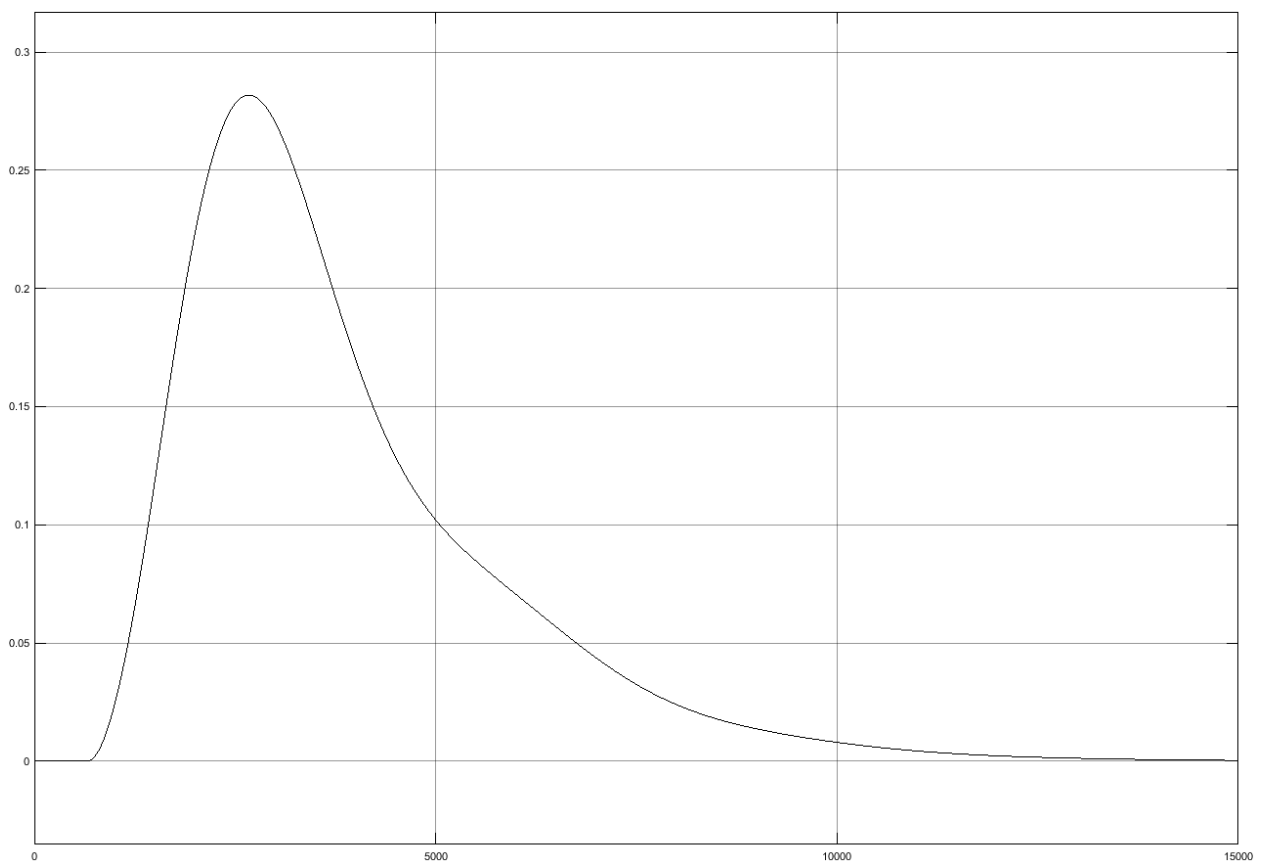


Рис. 3.6. Графік перехідного процесу системи по збуренню з ПІД регулятором

При наступних параметрах регулятора:

| | | |
|-------------------|---------------------|---|
| Proportional (P): | 3.15614539648053 | ⋮ |
| Integral (I): | 0.00104082233690212 | ⋮ |
| Derivative (D): | 2380.19834925514 | ⋮ |

Графік перехідного процесу свідчить, що другий регулятор заважає роботі першого. Таким чином свідчить про неоптимальне налаштування двох контурів, що протече подальшого дослідження.

Ще одним варіантом синтезу системи керування є селективне керування. Тобто керування на основі певного вибору. В даному варіанті мається на увазі перемикання швидкодійного П регулятора на точніший, ПІ та ПІД регулятори, при різних варіантах позиції перемикавання. Для цього потрібно налаштувати спочатку П регулятор на велику швидкодію, а інший на покращену точність, а потім подивитися зміну якості керування в залежності від перемикавання.

Таким чином налаштовані структури та системи керування зображені на рисунках 3.7 -3.8.

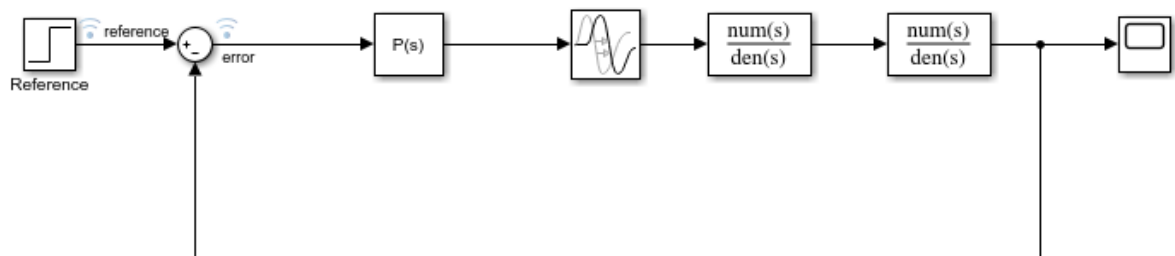


Рис. 3.7. Структура системи налаштування П регулятора
При наступних параметрах:

| | | |
|-------------------|------------------|---|
| Proportional (P): | 2.82261099740778 | ⋮ |
|-------------------|------------------|---|

