

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 _____

«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 процесу виробництва скла

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

_____ Сокол Андрій Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник _____ асистент Бородин Валерій Іванович _____
(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)

«30» жовтня 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Соколу Андрій Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автоматизація процесу виробництва скла

науковий керівник дисертації Бородін Валерій Іванович, асистент

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

затверджені наказом по університету від «12» 11 2018 р. № 4139-С

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Скловарна піч

4. Вихідні дані Синтез та дослідження системи керування скловарної печі

5. Перелік завдань, які потрібно розробити дослідити технологічну схеми виробництва склотари; за експериментальними даними, які були отримані на переддипломній практиці, провести ідентифікацію об'єкта дослідження; зробити синтез синтез та дослідити системи керування скловарної печі; розробка та моделювання системи керування ПІД-регулятора в Simulink; розробка та дослідження нечіткої системи керування температури скловарної печі; створення стартап проекту

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного)матеріалу Схема автоматизації регенеративної скловарної печі з підковоподібним напрямком полум'я

7. Орієнтовний перелік публікацій Опублікування дослідження скловарної печі як об'єкта керування у процесі виробництва склотари та створення параметричної моделі об'єкта

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 06 листопада 2018р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання експериментальних даних параметрів скловарної печі	22.10.2018	
2	Розробка схеми автоматизації скловарної печі з підковоподібним напрямком полум'я	06.11.2018	
3	Ідентифікація об'єкта дослідження за експериментальними даними	12.11.2018	
4	Моделювання системи керування ПІД-регулятором в Simulink	18.11.2018	
5	Розробка та дослідження нечіткої системи керування скловарної печі	22.11.2018	
6	Оформлення стартап-проекту	28.11.2018	
7	Оформлення магістерської дисертації	5.12.2018	

Студент

(підпис)

Сокол А. В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Бородін В. І.

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Автоматизація процесу виробництва скла», містить 68 сторінок пояснювальної записки, 40 ілюстрацій, 7 таблиць, 2 додатки та 13 бібліографічних найменування.

Метою проекту є дослідження методів керування виробництвом склотари за допомогою моделювання системи керування з ПІД-регулятором у системі Simulink, розробка та дослідження нечіткої системи керування скловарної печі та їх порівняння.

Об'єкт дослідження – скловарна піч з підковоподібним напрямком полум'я.

Предмет дослідження – система керування процесами виробництва склотари.

Отримано експериментальні данні параметрів скловарної печі і проведено їх ідентифікацію.

Досліджено технологічну схему виробництва з точки зору поетапного виробництва склотари, впроваджено системи керування витрати продуктів горіння і тиску в газовому просторі печі, враховано методи вимірювання показників в системі керування.

Розроблено математичне моделювання системи керування с ПІД-регулятором у системі Simulink, та дослідження нечіткої системи керування скловарної печі

Опубліковано дослідження скловарної печі як об'єкта автоматизації.

Ключові слова: СКЛО, СКЛОТАРА, СКЛОВАРНА ПІЧ, СКЛОВИРОБНИЦТВО, ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМИ, НЕЧІТКА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, СКЛОУТВОРЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПРОЦЕСИ СИЛКАТОУТВОРЕННЯ, *MICROSOFT EXCEL*.

ABSTRACT

The master's dissertation was performed on the topic " Automation of the production of glass". It contains 68 pages of explanatory notes, 40 illustrations, 7 tables, 2 annexes and 13 bibliographic titles.

The purpose of the project is to study the methods of control of the production of glass containers through the simulation of a control system with a PID controller in the Simulink system, the development and research of a fuzzy glass furnace control system and their comparison.

The object of the study is MELTING END glass furnace.

The subject of research is a system for controlling the production of glass containers.

The experimental data of the glass furnace parameters were obtained and their identification was carried out.

The technological scheme of production from the point of view of the stage-by-stage production of glass containers is investigated, systems for controlling the consumption of combustion products and pressure in the gas space of the furnace have been introduced, the methods of measuring the indicators in the control system have been taken into account.

The mathematical modeling of the control system with the PID-regulator in the Simulink system was developed, and the fuzzy control system of the glass furnace was studied.

A study of a glass furnace as an object of automation is published.

Keywords: GLASS, GLASS COUNTAINERS, MELTING END FURNACE, GLASSWARE, GLASS MANUFACTURING, SYSTEM IDENTIFICATION, FUEL CONTROL SYSTEM, GLASSING, AUTOMATION, PROCESSES OF SILICATE PRODUCTION, MICROSOFT EXCEL.

Зміст

ВСТУП.....	8
1. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА СКЛОТАРИ.....	10
1.1. Підготовка сировини.....	11
1.2. Підготовка шихти.....	12
1.3. Варіння скла.....	14
1.3.1. Види ванних печей.....	15
1.3.2. Склоутворення.....	17
1.4. Форування склотари.....	21
1.5. Термічна обробка та контроль якості склотари.....	25
1.6. Постановка задач магістерської дисертації.....	26
2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	27
2.1. Параметри контролю та керування виробництва.....	27
2.2. Опис схеми автоматизації.....	30
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ	32
3.1. Ідентифікація каналів об'єкта за допомогою «сірого ящика».....	32
4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ	40
4.1. Розрахунок та моделювання системи керування ПІД в Simulink...40	
4.2. Розробка та дослідження нечіткої системи керування температурним режимом у скловарній печі.....	42
Висновки до розділу 4.....	50
5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	52
5.1. Ідея та опис стартапу.....	52
5.2. Аудит динаміки та основних тенденцій ринку виробництва глинозему.....	53
5.3. Аналіз маркетингового середовища.....	54
5.3.1. Аналіз внутрішнього середовища.....	54
5.3.2. Аналіз зовнішнього середовища.....	56

5.3.3. Аналіз факторів мікромаркетингового середовища.....	58
5.3.4. Формулювання управлінської проблеми.....	59
5.4. Конкурентний аналіз компанії.....	60
5.5. Ринкові стратегії стартап-проекту.....	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
Додатки.....	65

ВСТУП

Дослідження ринку склотари показало, що скляна упаковка користується попитом. І попит, як і споживання, з кожним роком зростає.

Скляна пляшка має низку переваг у порівнянні з пластиковою:

- термін зберігання в скляній пляшці вище;
- вона не має ніякого впливу на продукт;
- можливо вторинне використання тари;
- ігристі вина, шампанське розливається тільки в скляні пляшки;
- різноманітність форм дозволяє виділити індивідуальність пляшки під кожен вид алкогольних напоїв (горілчана, винна, пивна, коньячна пляшки та ін.)

- скляна пляшка має більш привабливий вигляд;
- герметичність упаковки;
- скляну пляшку можна випустити з логотипом фірми, назвою компанії або торгової марки, що зменшує ймовірність підробки напою;
- можна розробити абсолютно новий дизайн пляшки, який буде відрізняти продукт від конкуруючих товарів і вигідно виділяти його на полиці.

Вимоги до готової скляної тарі:

- форма пляшки (поверхня - гладка без виступів, зморшок і зарубок, бічні і донні шви - гладкі і практично непомітні, перехід від торця горловини до внутрішньої порожнини пляшки - добре округлений, у виробі не допускаються будь-які сторонні матеріали, видимий непровар скла, відкриті бульбашки, різні забруднення);

- механічна міцність (оскільки виробники постійно прагнуть знизити вагу пляшки, за рахунок чого вони отримують зниження собівартості, особливу увагу варто приділяти міцності пляшки. Пляшка не повинна бути дуже тонкою, і повинна витримувати внутрішній тиск напою. Особливою міцністю відрізняються пляшки для шампанського - вони витримують тиск близько 5 атмосфер (що майже в 3 рази більше, ніж тиск в автомобільній шині);

- термостійкість (пляшки повинні бути стійкими до перепадів і послідовній зміні температур);
- хімічна стійкість скла (для пляшок використовується скло не нижче третього гідролітичного класу).

Підприємства, які займаються виробництвом скляної тари, виготовляють скляні пляшки переважно двома способами: секційним і роторним. Секційний спосіб дозволяє випускати більшу кількість пляшок, ніж роторний. Однак виробництво роторним способом дешевше. Саме ці два критерії - необхідна кількість пляшок і бюджет на виготовлення - стають основними вирішальними факторами при виборі способу виробництва пляшки.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛОТАРИ

Виробництво скляної пляшки проходить наступні етапи [1]:

1. Підготовка сировинних матеріалів.
2. Приготування шихти.
3. Варіння скла.
4. Формування виробів.
5. Відпал виробів.
6. Контроль якості.
7. Упаковка готових виробів.

Технологічна схема виготовлення склотари наведена на рис. 1.1.