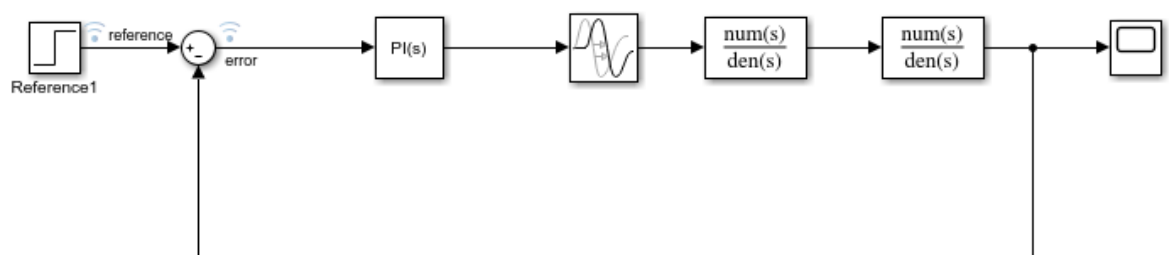


Рис. 3.8. Структура системи налаштування ПІ регулятора

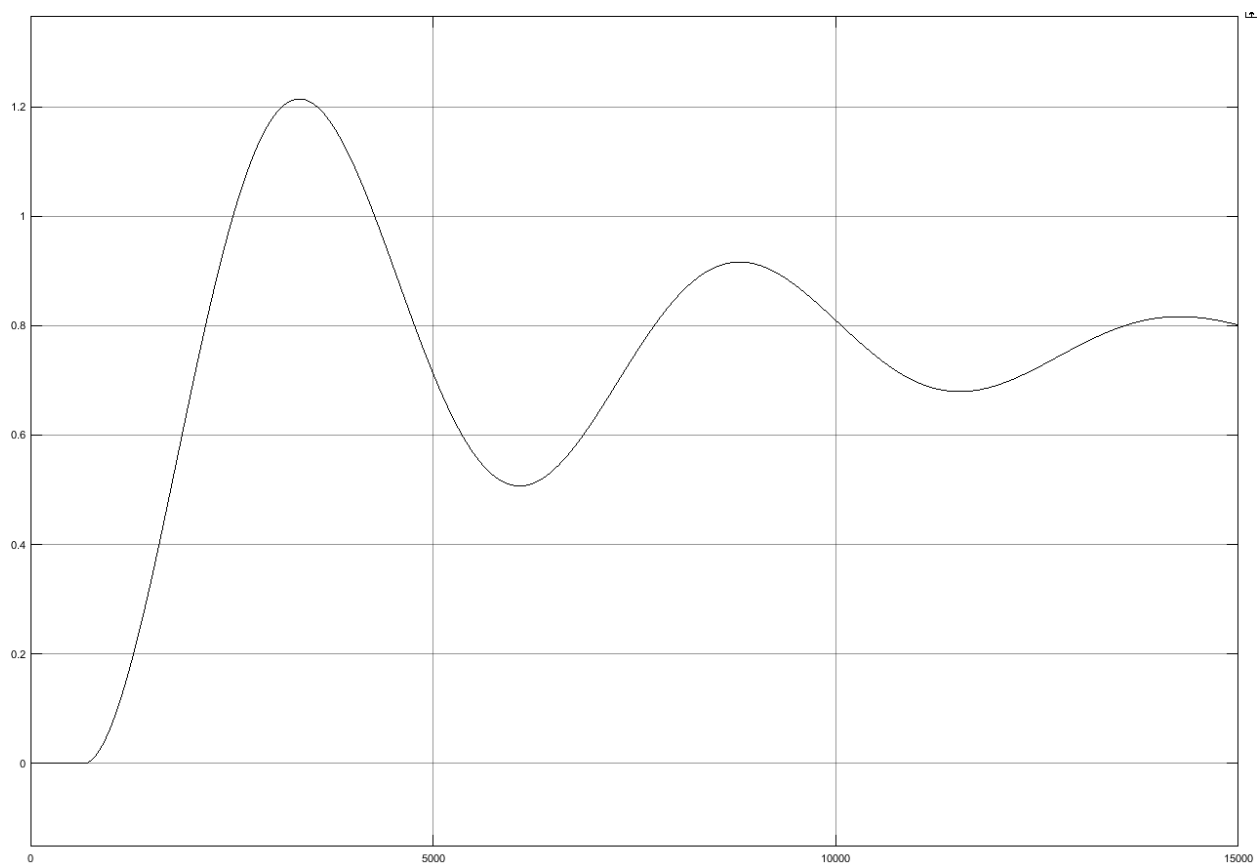


Рис. 3.9. Графік перехідного процесу з П регулятором

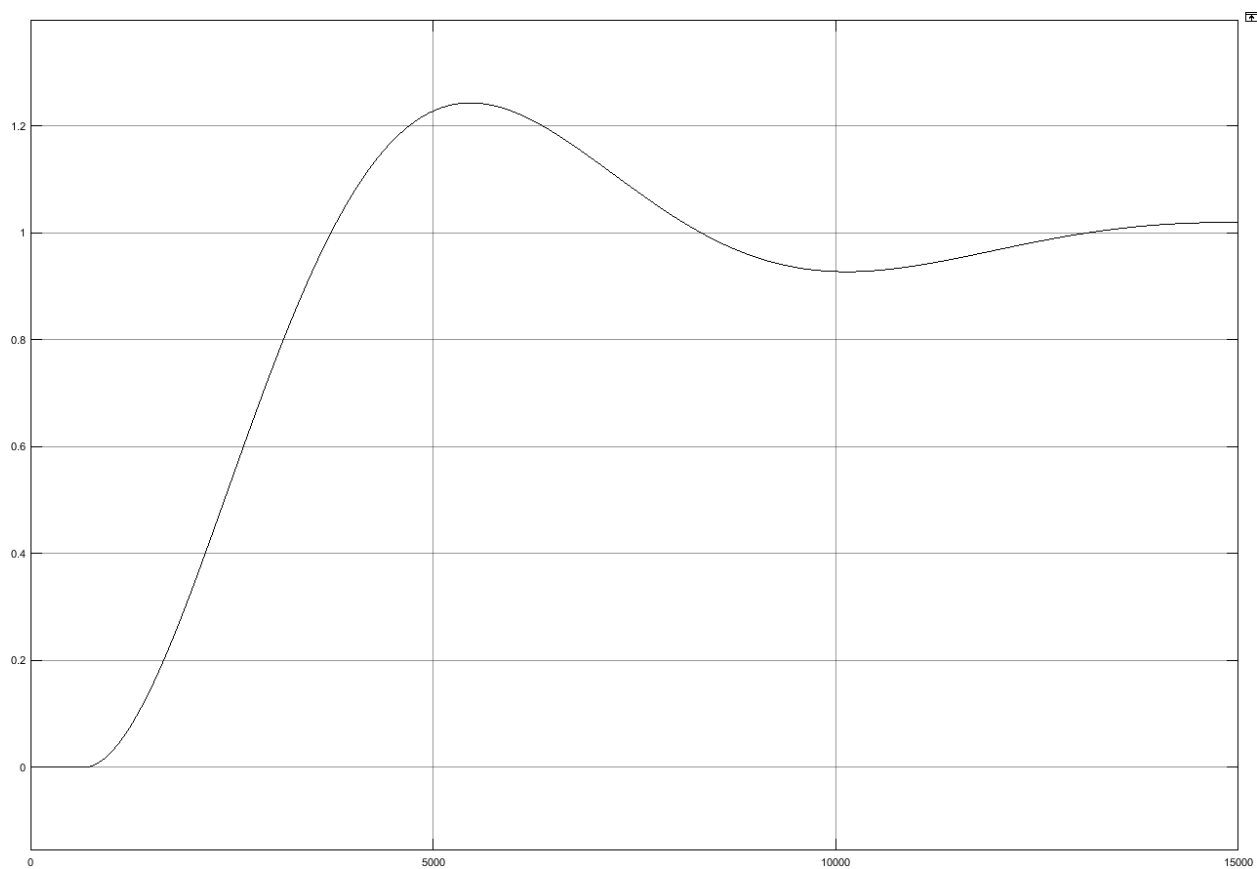


Рис. 3.10. Графік перехідного процесу з ПІ регулятором

Таким чином загальна селективна система керування матиме вигляд:

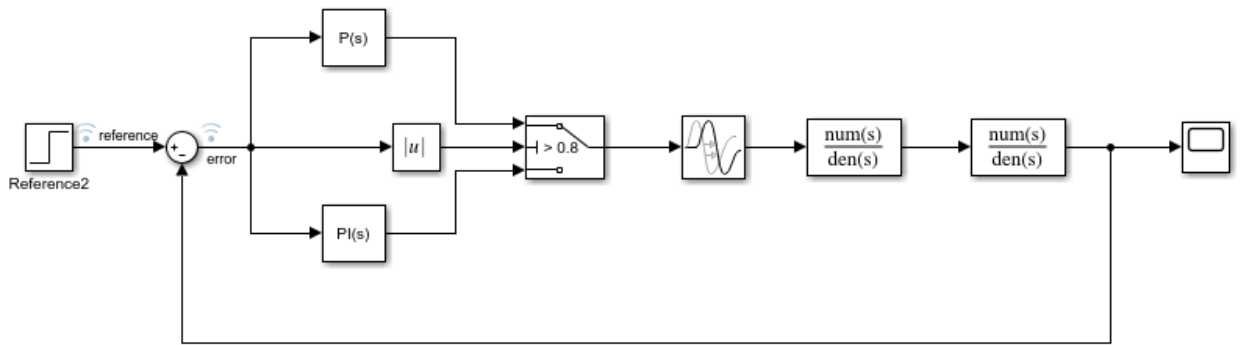


Рис. 3.11. Загальна структура селективної системи керування.

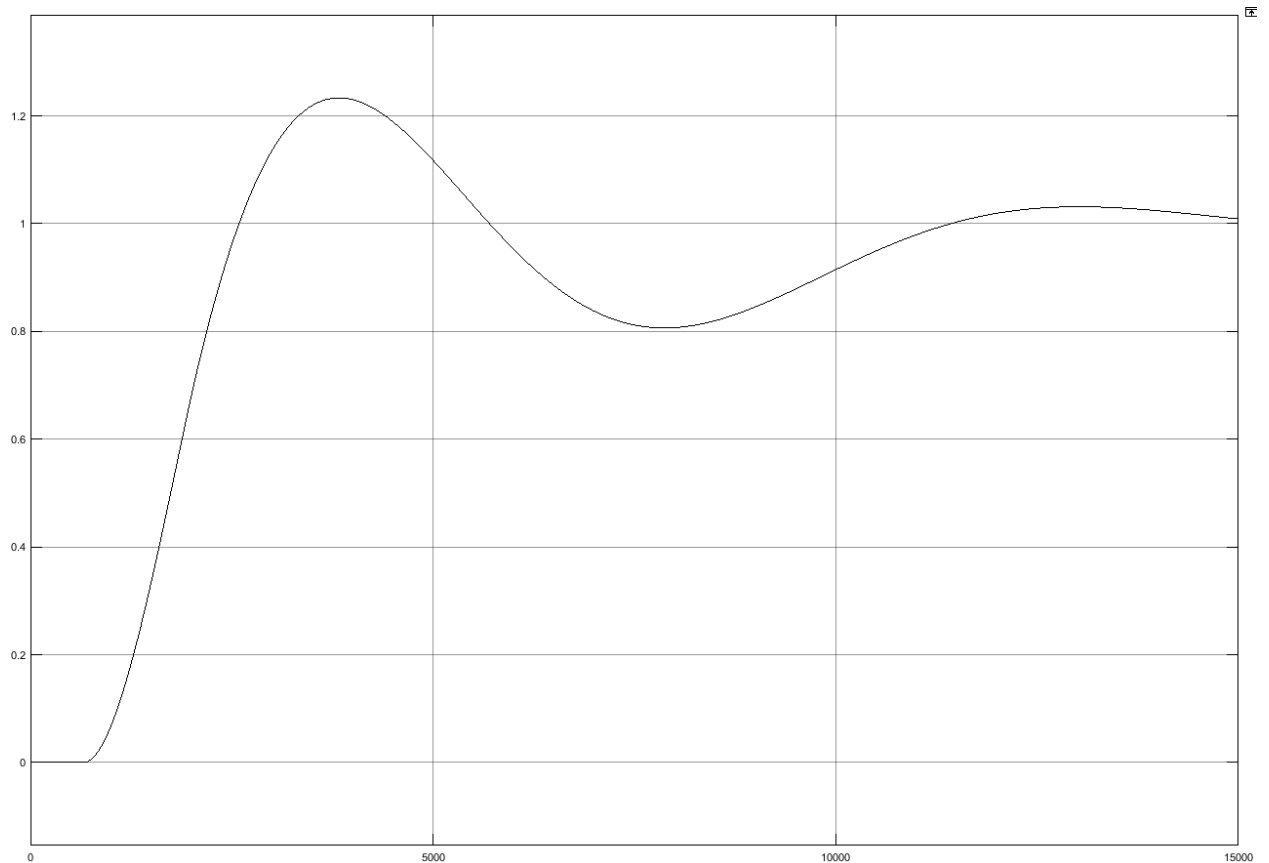


Рис. 3.12. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.8

Що свідчить про значне покращення керування в порівнянні з обома регуляторами.

При рівня перемикання 0.7 і 0.9 отримаємо наступне:

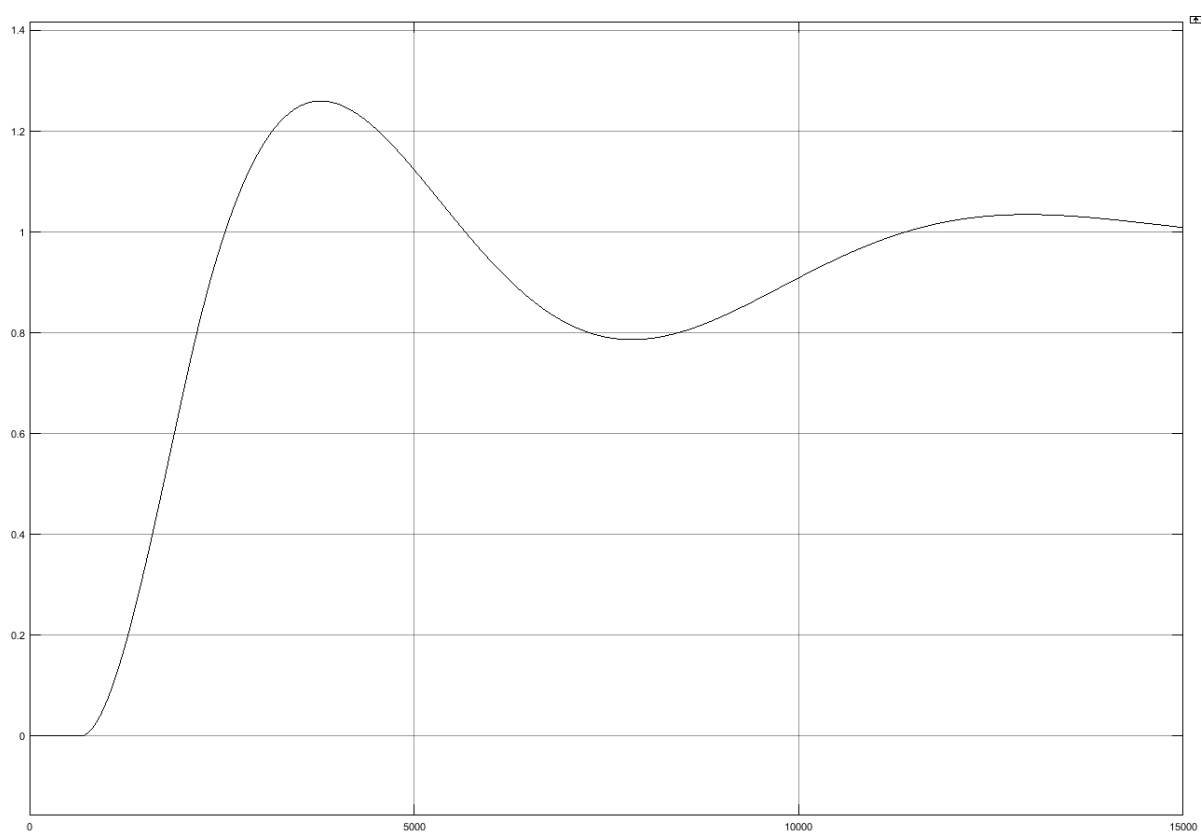


Рис. 3.13. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.7

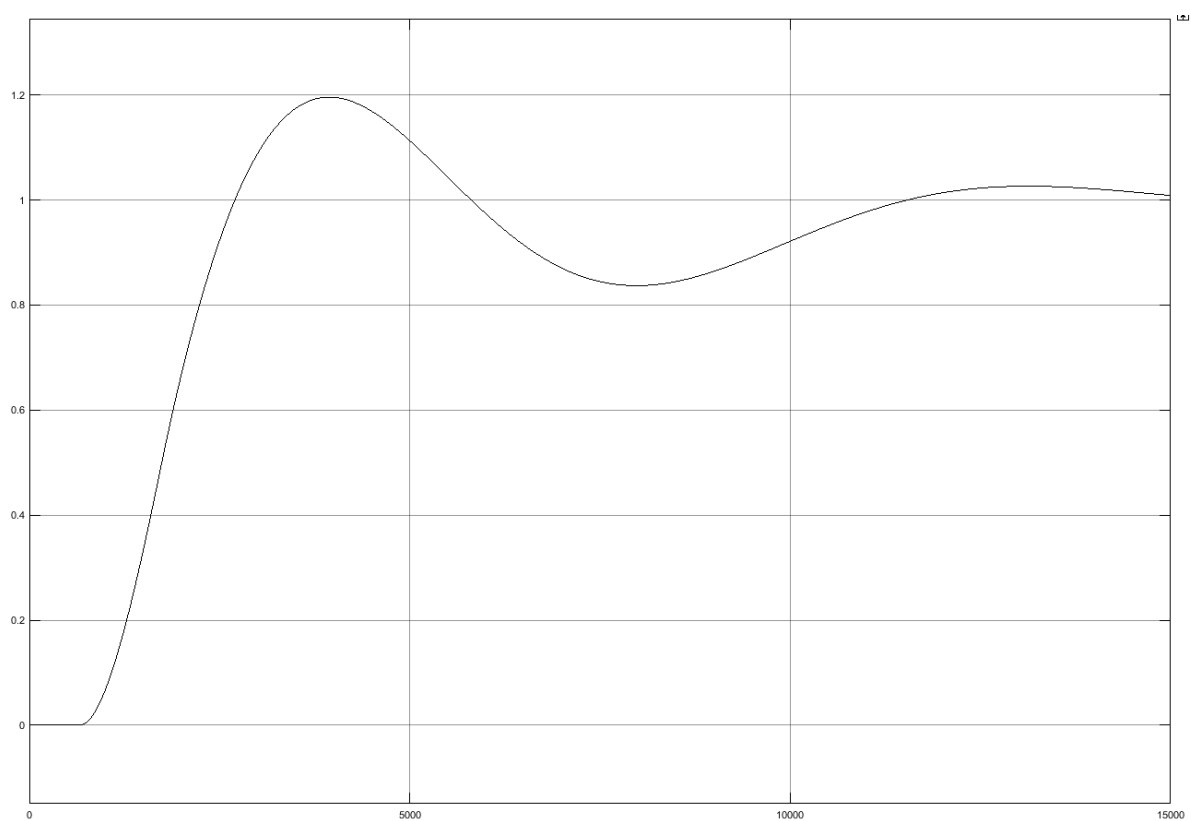


Рис. 3.14. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.9

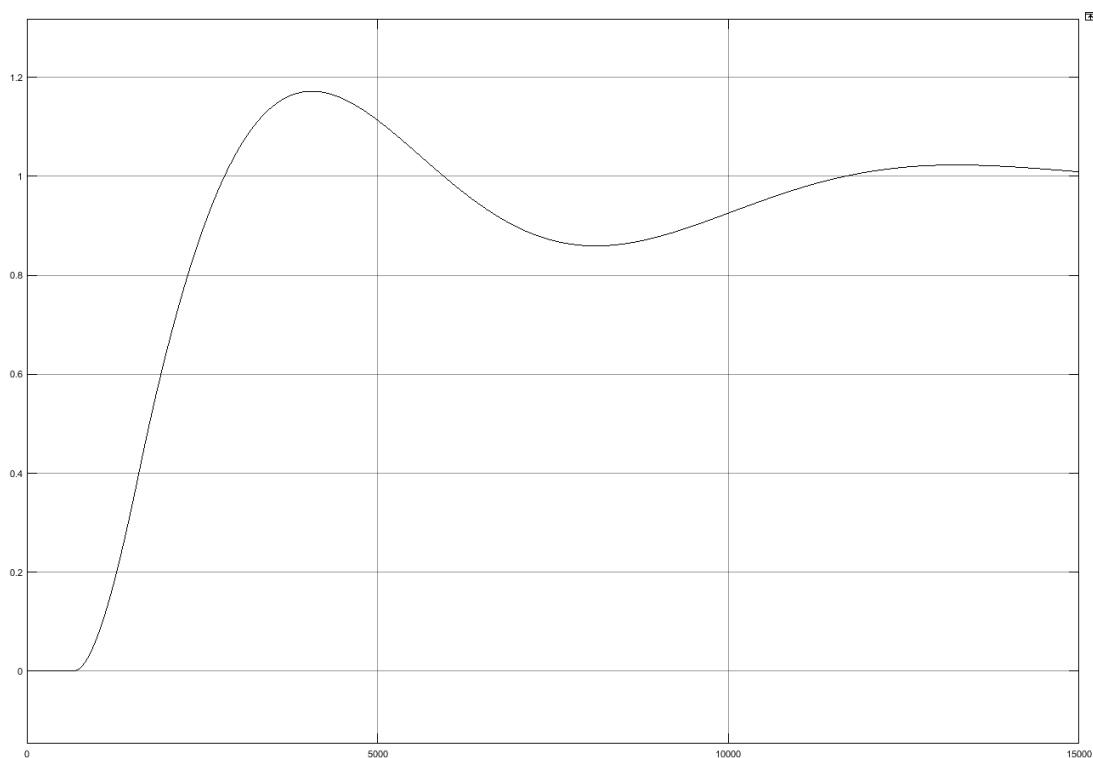


Рис. 3.15 Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.95

Як показує дослідження, велике значення приближує значення до другого регулятора, але втрачає швидкодiю першого.