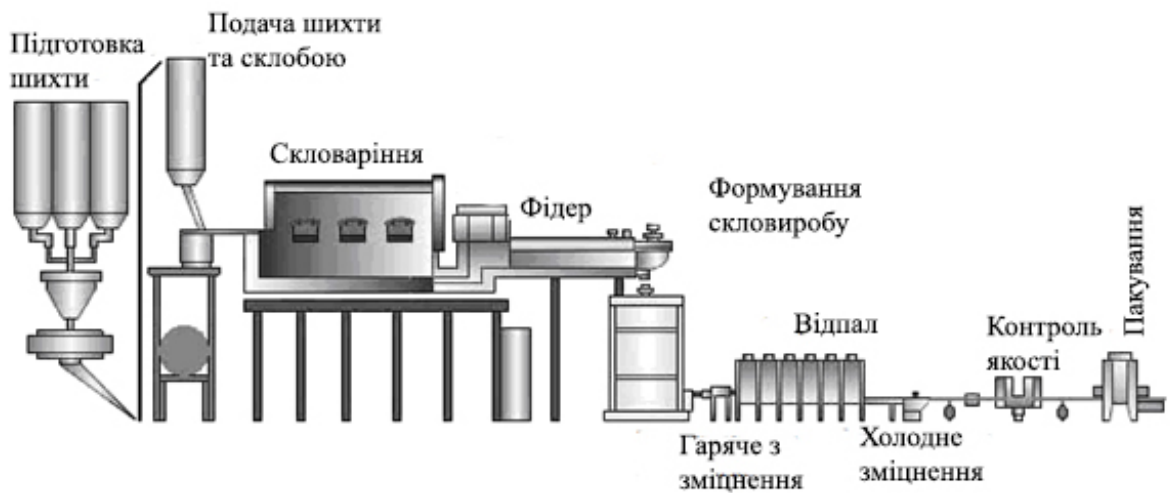


Рис. 1.1. Технологічна схема виготовлення склотари

1.1. Підготовка сировини

На першому етапі для подальшої обробки підготовлюють сировину. Сировинні матеріали для виробництва скла умовно поділяють на основні та допоміжні. Основні сировинні матеріали формують основу скломаси. Це: кварцовий пісок, сода, сульфат натрію, глиноземи, крейда, доломіт. Допоміжні сировинні матеріали додають при виробництві для зміни характеристик і якості скла, для прискорення процесів скловаріння і фарбування скла. До допоміжних відносять селен, кобальт та інші.

Сировина зі складу надходить в сортувальний цех, де її очищають від небажаних домішок, подрібнюють, сушать, розмелюють і просівають. Далі отриману масу змішують з очищеним і роздробленим битим склом. Підготовлена сировина надходить в видатковий бункер.



Рис. 1.2 Схема підготовки матеріалів

1.2. Підготовка шихти

На другому етапі готується шихта (це суха суміш всіх сировинних матеріалів, використовуваних для виробництва скломаси). Для того, щоб шихта вийшла однорідна всі компоненти зважуються в певному співвідношенні, ретельно перемішуються і подаються у змішувач.

У таблиці 1 подані співвідношення для деяких видів скла.

Таблиця 1

Вміст, %	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Склотара:							
Прозора	72,6	13,7	0,5	11,0	0,1	1,6	< 0,05
Зелена	72,0	15,1	-	8,4	2,1	1,1	0,4
Коричнева	72,7	13,8	1,0	10, 0	-	1,9	0,2
Скляний посуд	75,6	13,5	4,1	3,7	2,6	0,4	0,02
Прозоре листове скло	71	14	0,8	9	5	1-1,5	0,08
Матове листове скло	70	14	0,8	9	5	1-1,5	0,3-1,5

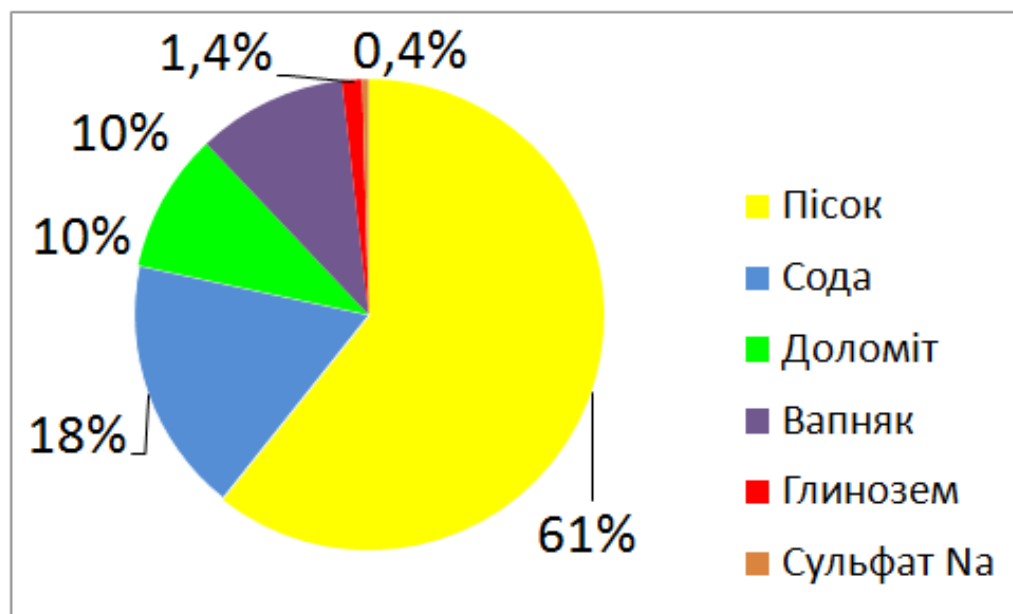


Рис 1.3. Вміст матеріалів на реальному виробництві

Для того, щоб шихта не розшаровувалась, її зволожують.

Далі готову шихту змішує зі склобом, це надає великі переваги при варінні скла.

Переваги змішування шихти та склобою:

- Менші витрати енергії на плавлення суміші, ніж чистої шихти (склобій вже пройшов стадії склоутворення, тому при розплавці не відбувається ендотермічного розкладання карбонатів).

- Діє як флюсуючий агент і зменшує енергію яку потрібно для плавлення, приблизно на 25-30%.

Недоліки:

- При використанні склобою отриманого на власному виробництві, за рахунок браку, то немає конкретних недоліків, якщо склобій зберігався подрібненим, чистим та сухим

- Дуже мала фракція склобою може привести до пінистого і скляного залишку пилу

Готова шихта подається в цех вироблення для варіння скломаси.

1.3. Варіння скла

Скловаріння – основний технологічний процес у виготовленні склотари.

Переважно варіння відбувається в ванних печах безперервної дії, які мають велику продуктивність, більш економічні і легко керовані. Найбільший ККД мають електричні і газово-електричні печі. 3D модель регенеративної ванної печі зображено на рис. 1.4.

Скловарні печі, в яких основний енергоносіє це природний газ, забезпечені системами подачі і відведення продуктів горіння: регенератор чи рекуператор.

В ванних печах більших розмірів газ рухається перпендикулярно осі печі; в менших печах зазвичай рух газів підковоподібний, що дозволяє подовжити факел і поліпшити умови спалювання палива. Рекуперативні ванні печі мають невеликі розміри. Газ в них рухається в поперечному або в підковоподібному напрямку.

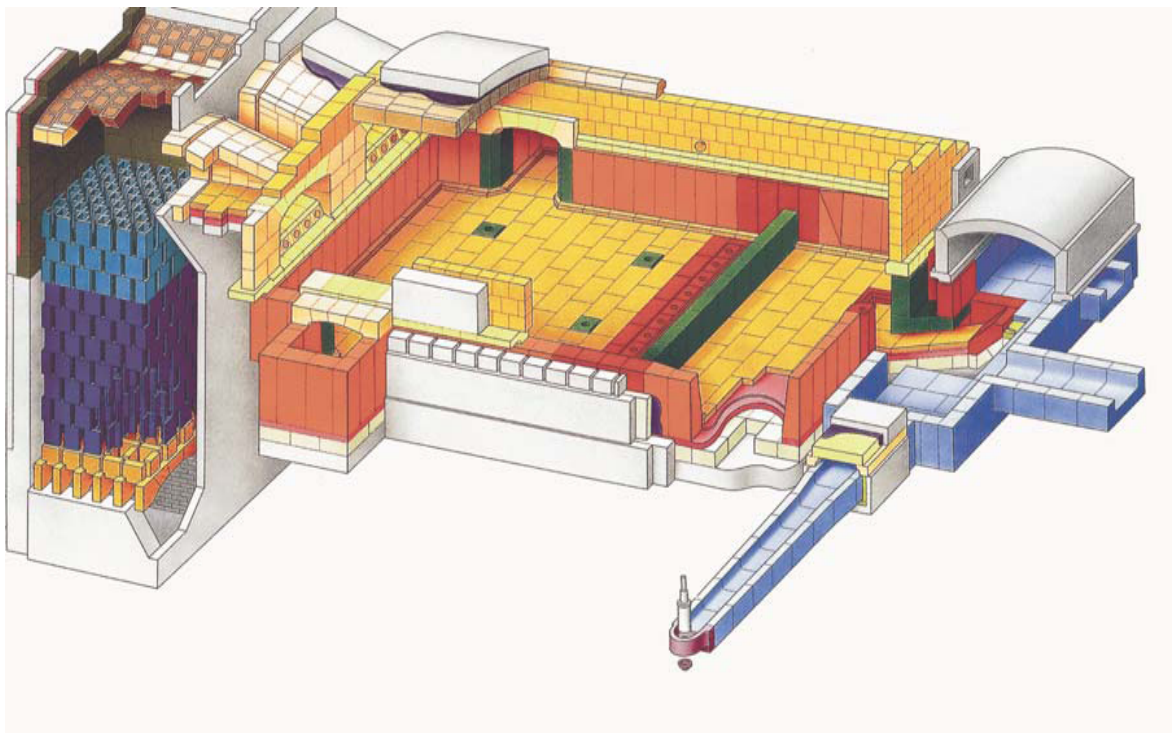
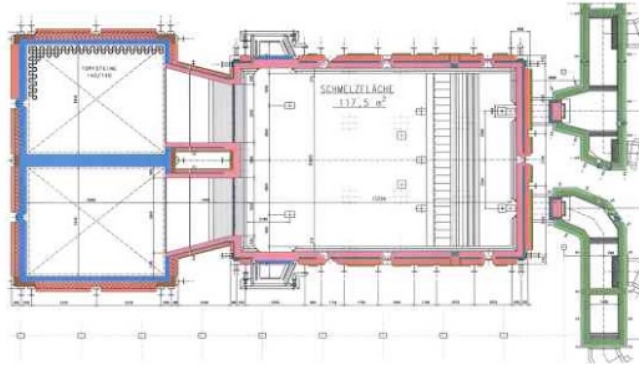


Рис 1.4. Регенеративна скловарна піч

У таких печах шляхом плавлення суміші шихти та склобою, отримують скломасу, з якої надалі виготовляють скляну тару. Шихта нагрівається знизу розплавленим склом, а зверху - випромінюванням полум'я.

1.3.1 Види скловарних ванних печей

Піч з підковоподібним напрямком полум'я (End Fired Furnace)

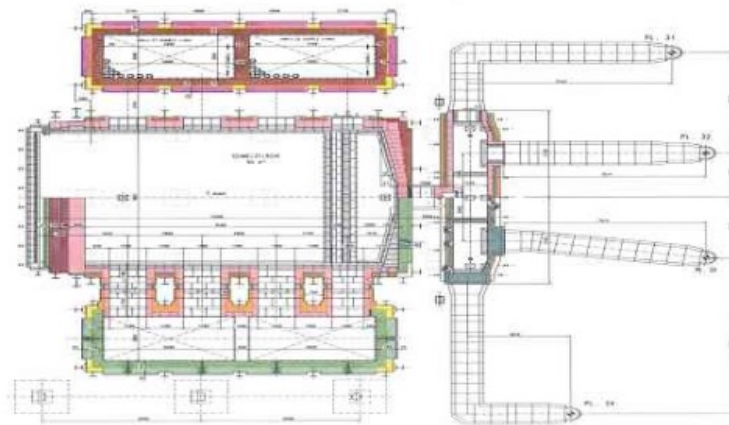


Переваги:

- Стабільна якість скла навідь під час виробництва;
- Низьке споживання енергії завдяки високому відновленню тепла;
- Більш висока питома вага зони плавлення в порівнянні з рекупаративними печами;
- Тривалий термін служби.

Застосовується для виготовлення прокатного скла, склотари, косметичного скла, скляних блоків.

Піч з поперечним напрямком полум'я (Cross-Fired Furnace)

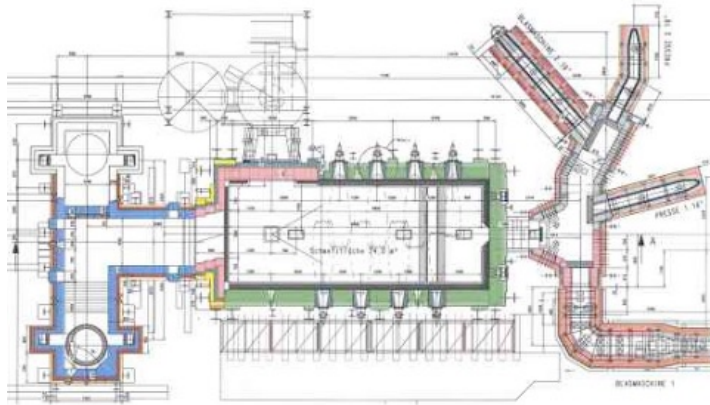


Переваги:

- Висока ємність, до 750 т/д
- Температуру вздовж довжини печи можна легко регулювати
- У цій конструкції можлива повторна циркуляція полум'я

Застосовується для виготовлення склотари, прокатного скла, листового скла.

Рекуперативна піч (Recuperative Furnace)

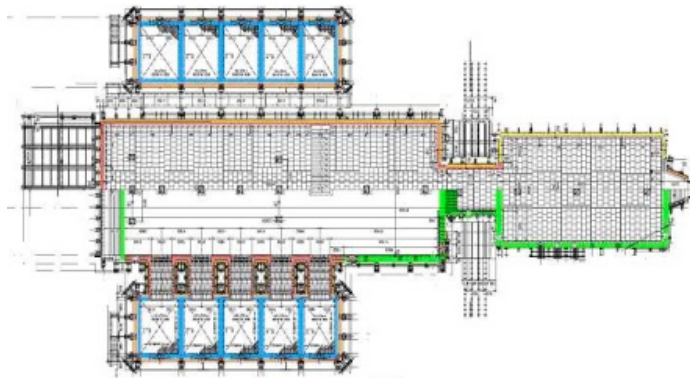


Переваги:

- Стабільне згорання, оскільки переключення вогню не відбувається, як у випадку з регеративною піччю
- Менша емісія оксиду азоту, ніж з регенеративними печами
- Менші інвестиційні витрати
- Висока гнучкість

Застосовується для виготовлення склотари, спеціального скла, скловолокна.

Піч для листового скла (Float Furnace)



Переваги:

- Виробнича потужність до 1000 т/д
- Високоякісне скло
- Низьке споживання енергії
- Довготривалий термін використання

Застосовується тільки для виробництва листового скла.

1.3.2. Склоутворення

Шихта нагрівається знизу розплавленим склом, а зверху - випромінюванням полум'я. При нагріванні шихти відбувається розплав всіх матеріалів (температура 1100-1150 ° C), при подальшому підвищенні температури найбільш тугоплавкі матеріали повністю розчиняються в розплаві, і утворюється скломаса. Для того, щоб освітлити скломасу температуру підвищують до 1500-1600°C.

За такими температурами відбувається багато фізичних, хімічних та фізико-хімічних процесів.

Класифікація фізико-хімічних процесів, що відбуваються при нагріванні склобою та шихти, дана в таблиці 2.

Таблиця 2

Процеси		
Фізичні	Хімічні	Фізико-хімічні
Нагрівання шихти	Реакції у твердому стані	Утворення евтектик
Видалення вологи	Дисоціація карбонатів, сульфатів, нітратів і других солей	Взаємне розчинення і взаємодія компонентів в твердому та рідкому стані
Плавлення окремих компонентів	Розщеплення гідратів	Взаємодія між склом та газами в просторі печі
Поліморфні перетворення	Видалення хімічно зв'язаної води	Взаємодія між склом та включеними в нього газам
Випаровування окремих компонентів	Реакція взаємодії і утворення силікатів	

Виділяють п'ять стадій процесу скловаріння: силікатоутворення, склоутворення, освітлення, гомогенізація та охолодження.

Варіння скла в печах неперервної дії проходить у часі, тому можна поділити процес на три інтервали: варіння, де проходить процес силікатоутворення та склоутворення; освітлення, де протікають процеси дегазації та гомогенізації, охолодження, призначена для зменшення температури скломаси для створення в'язкості.

Силікатоутворення

На цій стадії із солей та оксидів, які являються одними з сировинних матеріалів, утворюються силікати, з яких наділі утворюється первинний розплав. На низькотемпературній стадії процесу (до 500 C), проходить нагрівання, видалення вільної і зв'язаної води, розпад простих та утворення подвійних карбонатів і т. п. При підвищенні температури до 900 C протікатимуть хімічні реакції утворення легкоплавких силікатів лужних металів. Інтервал з 900 C до 1200 C є завершальною стадією формування високотемпературних силікатів, таких як силікати кальція. Одночасно розпочинається плавлення лужних силікатів, утворення і плавлення евтектичних складів і розчинення тугоплавких оксидів в первинному розплаві.

Склоутворення

Після завершення основних хімічних реакцій утворення силікатів, в результаті подальшого підвищення температури, в процесі варіння різко зростають швидкості дифузійних процесів і розчинення діоксиду кремнію та тугоплавких силікатів у розплаві.

Результатом дифузійних процесів, які протікають у розплаві, є утворення однорідної скломаси з великою кількістю газових включень.

Основними факторами, які впливають на швидкість варіння скла є хімічний склад скла, температура варіння, гранулометричний склад, хімічні добавки та однорідність шихти. Також наявність склобою прискорює процес склоутворення.

Освітлення та гомогенізація

Освітленням скломаси називають процес її звільнення від газових включень, або процес дегазації.

Гомогенізацією скломаси називається процес її приведення в стан однорідності.

Перед тим охолодженням та формуванням скломаса повинна бути однорідною та вільною від газових включень, для забезпечення норм готових виробів.

Процеси звільнення скломаси від аморфних, газових та кристалічних включень (освітлення та гомогенізація) проходить одночасно. Обидва процеси проходять при підвищенні температури в печі і перемішування скломаси. У випадку з піччю неперервної дії, перемішування здійснюють за допомогою конвективних потоків у просторі ванни, бурління повітрям, або додаткових електропідігрівом в зоні максимуму.

Охолодження

Це є завершальною стадією скловаріння, тобто розігріту скломасу охолоджують на 300-400 С, таке зменшення забезпечує однорідне розподілення температури і в'язкості скломаси, необхідних для формування скляних виробів різних типів. Вплив температури на в'язкість скла можна побачити на рис 1.5.