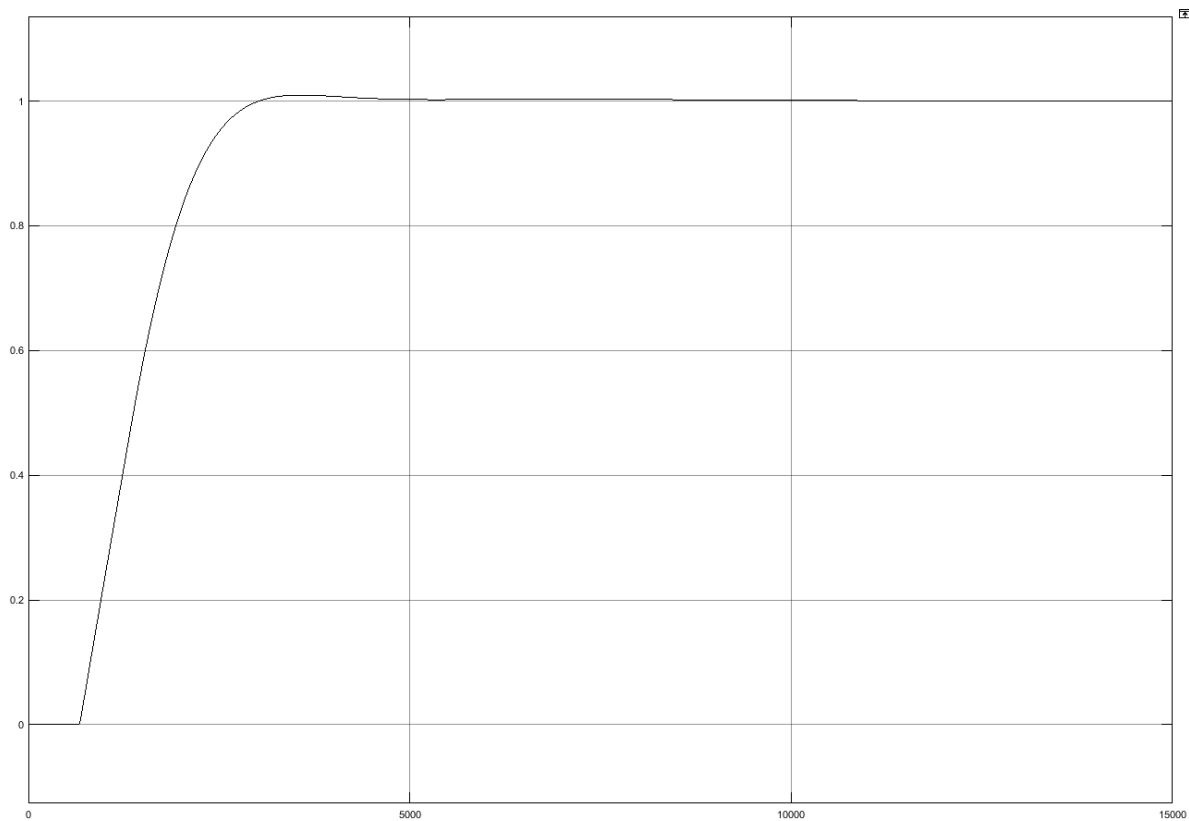


Рис. 3.16. Графік перехідного процесу з ПiД регулятором

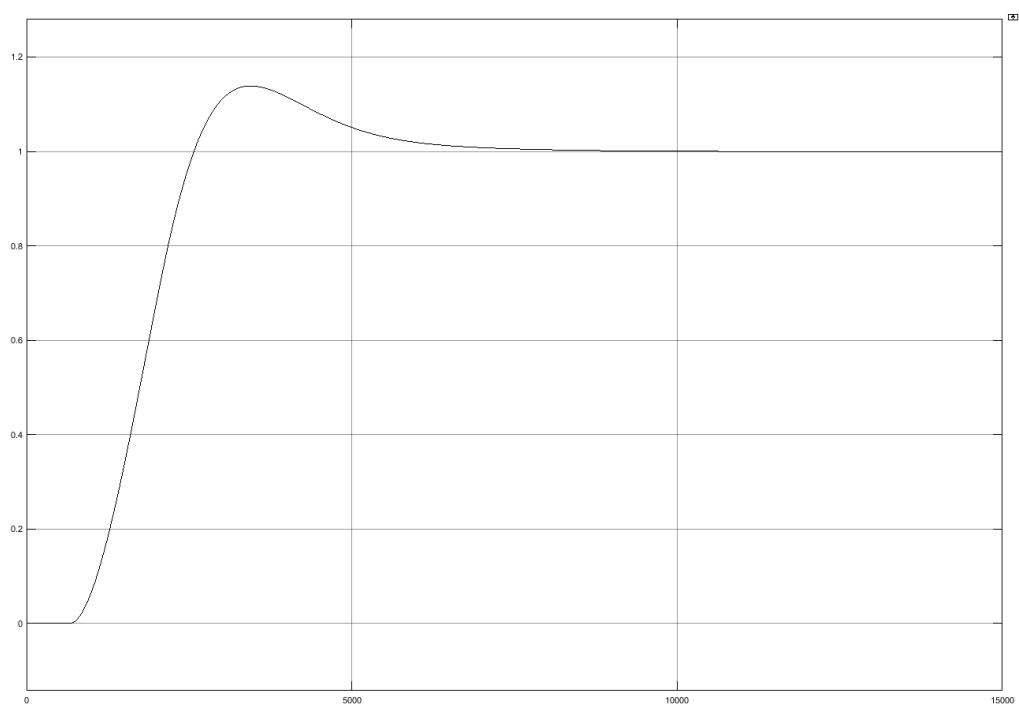


Рис. 3.17. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.7

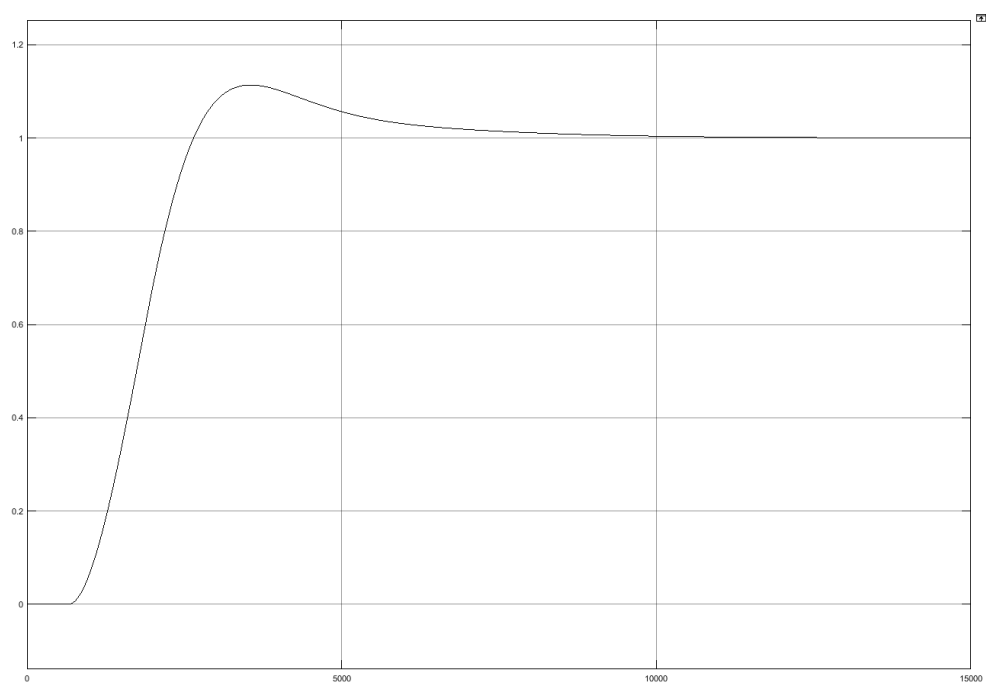


Рис. 3.18. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.8

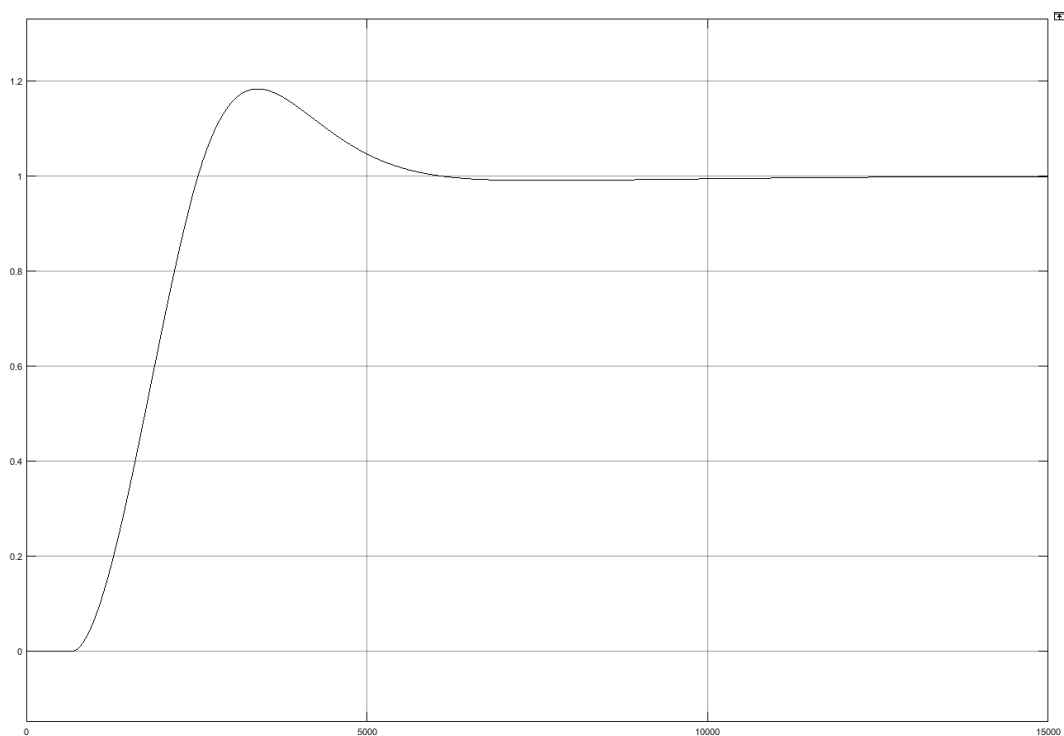


Рис. 3.19. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.5

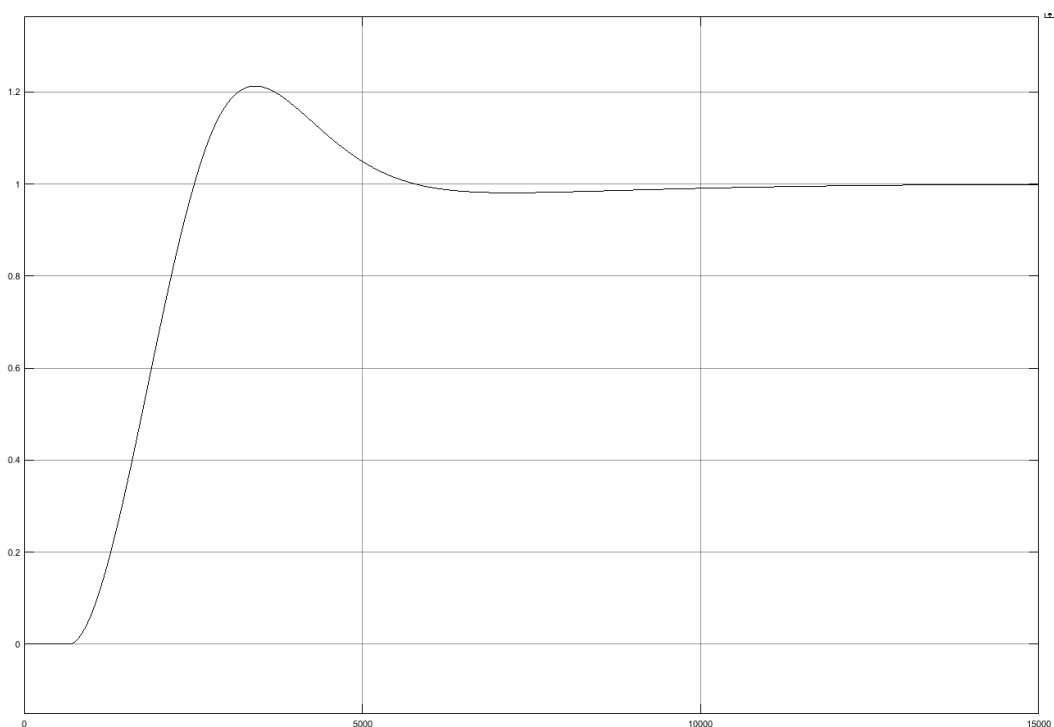


Рис. 3.20. Графік перехідного процесу селективної системи керування при порозі в 0.5

Таким чином, застосування селективних систем керування покращує роботу II та III регуляторів, проте застосування селективних систем для ПД регуляторів потребує подальших досліджень.

4. Імітаційне моделювання теплообмінника за допомогою Trace Mode

4.1. Опис Trace Mode

Створення сучасних систем управління базується на розробці та застосуванні адаптивних інтелектуальних систем, функціонування яких неможливо без використання обчислювальної мережі, що включає персональні комп'ютери (ПК), мікроконтролери і широкий набір модулів вводу/ виводу. Ускладнення технологічних процесів і виробництв ставить завдання створення розподілених ієрархічних систем (АСУТП) і їх наскрізного програмування, що пояснює появи нових комп'ютерних технологій для інтегрованих систем, які об'єднують всі рівні виробництва. Потрібно відзначити, що TRACE MODE 6 містить рекордну велику бібліотеку ресурсів, готових до використання в прикладних проектах. Вона має вбудовані безкоштовні драйвери до більш ніж 1600 контролерам і платам введення / виведення, понад 600 анімаційних об'єктів, понад 150 алгоритмів обробки даних і управління, комплексні технологічні об'єкти. режим ав-топостроєння, застосовуваний в TRACE MODE 6, миттєво формує базу тегів для операторських станцій, контролерів і OPC-серверів, налаштовує мережеві зв'язку, будує систему документування і графічний інтерфейс.