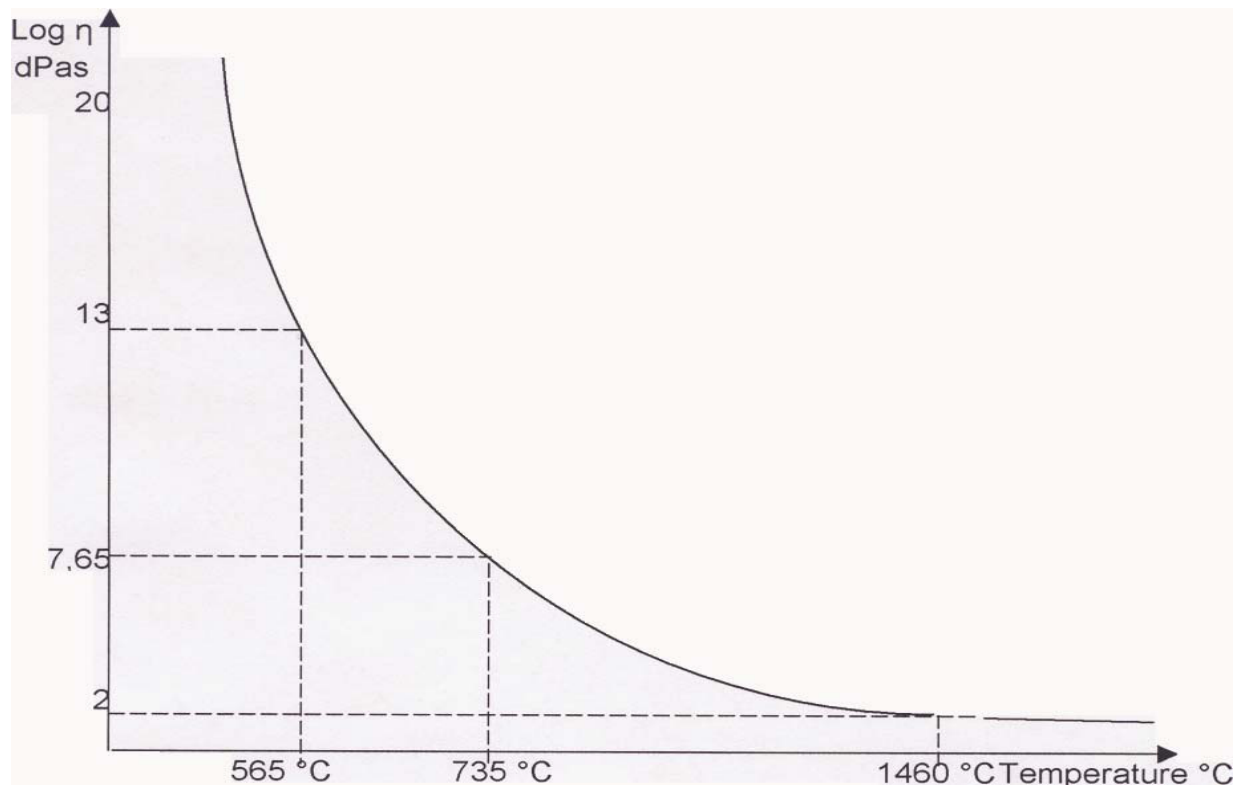


Рис 1.5. Вплив температури на густину скла

Для того, щоб скло готових виробів було кольоровим або непрозорим, в нього додають різні барвники (для отримання синього кольору - з'єднання кобальту, для зеленого кольору - з'єднання хрому, для фіолетового кольору - марганець, для синьо-зеленого і коричневого кольору - оксиди заліза) і глушники (сполуки фосфору, фтору та ін.).

1.4. Формування склотари

Далі охолоджена скломаса протікає через канал фідери до склоформуючої машини.

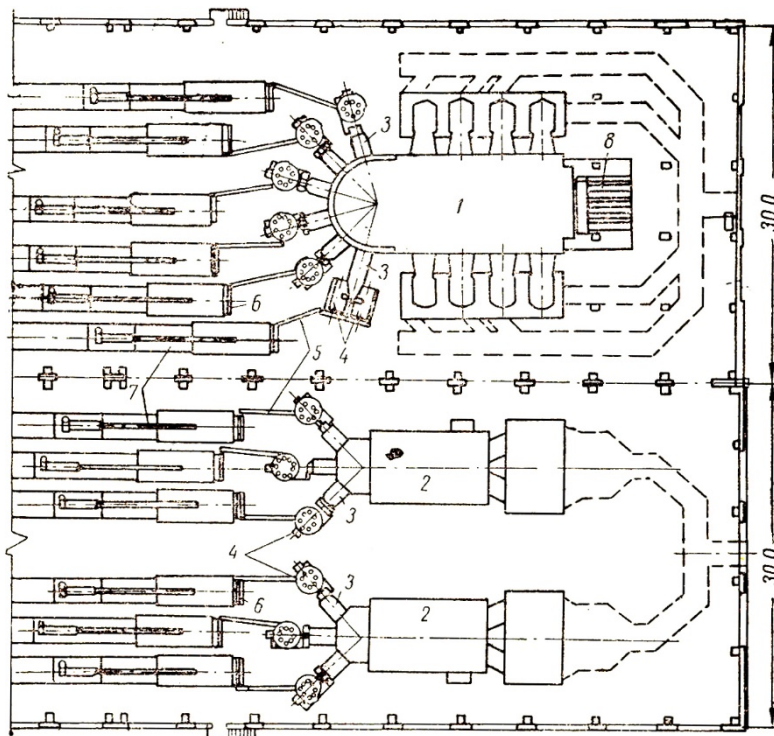


Рис 1.6. План положення основного технічного обладнання в гарячому цеху

1 – скловарна ванна піч з поперечним напрямком полум'я; 2 – скловарна ванна піч з підковоподібним напрямком полум'я; 3 – фідер; 4 – склоформуючі машини; 5 – конвеєр; 6 – переставляч; 7 – лери

Канал фідери також являється важливою точкою перед формування самої пляшки в склоформуючій машині.

Канал розділений на декілька секцій в яких протікає скломаса і контролюється її температура. В одних із секцій також відбувається і керування цією температурою, для підтримання заданої температури вирахованої для заданої пляшки.

Для прозорого скла дозволяється 1% відносної похибки, а для кольорового скла приблизно 2-3% похибки температури.

На рис 1.7 приведені діаметр і довжина каплі в залежності від її ваги. Жирною лінією підкреслено рекомендована довжина каплі. Діаметр каплі залежить від діаметра чорнової форми, який в свою чергу являється визначальним для розмірів каплі.

13	Диаметр капли в мм																							
14																								
16																								
17																								
19																								
21																								
22																								
24																								
25																								
27																								
29																								
30																								
32	Длина капли в мм																							
33	251																							
35	231	241	254																					
37	211	224	234	246	257																			
38	196	206	216	226	236	246	257																	
40	183	193	201	211	221	229	239	249	257															
41	170	178	188	196	206	213	221	231	239	249	257													Вес капли в г
42	510	539	567	595	624	652	680	709	737	765	794	822	850	907	964	1 021	1 077	1 134	1 191	1 247	1 304	1 361		
43	160	168	175	183	190	201	208	216	224	231	239	249	254	272										
44	150	157	165	173	180	188	196	203	211	216	224	231	239	254	269	284								
46	142	147	155	163	170	175	183	190	198	203	211	218	226	239	254	267	282							
48	135	140	147	152	160	165	173	178	185	193	198	206	211	224	239	251	264	277	290					
49	127	132	140	145	150	157	163	170	175	183	188	193	201	213	224	236	249	262	274	284	297			
51	119	127	132	137	142	150	155	160	165	173	178	183	188	201	213	224	236	246	259	269	282	292		
54	109	114	119	124	130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	190	201	211	221	231	241	251	262		
57	102	107	109	114	119	124	127	132	137	142	147	156	155	165	173	183	193	201	211	218	229	236		
60	94	97	102	107	109	114	117	122	127	130	135	137	142	150	157	168	175	183	191	198	208	216		
63	86	91	94	99	102	107	109	114	117	119	124	127	132	140	147	155	160	168	175	183	188	198		
67	84	86	89	91	97	99	102	107	109	112	114	119	122	130	135	142	150	155	163	168	175	183		
70	79	81	84	86	91	94	97	99	102	107	109	112	114	122	127	132	140	145	152	157	163	170		
73	74	76	79	81	86	89	91	94	97	99	102	105	107	112	119	124	132	135	140	147	152	157		
76			76	79	81	84	86	89	91	94	97	99	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147		
79					81	84	86	89	91	94	97	102	107	112	117	122	124	130	135	140	147	152		
83									84	86	89	91	94	97	102	107	112	114	119	124	127	132		
86												86	89	94	97	102	104	109	112	117	122	124		
89														89	94	97	102	104	109	112	117	119		

Рис 1.7. Розміри циліндричної каплі скла від її ваги.

Далі починається етап формування самої пляшки на склоформуючих машинах.

Для виробництва скляних пляшок використовують різні склоформуючі машини. Машини для виробництва склотари повинні бути високопродуктивними, економічними і точними відносно дотримання заданої форми виробу.

Склоформуючі машини бувають трьох типів:

- карусельні (роторні);
- секційні;
- конвеєрні.

Карусельні машини працюють за принципом формування виробів при безперервному роторному (або циклічному безперервному) обертанні столів навколо центральної осі. При цьому машини можуть бути з одним столом, на якому здійснюються всі операції, або з двома столами, де на одному столі формують заготовку виробу, а на іншому столі - вже формують виріб. При роторному способі виробництва можливе використання однієї або двох форм. Продуктивність карусельних роторних машин невелика - 50 шт. в хвилину (якщо використовується одна форма) і 100-160 шт. в хвилину (якщо використовується дві форми).

Секційні машини складаються з декількох секцій, які працюють окремо один від одного. Такі машини бувають з двома, чотирма, шістьма і більш секціями. Секційний спосіб виробництва дозволяє випускати більше пляшок (продуктивність таких машин вище, ніж роторних). При використанні двомісних форм можна домогтися збільшення продуктивності ще на 20-40%. Ще однією перевагою секційних машин є те, що в різних секціях можна використовувати різні форми, і тим самим це дозволяє випускати різні види продукції.

Конвеєрні машини використовуються в основному для виробництва полегшених пляшок. Виробництво конвеєрним способом найбільш

ефективно, воно дозволяє виготовляти щохвилини понад 230 шт. виробів ємністю 0,5 л. і майже 400 шт. виробів ємністю 0,2 л.

На сьогоднішній день використовують секційні машини на 8, 10, 12 секцій.

Коли скломаса вже готова, її охолоджують до температури придбання в'язкості і починається етап видування скляних форм.

Капля відрізається спеціальними ножицями и через розподільник подається на вільну секцію, де і відбувається формування.

При видуванні спочатку отримують наближену до форми готового виробу заготовку пляшки в чорновій формі(рис 1.8).

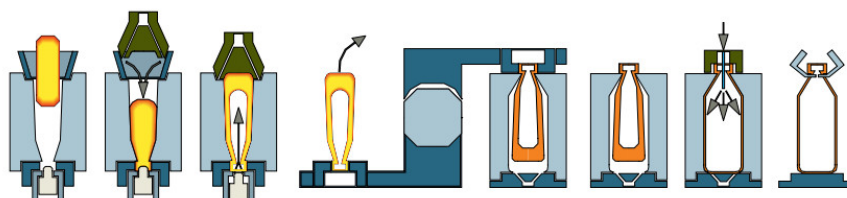


Рис. 1.8 Етапи видування від чорнової форми до готового виробу

Після формування горла з чорнової форми роздувається сама кулька, яка передається в чистову форму формувальних автоматів, де і відбувається остаточне формування готового виробу. На рис 1.9. показаний формувальний апарат.

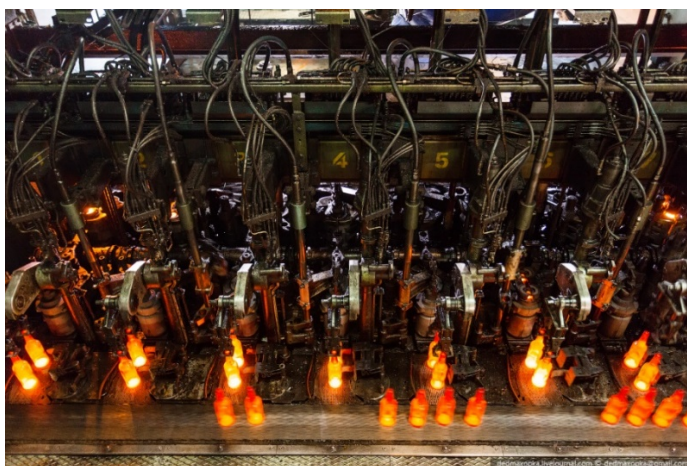


Рис. 1.9. Вигляд формувального апарату

1.5. Термічна обробка та контроль склотари

Після формування вироби подаються в тунельну піч (Lehr) прямого нагрівання для додаткової термічної обробки (відпал). Цим процесом зменшують залишкове напруження і запобігають виникненню руйнівних напружень. Приклад такої печі на скляних виробництвах зображено на рис. 1.10.



Рис 1.10. Тунельна піч (Lehr)

На тару перед і після відпалу наносять тонку плівку, що значно підвищує міцність і термічну стійкість скляної пляшки. Зміцнення поверхні склотари гарячим методом здійснюється нанесенням захисного покриття з оксиду металу. В результаті випаровування реагенту з поверхнею тари виникає захисна плівка, яка і запобігає руйнівного впливу зовнішніх факторів. Холодний відпал проходить після виходу тари з печі прямого нагрівання, де наноситься захисна плівка з полімерів на водній основі. Ця обробка знижує коефіцієнт тертя та виключає потертості на скляній тарі.

Відпалені вироби проходять етап контролю відповідності встановленим нормативам і технічним умовам. При контролі перевіряється якість скла, наявність дефектів вироблення, точність формування горла для герметичної упаковки.

На останньому етапі відсортовану і визнану придатною тару упаковують в ящики або коробки, потім відправляють на склад готової продукції і вже звідти до замовника.

1.6. Постановка задач магістерської дисертації

Метою даного дипломного проекту є розробка схеми автоматизації та розробка системи автоматичного керування скловарною печі, як одного з важливіших об'єктів у процесі виробництва склотари.

Очевидно, що застосування найпростіших систем для управління даним об'єктом може виявитися малоефективним. Отже, необхідна розробка такої системи і способів її розрахунку, яка б враховувала дану особливість процесу.

Крім цього, на температури в печі впливають різні збурювальні впливи, при цьому найбільше значення мають концентрація кисню в повітрі, вологість склобою, витрата шихти та склобою.

Тому, для ефективного функціонування системи управління цим процесом необхідно розробити систему стабілізації температурного режиму скловарної печі з використанням регулятора на базі нечіткої логіки, або ПІД-регулятора.

На основі вищесказаного сформульовані наступні завдання для дипломного проекту:

1. Розробка схеми автоматизації процесу скловаріння;
2. Ідентифікація динамічної моделі скловарної печі за експериментальними даними;
3. Розробка системи керування температурним режимом у скловарній печі на основі ПІД-регулятора;
4. Розробка системи керування температурним режимом у скловарній печі на основі нечіткого регулятора;
5. Розглянути різні варіанти отримання налаштувань регулятора і порівняти результати їх роботи;

2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Параметри контролю та керування виробництва

Скловарна піч – один з найважливіших об'єктів процесу виготовлення склотари. Тому за об'єкт автоматизації дипломного проекту було взято і досліджено регенеративну скловарну піч з підковоподібним напрямком полум'я.

Для правильного і безпечного функціонування процесу виготовлення склотари у скловарній печі, а також заданої якості продукції, необхідно забезпечити автоматичний контроль та керування наступних параметрів:

- Витрата газу, що надходить до горілок печі
- Витрата повітря
- Витрата суміші шихти та склобою, що надходить у піч
- Рівень суміші, що виходить з печі
- Температура в зоні регенераторів
- Температура стінок печі
- Температура скломаси на виході з протоки

У самій ванній скловарної печі проходять багато хімічних, фізичних та хіміко-фізичних процесів за різними температурами, блябла можна побачити за температурною моделлю скловарної печі на рис 2.1-2.3.