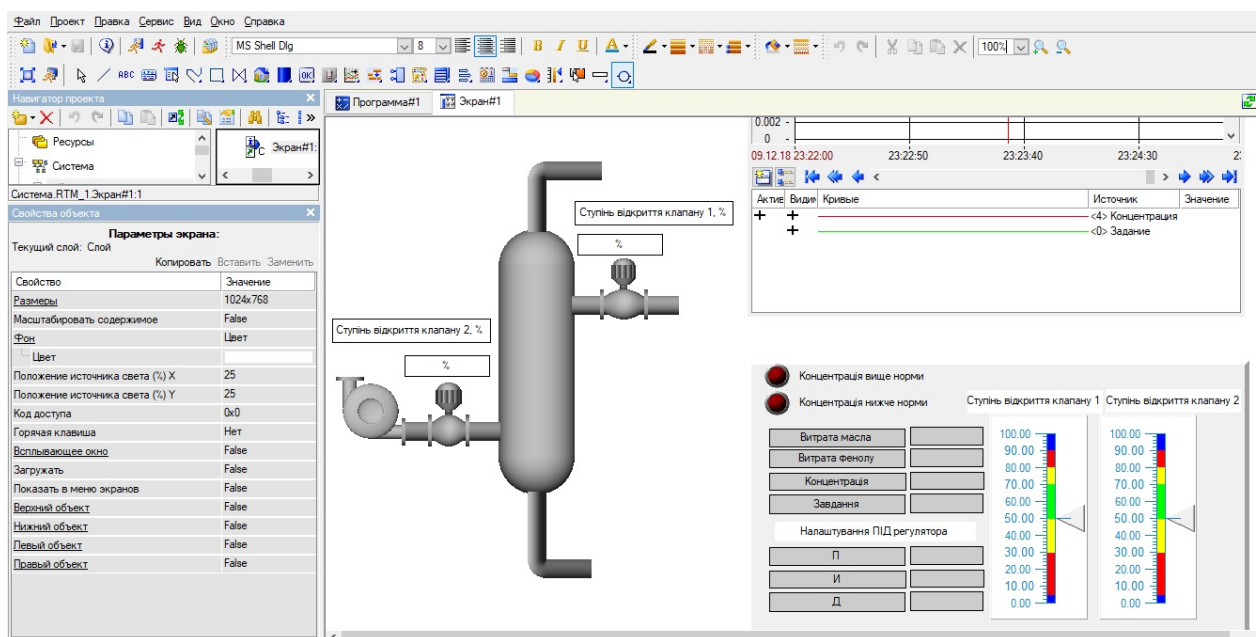


Рис. 1.1. Робоча область Trace Mode

4.2. Імітація теплообмінника

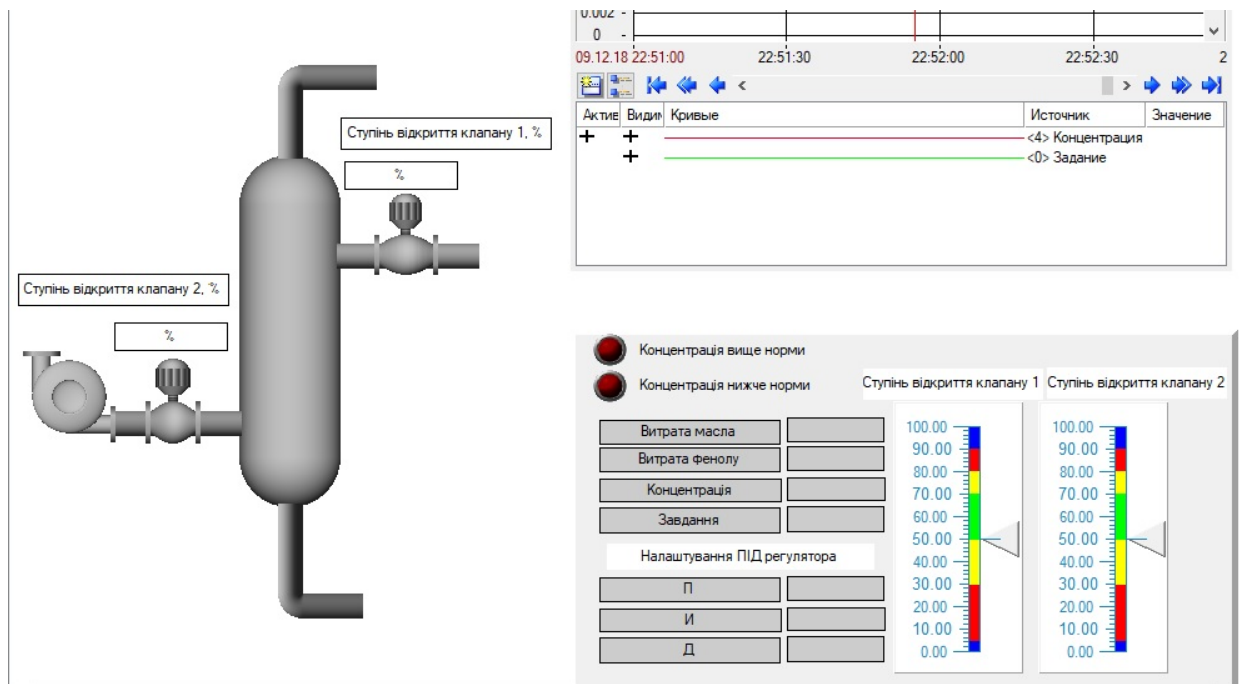


Рис.4.2.1. Імітація теплообмінника

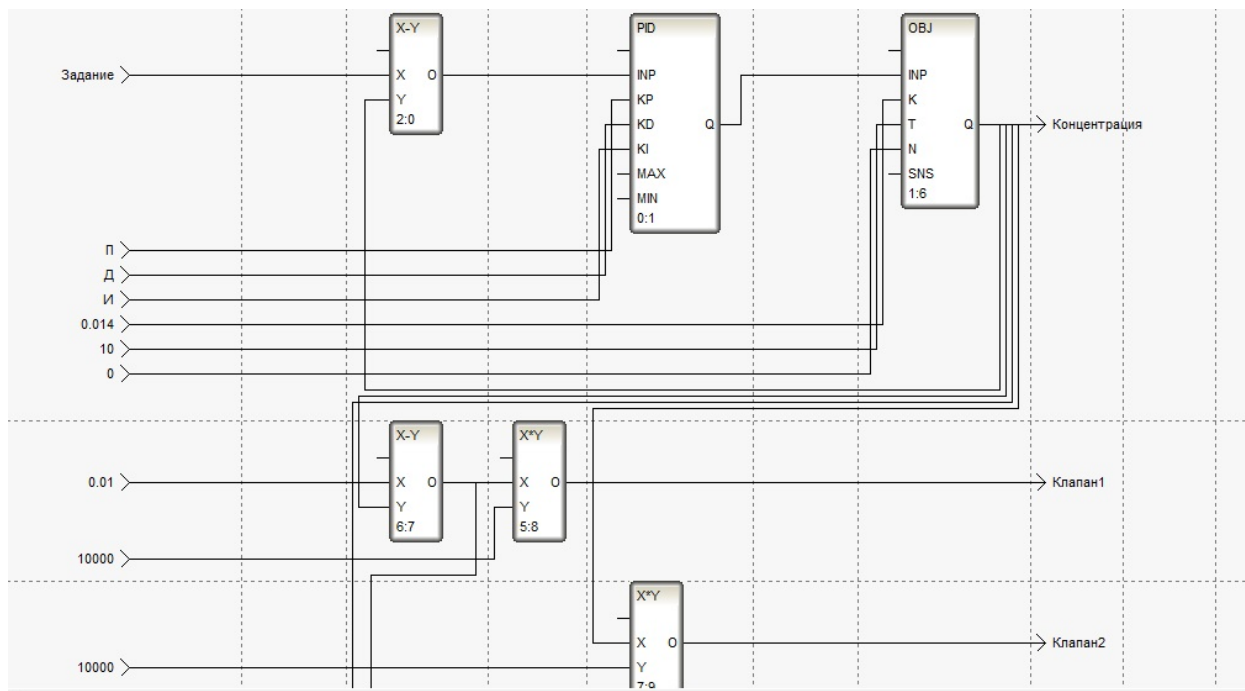


Рис. 4.2.2. Програма імітаційного моделювання теплообмінника

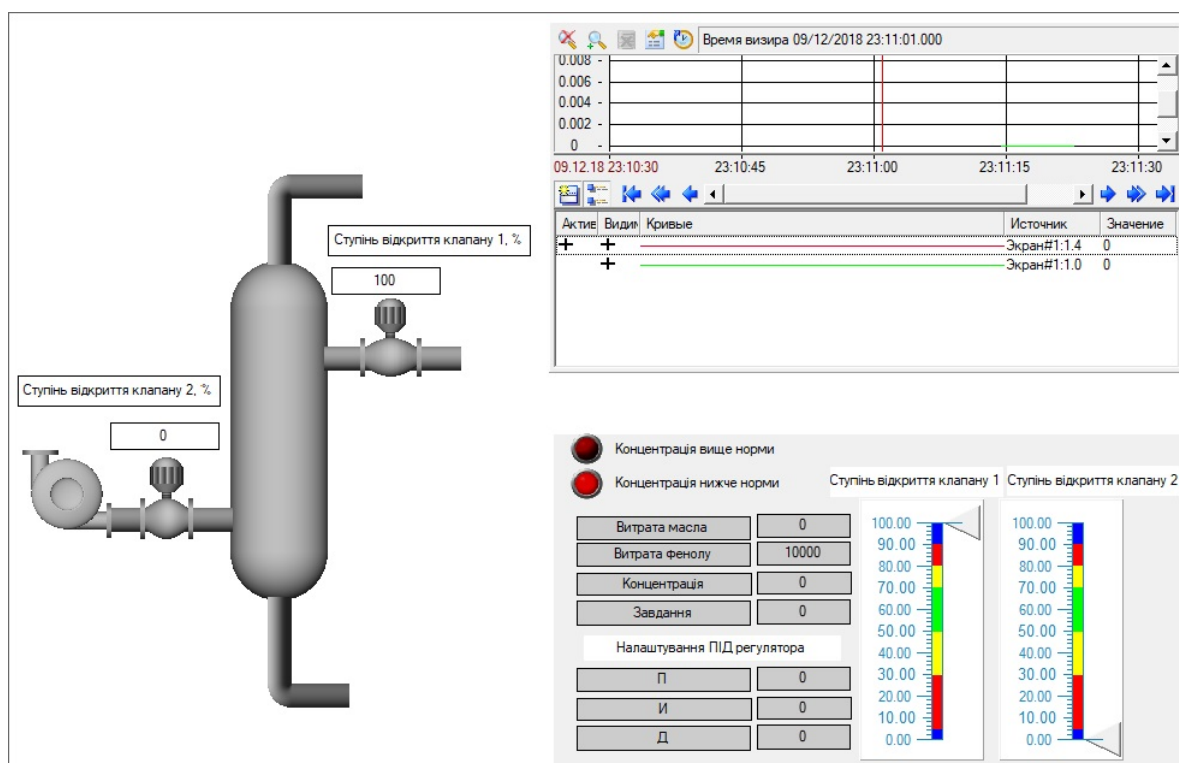


Рис. 4.2.3. Імітаційна модель теплообмінника в режимі «Запуск»

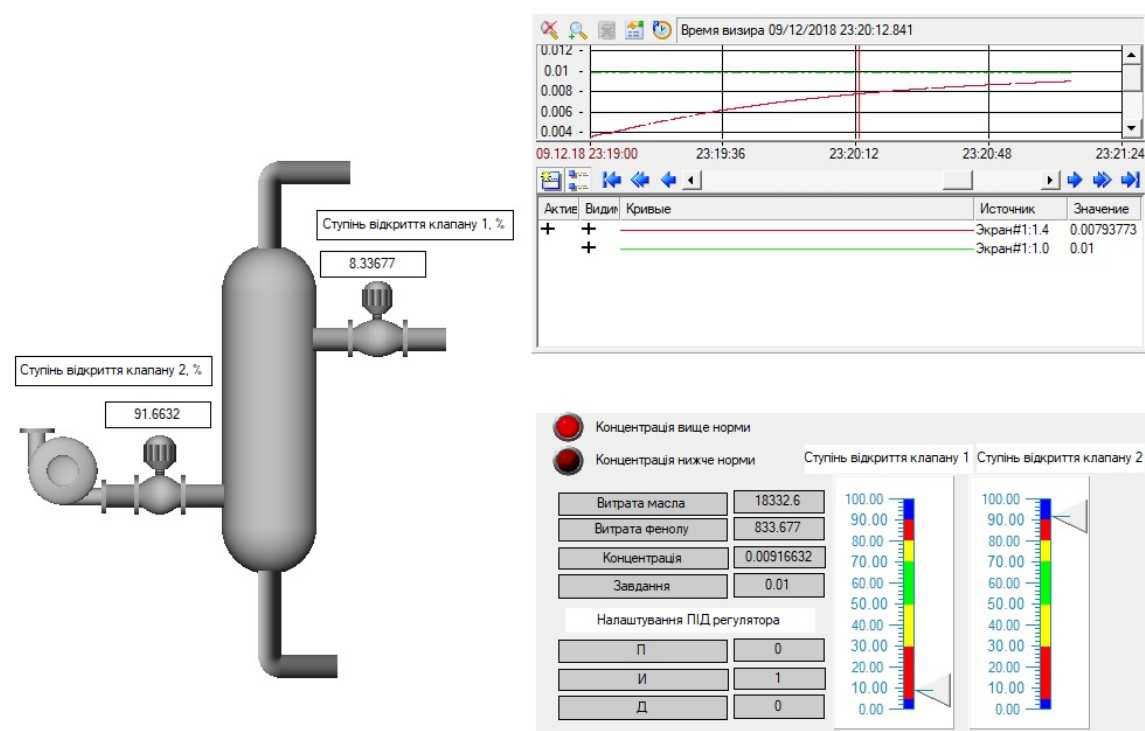


Рис. 4.2.4. Імітаційна модель теплообмінника з налаштованими параметрами

Таким чином було розроблено графічну оболонку для SCADA-систем.

5. Створення стартап-проекту

5.1. Опис ідеї створення стартап-проекту

Автоматизація технологічних процесів є ключовою ланкою у загальній системі функціонування будь-якого хімічного виробництва. Сучасна автоматизація – це не лише персональні комп'ютери, контролери, промислові мережі, а й звичайно ж, програмне забезпечення.

Процеси селективного очищення масел розчинниками використовуються для видалення поліциклічних ароматичних вуглеводнів з короткими бічними ланцюгами, що мають низький індекс в'язкості, а також смолистих речовин і з'єднань, що містять сірку, азот, кисень, які погіршують експлуатаційні властивості масел.

Майбутнє процесу селективного очищення масел обмежується тим, що при застосуванні селективного розчинення не створюється нових якостей масла, як при гідруванні і синтезі масел, а лише витягуються певні компоненти, що знаходяться в сировині.

У процесах селективного очищення масел застосовуються такі розчинники: фурфурол, фенол, дуосол (парні розчинники), хлорекс, нітробензол, рідка двоокис сірки. Новим в селективної очистки є застосування екстрактів типу обертових дискових контакторів.