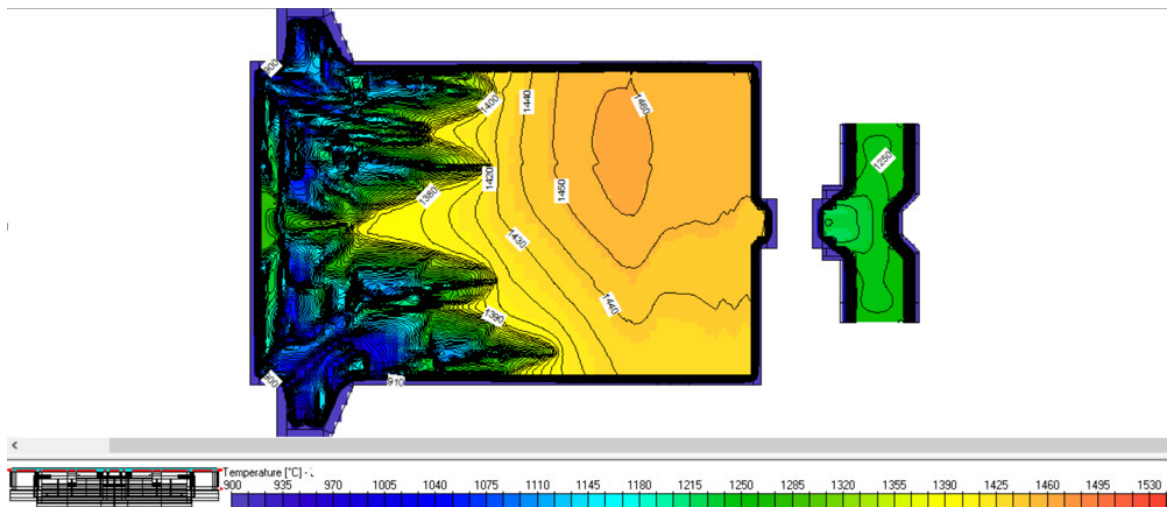


Рис. 2.1 Температурна модель печі на поверхні скломаси

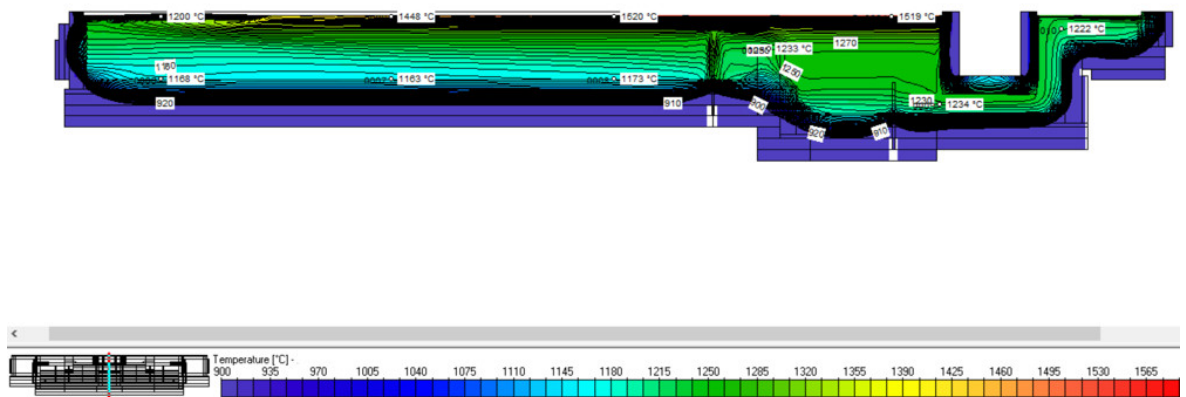


Рис. 2.1 Температурна модель печі у поперечному розрізі

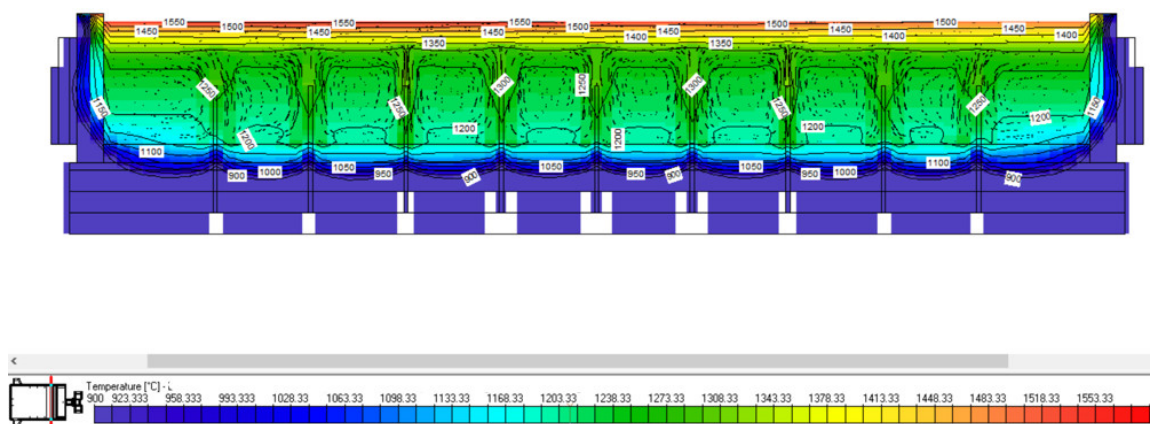


Рис. 2.1 Температурна модель печі в зоні максимуму і бустингу

Тому треба забезпечити автоматичний контроль в різних частинах ванни скловарної печі, параметрів таких як:

- Температура поверхні, поруч з горілками
- Температура дна, поруч з горілками
- Температура поверхні в зоні максимуму
- Температура дна в зоні максимуму
- Температура поверхні в зоні протоки
- Температура дна в зоні протоки
- Тиск газового простору печі

Результати аналізу подано у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

№ п/п	Технологічний об'єкт, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, керування, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Газ, трубопровід	Витрата	—	Контроль, Керування
2	Повітря трубопровід	Витрата	—	Контроль, Керування
3	Скломаса, протока	Температура	1250 °С	Керування
4	Скломаса, протока	Температура	—	Контроль
5, 6	Стінка регенератора, регенератор	Температура	—	Контроль
7, 8	Повітря, регенератор	Температура	—	Контроль
8-17	Скломаса, Ванна печі	Температура	1000-1400 °С	Контроль
18- 19	Суміш шихти та склобою, силоси	Витрата	—	Керування
20	Скломаса, фідер	Рівень	—	Контроль
21	Газовий простір печі, ванна печі	Тиск	—	Контроль, керування

2.2. Опис схеми автоматизації

Для процесу виготовлення склотари, розроблена схема автоматизації – дивись схему ЛА72мп.12.МД.00.001 СхА

Схема автоматичного контролю та керування процесом виготовлення скломаси, включає в себе ряд контурів контролю і керування.

До контурів контролю входять:

Контур 1 забезпечує контроль витрати газу, що надходить до горілок скловарної печі та включає: компакту вимірювальну діафрагму СО (1-1); інтелектуальний датчик перепаду тиску IDP10 (1-2); програмований логічний контролер SINGLE STATION MICRO 762C (1-3).

Контур 2 забезпечує керування витрати повітря, що надходить до горілок скловарної печі та включає: компакту вимірювальну діафрагму СО (2-1); інтелектуальний датчик перепаду тиску IDP10 (2-2); програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200 (2-3); БПУ-7 (2-4); інтелектуальний позиціонер SRD960 (2-5); регулюючий клапан з пневмоприводом ADCATROL PV16G (2-6). При виході температури за максимальне значення спрацьовує світлова сигналізація на контролері.

Контур 3 забезпечує контроль температури скломаси, що виходить з скловарної печі та включає: термопару TC80-S (3-1), індикатор-реєстратор 6180AF (3-2) та програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200 (3-3).

Контур 4 забезпечує контроль температури скломаси, що виходить з скловарної печі та включає: термопару TC80-S, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200 .

Контур 5,6 забезпечує контроль температури вогнетривів регенератора та включає в себе пірометри IS 50-LO/GL, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200 .

Контур 7,8 забезпечує контроль температури газового простору регенераторів та включає: термопару ТПРТ 21.21 А2, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200 .

Контур 9-17 забезпечує контроль температури скломаси, у ванні скловарної печі та включає: термопару ТС80-S, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200.

Контур 18-19 забезпечує контроль витрати суміші склобою та шихти в скловарну піч та включає: масовий витратомір CFS20, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200.

Контур 20 забезпечує контроль рівня скломаси на фідері та включає оптичний рівнемір ЛУР-4С, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200.

Контур 21 забезпечує керування тиску газового простору печі та включає: датчик тиску Метран-150, програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200, інтелектуальний позиціонер SRD960 ; регулюючий клапан з пневмоприводом ADCATROL PV16G .

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

3.1. Ідентифікація каналів об'єкта за допомогою «сірого ящика»

Так як існує проблема аналітично описати математичну модель, було прийнято рішення отримати перехідні функції головних каналів по експериментальним даним ванної печі. Дані отримані експериментально на Гостомельський склозавод (сmt Гостомель)

Ідентифікація динамічних об'єктів полягає в визначенні їх структури і параметрів по експериментальним даним: вхідного впливу і вихідним величинам.

У випадку якщо об'єкт управління являється чорним ящиком, необхідно піддати об'єкт зовнішніми впливами і проаналізувати його реакції, та отримати математичну модель об'єкта, тобто перетворити чорний ящик в білий ящик, домогтися його інформаційної прозорості. Графічно процес ідентифікації показаний на рис. 3.1



Рис. 3.1. Ідентифікація чорного ящика.

Важливим моментом процесу є вибір точок зовнішніх збурень і збір інформації реакції об'єкту, тобто місця де необхідно розмістити керуючі прилади і системи датчиків.

Також при ідентифікації об'єктів розв'язується і більш проста задача, така задача називається ідентифікацією параметрів, це коли завідомо відома структура математичної моделі об'єкта, но не відомі її параметри. В цьому

випадку така процедура називається переходом від сірого ящика до білого ящика. Графічно процес ідентифікації параметрів показаний на рис. 3.2.

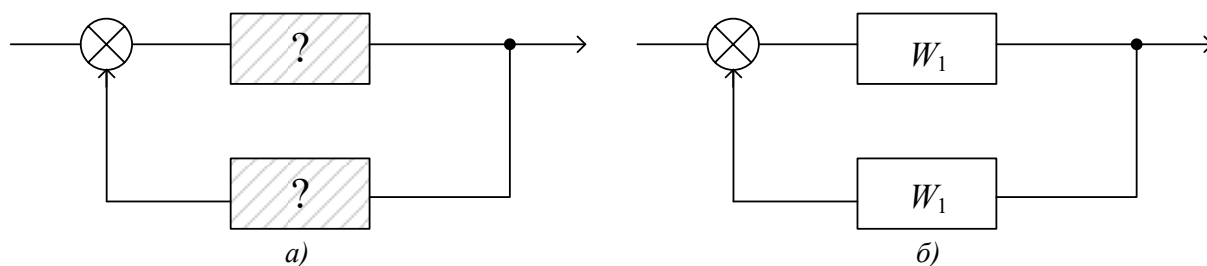


Рис. 3.2. Ідентифікація параметрів ДО (а) і ПІСЛЯ (б)

Зняті експериментальні дані представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

№	Температура скла	Витрата Газу , м³/год.	Витрата повітря , м³/год.	Вміст кисню, %	вологість с/бою
1	1322	1225	359	1206	178
2	1325	1228	241	1205	386
3	1325	1227	240	1210	382
4	1328	1236	372	1211	184
5	1332	1231	234	1221	396
6	1334	1248	385	1213	184
7	1336	1253	383	1215	187
8	1340	1240	248	1228	404
9	1340	1253	327	1319	387
10	1340	1244	258	1332	408
11	1340	1250	272	1230	407
12	1340	1257	397	1231	206
13	1165	1264	407	1228	203
14	1166	1252	264	1242	418
15	1344	1254	267	1244	418
16	1344	1267	405	1242	216
17	1344	1259	275	1247	421
18	1345	1266	408	1244	219
19	1345	1259	275	1251	427
20	1346	1270	419	1243	214
21	1344	1268	423	1241	215
22	1322	1225	359	1206	178
23	1325	1228	241	1205	386
24	1325	1227	240	1210	382
25	1328	1236	372	1211	184

26	1341	1255	276	1250	434
27	1340	1256	283	1248	433
28	1338	1265	424	1239	223
29	1338	1256	283	1247	436
30	1338	1266	283	1247	436
31	1337	1268	1283	1250	441
32	1336	1269	433	1239	225

Для ідентифікації об'єктів будемо використовувати пакет *System Identification Toolbox*, що входить до складу *Matlab*. Пакет *System Identification Toolbox* містить засоби для створення математичних моделей лінійних динамічних об'єктів (систем) на основі спостережуваних вхідних/вихідних даних. Для цього він має зручний графічний інтерфейс, що допомагає організувати дані й створювати моделі без використання функцій командного режиму роботи. Точніше кажучи, ці функції використовуються, насамперед, для підтримки моделей у середовищі графічного інтерфейсу *GUI*. Методи ідентифікації, що входять у пакет, застосовні для рішення широкого класу завдань – від проектування систем керування й обробки сигналів до аналізу часових рядів .