З розвитком процесів селективного очищення масел стає безсумнівним присутність в оліях природних інгібіторів і важливість ролі, яку вони відіграють у стабілізації масел: рафіновані мають меншу антиокисної стабільністю, ніж неочищені масла. Точної тотожності природних інгібіторів з будь-яким класом сполук не встановлено, проте в основному їх можна класифікувати як фенольні і сірчисті з'єднання.

Для забезпечення нормального ведення процесів селективного очищення масел, деасфальтизації і депарафінізації кожна з установок обладнана контрольно-вимірювальними приладами, що фіксують або регулюючими задані параметри процесу.

Одним з перспективних способів інтенсифікації процесу селективного очищення масел є попереднє гідрооблагороджування олійної сировини.

Існуючі схеми контролю і регулювання процесу селективного очищення масел, зокрема на нафтопереробному заводі, ще недостатньо ефективні. Це пояснюється тим, що режим екстракційної секції в більшості випадків коригується лише після отримання даних лабораторного аналізу продуктів процесу. Проби для цього аналізу відбираються в кінці процесу.

Основна ідея проекту

Створення дистанційної системи керування очищення масел вибірковими розчинниками.

Планується спроектувати та розробити дистанційну систему керування очищення масел вибірковими розчинниками для оптимізації процесу і забезпечення керування об'єктами і системами на відстані.

Проект розробляється базуючись на даних та параметрах процесу очищення масел вибірковими розчинниками. Процес очищення складається з великої кількості апаратів та послідовного підключення потоків сировини у ході виробництва. Усі методи та дії, які використовуються у стартапі, будуть включати детальний опис усіх можливих ситуацій які можуть трапитися з об'єктами та апаратами на виробництві в цілому.

Можливість застосовувати такі дистанційні системи керування буде у будь-якого хімічного чи будь-якого іншого виробництва під час протікання якого відбувається очищення масел від інших домішок і отримання чистої сировини на виході.

Конкуренти

Конкурентами є інші науковці-інженери, технологи, що займаються розробкою таких систем та їх впровадженням та підприємства і компанії по створенню автоматизованих систем керування, інститути, підприємства, які розробляють інноваційні технології.

Основна конкурентна перевага

Вдосконалення дистанційних систем керування за допомогою яких можна не тільки керувати підприємством на відстані, але і виходячи з умов протікання процесу, оптимізувати його, щоб отримати сировину найкращої якості.

Скільки потрібно грошей?

Оскільки на початку запуску проекту його реалізація планується за рахунок ідейних активістів проекту, то витрати на заробітну плату є опціональними. Врахуємо витрати на ЗП – 20 тис грн. в місяць. Загальна витрата на ЗП розробникам дистанційної системи керування складе 60 - 100 тис. грн.

Джерела грошей:

Заводи та підприємства, які зацікавлені у інноваційних технологіях та покращенні проведення процесу із з точки зору отримання сировини кращої якості, оптимізації процесу(зменшити затрати), а також для зручності користування.

5.2. Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Маркетингове середовище підприємства – сукупність факторів, які впливають на процес управління маркетингом підприємства, його маркетинговий розвиток та взаємовідносини зі споживачами.

Поняття маркетингового середовища передбачає відокремлення мікро- та макросередовища (внутрішнього й зовнішнього середовища).

Маркетингове мікросередовище – частина середовища, у якому підприємство безпосередньо функціонує в процесі маркетингової діяльності. До складових мікросередовища належать: безпосередньо підприємство, постачальники, маркетингові посередники, споживачі, конкуренти, громадськість тощо

Маркетингове макросередовище – фактори, якими підприємство не може безпосередньо керувати, але які впливають на її маркетингову діяльність. До маркетингового макросередовища належать: економічне середовище, демографія, політичне середовище, науково-технічний прогрес (НТП), культура, природне середовище.

Мікросередовище – сукупність відносин, що складаються всередині середовища, які на мікрорівні забезпечують одержання прибутку в результаті реалізації на ринку визначеного товару. Структура маркетингового мікросередовища наведена на рис. 3.9.



Рис.5.2.1. Структура маркетингового мікросередовища

Процес аналізу маркетингового середовища передбачає:

- 1) огляд основних факторів середовища і з'ясування тих факторів, які впливають на розвиток фірми, визначення напрямів безпосереднього впливу цих факторів;
- 2) оцінювання стану середовища та виявлення небажаних факторів, які можуть виникнути;
- 3) вивчення специфічних факторів середовища в аспекті кожного маркетингового сектора, в якому діє фірма;
- 4) аналіз стратегічних позицій фірми;
- 5) аналіз маркетингових можливостей та загроз;
- 6) визначення необхідної для фірми стратегічної позиції, рекомендації щодо формування стратегії.

Аналіз маркетингового середовища здійснюється у такій послідовності:

1. Виявлення потенційних релевантних змін маркетингового середовища.
2. Визначення природи напрямів, розміру та важливості змін.
3. Прогнозування можливого впливу та наслідків змін.
4. Формування відповідних стратегічних дій.

Існують два підходи до визначення потенційних релевантних змін:

- від зовнішніх до внутрішніх змін;
- від внутрішніх до зовнішніх змін.

Перший підхід передбачає першочергове оцінювання факторів макромаркетингового середовища та з'ясування їх впливу на діяльність фірми й зміни в мікромаркетинговому середовищі.

Наприклад, виявляються десять найважливіших змін макромаркетингового середовища і далі аналізується їх вплив (потенційні можливості та загрози) щодо ринків, конкурентних позицій та маркетингової стратегії фірми.

Перевага даного підходу в тому, що він висвітлює ті можливі зовнішні зміни, які можуть залишитися непоміченими за іншого підходу.

Другий підхід, який частіше використовується, передбачає першочерговий аналіз факторів внутрішнього середовища фірми, а саме - параметрів "товари - ринки - фірми", з урахуванням яких досліджуються зміни в макросередовищі.

Процес визначення потенційних змін передбачає встановлення певної періодичності реєстрації змін (табл. 5.2.1).

| Фактори мікросередовища | Показники |
|----------------------------|---|
| Безпосередньо підприємство | Місце й роль служби маркетингу в організаційній структурі підприємства |
| Маркетингові посередники | Організаційна структура служби маркетингу |
| Постачальники | Ціни постачальників. Сервісне обслуговування з боку постачальників |
| Споживачі | Фактори, що впливають на поведінку споживача. Фактори, що впливають на прийняття рішення про купівлю товару |
| Конкуренція | Рівень конкурентоспроможності фірми. Галузеві конкуренти. Потенційні конкуренти. Товари замінювачі |
| Громадськість | Фінансові кола. Засоби масової інформації. Широка громадськість |

Табл. 5.2.1. Фактори та показники маркетингового мікросередовища

Розглядаючи підприємство як фактори маркетингового середовища, необхідно передусім звернути увагу на ту роль, яку відіграє служба маркетингу в загальній структурі підприємства, на її організаційну структуру, зв'язки з іншими службами. Рівень професійної підготовки й набутого досвіду фахівців-маркетологів також відіграє значну роль як фактор мікросередовища.

Макросередовище фірми – більш широке поняття, що включає фактори, які впливають на всі елементи мікросередовища підприємства та якими підприємство не може управляти, тому що ці фактори є неконтрольованими.

| Фактори макросередовища | Показники |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 2) Економічне середовище (утворюють ті фактори, які впливають на купівельну спроможність населення, рівень його доходів і витрат): | 1) Фаза економічного циклу країни. - 2) Рівень інфляції. - 3) Рівень безробіття. - 4) Валовий національний продукт та його динаміка. - 5) Наявність та рівень товар- ного дефіциту. - 6) Рівень доходів та купівельної спроможності населення. - 7) Доступність кредиту тощо |
| Демографія, яка передбачає до- слідження таких показників: | 1) Чисельність населення. 2) Територіальне розміщення насе- |

| | |
|--|--|
| | <p>лення.</p> <ul style="list-style-type: none"> 3) Рівень урбанізації. 4) Міграція населення. 5) Віковий склад населення. 6) Рівень народжуваності та смертності. 7) Статевий склад населення. 8) Сімейний стан населення |
| <p>Політико-законодавчий фактор, який передбачає дослідження таких показників:</p> | <ul style="list-style-type: none"> 1) Політична структура країни. 2) Рівень політичної та законодавчої стабільності. 3) Антимонопольне законодавство. 4) Податкове законодавство. 5) Міжнародна орієнтація та державне регулювання міжнародних відносин тощо. |
| <p>Соціально-культурне середовище містить такі складові:</p> | <ul style="list-style-type: none"> 1) Соціальні класи і групи, групи. 2) Культура. 3) Базові цінності. 4) Переваги світосприйняття, тощо. |
| <p>НТП (технологічні зміни справляють значний вплив на спосіб життя, поведінку, потреби та переваги споживача; вони впливають на всі елементи маркетингового комплексу, але передусім проявляються в аспекті інноваційної діяльності).</p> | <ul style="list-style-type: none"> 1) Упровадження нових технологій. 2) Розроблення нового товару, модифікація товару, пристосування до споживчих потреб, що змінюються; 3) Зниження витрат виробництва, можливість зіставлення цін, можливість контролю за цінами; |

| | |
|--|--|
| | <p>4) Підвищення швидкості збуту, зростання обсягів збуту, оптимізація контролю за збутом;</p> <p>5) Підвищення комунікаційних можливостей, скорочення строків просування, оптимізація планування просування</p> |
| Природне середовище містить такі складові: | <p>1) Екологія.</p> <p>2) Наявність та доступність сировини, енергії.</p> <p>3) Стан використання й відтворення природних ресурсів.</p> <p>4) Вартість енергоносіїв</p> |

Табл. 5.2.2. Фактори макросередовища

| Періодичність | Предмет реєстрації | Причина реєстрації | Часовий аспект, на який приймається рішення |
|---------------------------------------|--------------------|--|---|
| Випадково (нерегулярно) | Специфічні події | У випадку кризи | Негайно |
| Регулярно (установлена періодичність) | Вибіркові події | Під прийняті рішення з орієнтацією на визначену мету | Найближчим часом |
| Постійно (ро- | Основний | Спланований | Довгостроко- |

| | | | |
|--|----------------------------|--------|----|
| зроблена система збирання й оброблення інформації) | спектр факторів середовища | процес | во |
|--|----------------------------|--------|----|

Табл. 5.2.3. Періодичність реєстрації потенційних змін маркетингового середовища

5.3. SWOT – аналіз стартап-проекту

SWOT-аналіз – поділ факторів впливу маркетингового середовища на зовнішні й внутрішні (відносно фірми) та їх аналіз з позиції визначення негативного впливу на маркетингову діяльність фірми. Термін "SWOT-аналіз" виник від скорочення перших літер англійських слів "сильні та слабкі сторони, можливості та загрози" (Strength; Weaknesses; Opportunities; Threats).

Основними завданнями SWOT-аналізу є:

- – виявлення маркетингових можливостей, які відповідають ресурсам фірми;
- – визначення маркетингових загроз і розробка заходів щодо знешкодження їх впливу;
- – виявлення слабкостей фірми та розроблення стратегічних напрямів їх подолання;
- – виявлення сильних сторін фірми й зіставлення їх з ринковими можливостями;
- – виявлення конкурентних переваг фірми та формування її стратегічних пріоритетів.

Узагальнюючим елементом SWOT-аналізу, на якому ґрунтується формування маркетингової стратегії фірми, є матриця сильних та слабких сторін, можливостей та загроз (таблиця 3.14).

| | | |
|--|----------------|----------------|
| | Сильні сторони | Слабкі сторони |
|--|----------------|----------------|

| | | |
|-------------------------|-------------------|------------------------|
| Маркетингові можливості | Сила й можливості | Слабкість і можливість |
| Маркетингові загрози | Сила й загрози | Слабкість і загрози |

Табл. 5.3.1. Матриця SWOT

Сутність матриці SWOT полягає в тому, що вона дає змогу завдяки різноманітним комбінаціям сильних та слабких сторін, можливостей та загроз формувати оптимальну маркетингову стратегію фірми з огляду на умови ринкового середовища.

Відповідно до матриці SWOT можливі чотири різновиди стратегії:

- – стратегія, яка використовує сильні сторони фірми для реалізації маркетингових можливостей, – найбажаніша й найперспективніша стратегія;
- – стратегія, яка використовує сильні сторони фірми для знешкодження маркетингових можливостей;
- – стратегія, спрямована на мінімізацію слабких сторін фірми на підставі використання маркетингових можливостей;
- – стратегія, спрямована на мінімізацію слабкостей фірми та потенційних маркетингових загроз.

Маркетингові можливості фірми – сприятливі зовнішні аспекти їх маркетингових дій, завдяки яким вона може досягти конкурентних переваг на ринку збуту.

Маркетингові загрози – несприятливі тенденції розвитку маркетингового зовнішнього середовища, які можуть негативно вплинути на ринкові позиції фірми.

Маркетингові можливості та загрози визначаються на підставі аналізу зовнішнього маркетингового середовища фірми.

Залежно від співвідношення характеру маркетингових можливостей та загроз стратегічні господарські підрозділи (СГП) фірми розташовують у квадрантах матриці.

Ідеальний стратегічний господарський підрозділ охоплює такий вид бізнесу, який характеризується великими маркетинговими можливостями й низькими загрозами.

| Маркетингові загрози | Маркетингові можливості | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|
| | значні | незначні |
| значні | Сприятливий СГП | Небезпечний СГП |
| незначні | Ідеальний СГП | Зрілий СГП |

Табл. 5.3.2. Матриця різновидів стратегічних господарських підрозділів підприємства

Привабливий стратегічний господарський підрозділ має значні маркетингові можливості, але також великі загрози.

Зрілий стратегічний господарський підрозділ характеризується незначними маркетинговими можливостями й незначними загрозами, що типово для стадії зрілості життєвого циклу товару.

Небезпечний стратегічний господарський підрозділ має великі маркетингові загрози за незначних маркетингових можливостей.

Сильні сторони (переваги фірми) – це її характерні особливості, які дають змогу визначити й сформувати конкурентні переваги.

Слабкі сторони (слабкості) фірми – це ті показники, які визначають її конкурентну вразливість.

Об'єктом аналізу сильних та слабких сторін фірми є її внутрішні фактори.

5.4. Ринкові стратегії стартап-проекту

| Опис | Го- | Орієнтов | Інтенсив- | Простота |
|------|-----|----------|-----------|----------|
|------|-----|----------|-----------|----------|

| | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|--|--|
| профілю цільової групи потенційних клієнтів | товність сприйняти продукт | ний попит в межах сегменту | ність конкуренції в сегменті | входження у сегмент |
| Підприємства хімічної та харчової промисловості | 77% | 90% | Конкуренція невисока, оскільки не так багато великих виробництв на території України | Спілкування напряду з представниками цільової аудиторії, заохочення уваги не перевагах нашої програми. |

Табл.5.4.1. Базова стратегія розвитку підприємства

| | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--|---------------------------|
| Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
| Доступність і зручність | Масовий маркетинг | Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість | Стратегія лідерства |
| Підписання довгострокових контрактів | Диференційований маркетинг | Супровід систем, їх технічне обслуговування, навчання персоналу | Стратегія диференціації |

Табл.5.4.2. Базова стратегія розвитку підприємства

| Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових) |
|--|---------------------------|---|--|
| Аргументована ціна. Супроводження товару Необхідна якість | Стратегія диференціації | Продукція вищої якості за конкурентну Можливість економити на ресурсах Програми лояльності за тривалі контракти Супровід товару | Висока якість та надійність. Тривалі контракти. Програми лояльності. |

Табл. 5.4.3. Визначення стратегії з визначенням позиції

У цьому розділі магістерської дисертації проведено детальний аналіз ринку споживачів та товарів, аналіз маркетингового середовища підприємства та аналіз зовнішнього середовища, враховуючи конкурентів що діють на ринку. На основі проведених аналізів, був розроблений стратегічний план розвитку та сформульований управлінський напрямок роботи. Окрім цього було проведено конкурентний аналіз на основі якого виділено сильні та слабкі сторони підприємства.

Висновок

В даній роботі розглядається процес очищення масел вибірковими розчинниками. Для теплообмінника була розроблена математична модель в програмному забезпеченні MATLAB, отримали експериментальні данні та використали для створення спрощеної моделі процесу теплообмінника в

математичному пакеті MATLAB. Результати вказують на те, що спрощена модель вийшла порівняно точною та функціонує значно швидше ніж експериментальна модель. Розроблено систему керування теплообмінником. Під час розробки враховувались як теоретичні дані, так і експериментальні дані, що зіграло позитивну роль у якості функціонування всієї системи загалом. Також, за допомогою програмного забезпечення Trace Mode було створено імітаційну модель теплообмінника. Останній розділ присвячений стартап проекту для даного процесу.

Література

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973, с. 538-545.
2. Справочник нефтепереработчика: Справочник // Под редакцией Ластовкина Г. А., Радченко Е. Д. И Рудина М. Г. – Л.: Химия, 1986. 648с.

3. Остапенко Ю. О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування [Текст]: Підручник/ Ю. О. Остапенко. – К.: Задруга, 1999. – 424 с. – Бібліогр.: с. 424.
4. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: тези доп. Десятої наук.-практ. конф. студ. 8 – 9 груд. 2016 р., м. Київ / за заг. ред. А. І. Жученка. – Київ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2016. – 92 с. : іл. - Бібліогр. : в кінці тез. с. 37 – 38.
5. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Текст]: Матеріали Четвертої Міжнаоодної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ-2017); Київ, 19-20 квітня 2017 р. – К:КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 204 с. : іл. – Бібліогр.: в кінці тез. с. 107 – 108.
6. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза [Текст]: учеб. Пособие / И. И. Юкельсон ; под ред. Урывалова Н. И. – М.: Химия, 1968. – 848 с. – Библиогр.: с. 806–819.
7. Поникаров И.И. и др. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. - М.: Альфа - М, 2006.606 с.
8. Поникаров И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтепереработки. М: Альфа - М, 2008.720 с.
9. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Л.: Альянс, 2008. 384 с.
10. Машины и аппараты химических производств / под ред. И.И.Чернобыльского. М.: Машиностроение, 1975. 454 с.
11. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. М.: Альянс, 2008. 752 с.
12. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / под ред. В.Н. Соколова. Л.: Машиностроение, 1982. 384 с.
13. Дытнерский Ю .И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. М.: Альянс, 2007. 495 с.

14. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М.: Альянс, 2007. 576 с.
15. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. М.: Машиностроение, 1973. 328 с.
16. Черножуков Н.И., Крейн С.Е., Лосиков Б.В. Химия минеральных масел, стр.150. Гостоптехиздат, 1951.
17. Дьяконов В.П. Математические пакеты расширения MatLab. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с.
18. Хираки Комэки, Сатони Йосихото. Базовое масло для производства нефтяных смазочных масел. Р.ж. Химия, 1983, №7, с. 48.
19. Лазарев Н.В. Химические вредные вещества в промышленности. Справочник. Госхимиздат, 1951.
20. Кай Г., Форсайт Э., Миле А.Л. Очистка масел сернистым ангидридом.- В кн.: У Международной нефтяной конференции: Т.Ш. Переработка нефти и газа.Нефтехимия. М.: Гостоптехиздат, 1961.
21. Хираки Комэки, Сатони Йосихото. Базовое масло для производства нефтяных смазочных масел. Р.ж. Химия, 1983, №7, с. 48.