Основні властивості пакета наступні:

1. простий і гнучкий інтерфейс;
2. попередня обробка даних, включаючи фільтрацію, видалення трендів і зсувів;
3. вибір діапазону даних для аналізу;
4. ефективні методи авторегресії;
5. можливості аналізу відгуку систем у часовій і частотній областях;
6. відображення нулів і полюсів передаточної функції системи;
7. аналіз нев'язань при тестуванні моделі.

На рис. 3.3 показані завантажені дані у *Identification Tool Box* по каналу витрата газу – температура скломаси. На рис. 3.4 наведені оцінки різних моделей, що були отримані під час ідентифікації каналу, з цього можна зробити висновок, що передатна функція другого порядку з нулем, найточніше відпрацьовує.

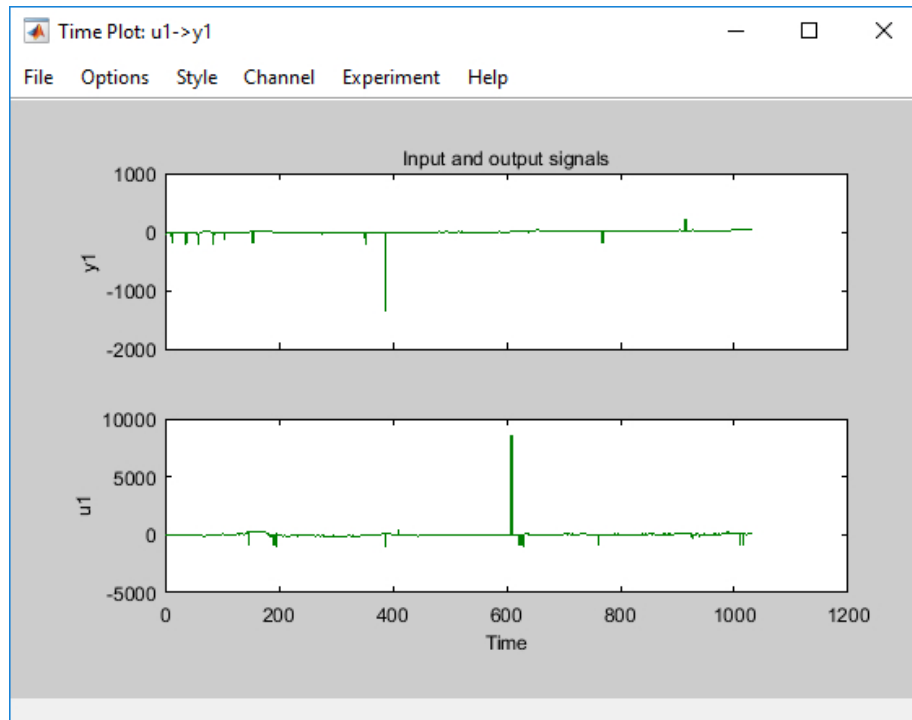


Рис 3.3. Identification Tool Box по каналу витрата газу – температура скломаси.

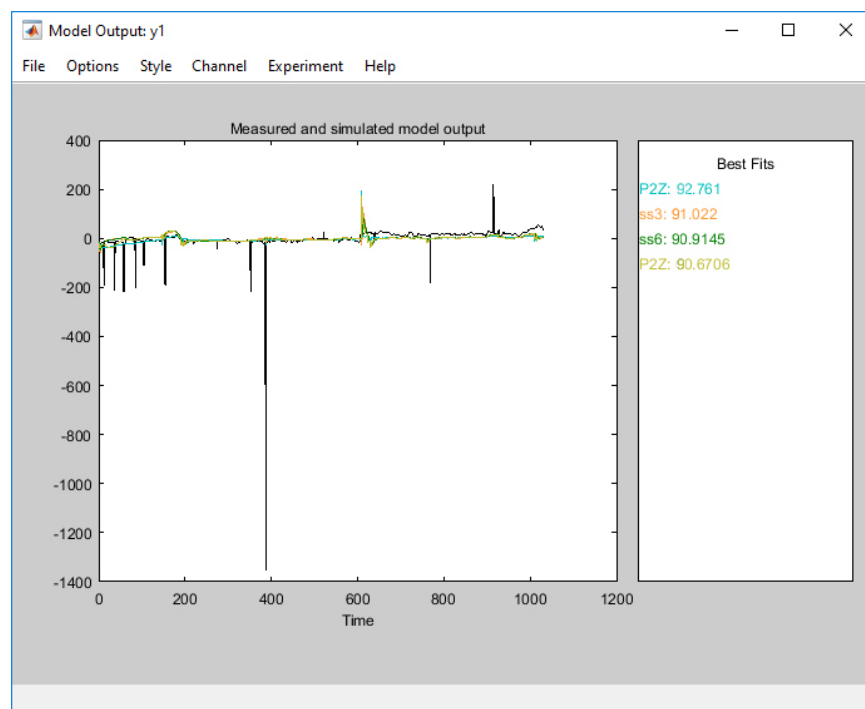


Рис 3.4. Наведені оцінки різних моделей, що були отримані під час ідентифікації каналу

Передатна функція по каналу витрата газу – температура скломаси, перехідна характеристика показана на рис. 3.5

$$W_r = \frac{0.0290630886s + 1.5302}{292.8521552s^2 + 400.253s + 1}$$

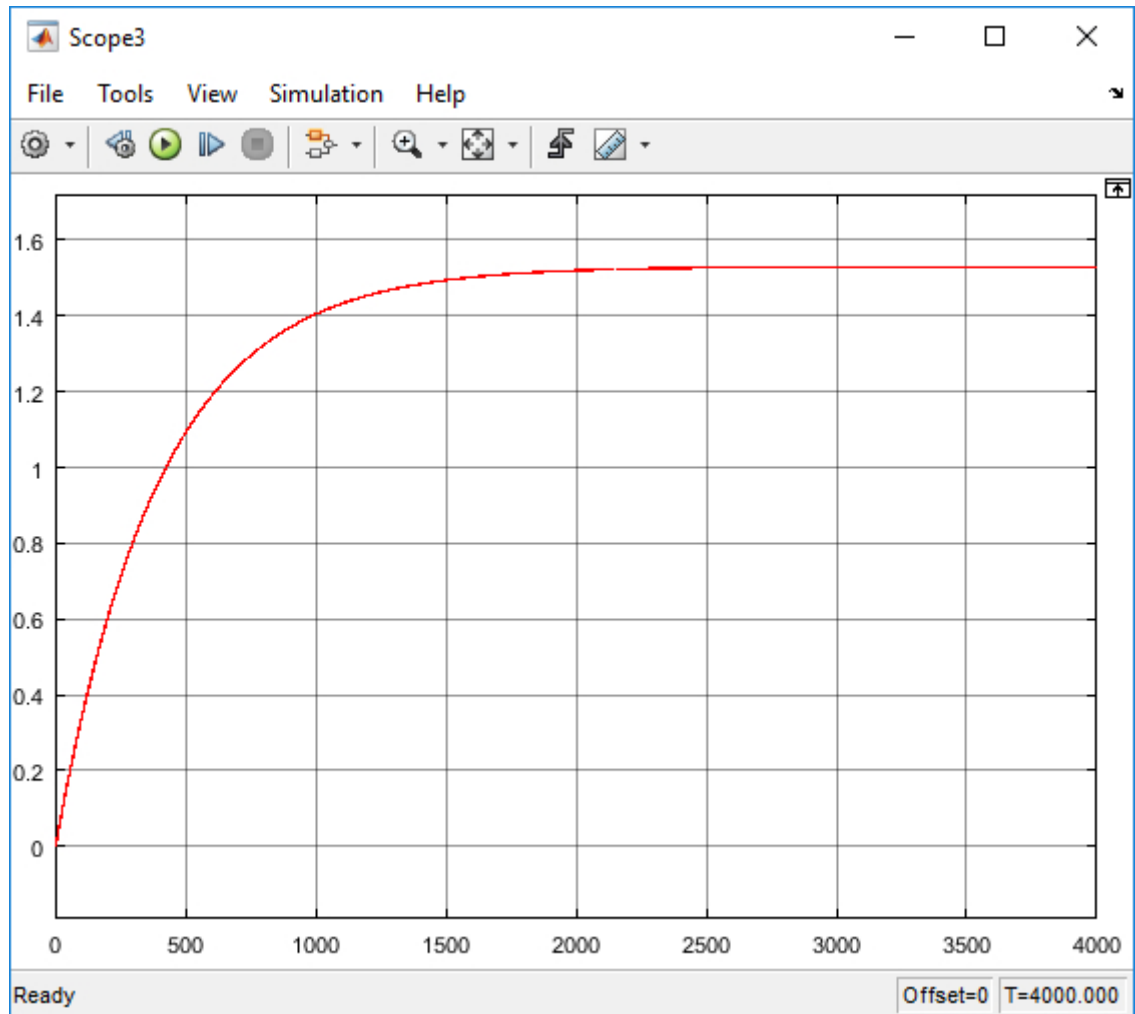


Рис 3.5 Передатна функція по каналу витрата газу – температура скломаси

Аналогічно були отримані передатні функції по іншим каналам, вони і перехідні характеристики по цим каналам приведені нижче.

Передатна функція по каналу витрата повітря – температура скломаси, перехідна характеристика показана на рис. 3.6

$$W_{\pi} = \frac{3.5s - 0.136}{1910.42s^2 + 78.6s + 1}$$

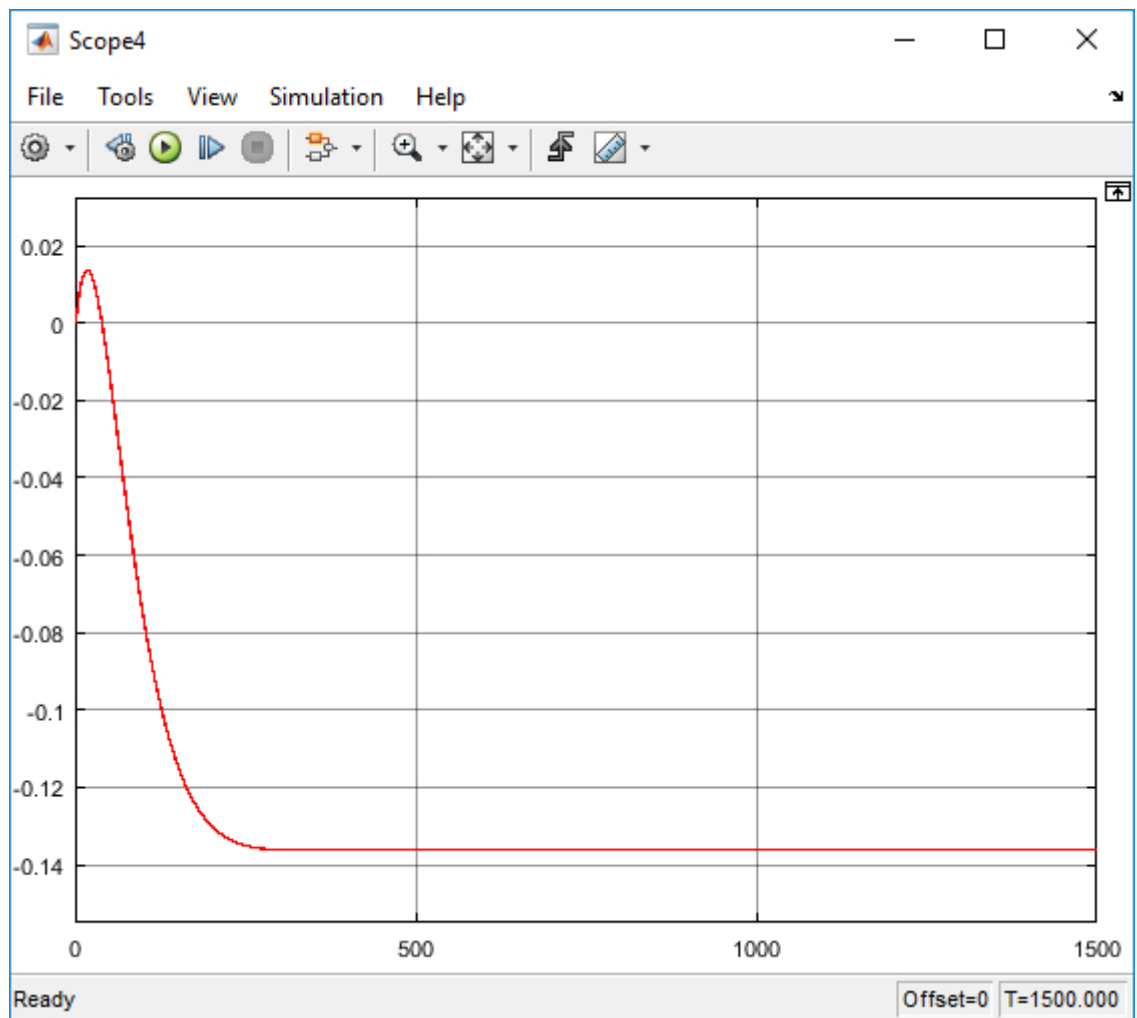


Рис. 3.6 Передатна функція по каналу витрата повітря – температура скломаси

Передатна функція по каналу витрата повітря – температура скломаси, перехідна характеристика показана на рис. 3.7.

$$W_k = \frac{-20.93500647s + 0.83643}{1469.4223s^2 + 482.486s + 1}$$

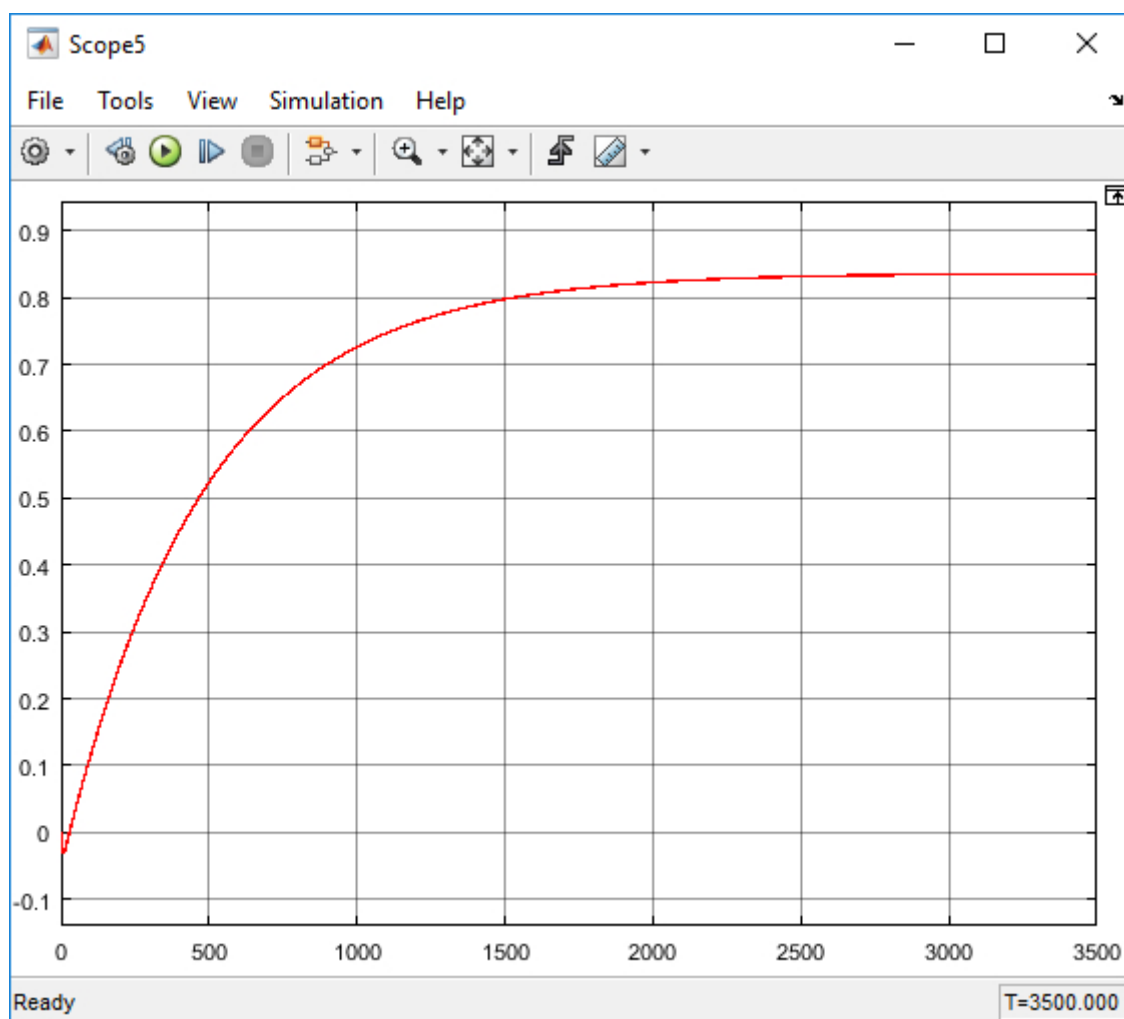


Рис. 3.7 Передатна функція по каналу концентрація кисню – температура скломаси

Передатна функція по каналу вологість склобою – температура скломаси, перехідна характеристика показана на рис. 3.8

$$W_{\text{вол}} = \frac{434.58241s - 1.0174}{21448.0512s^2 + 1543.622s + 1}$$

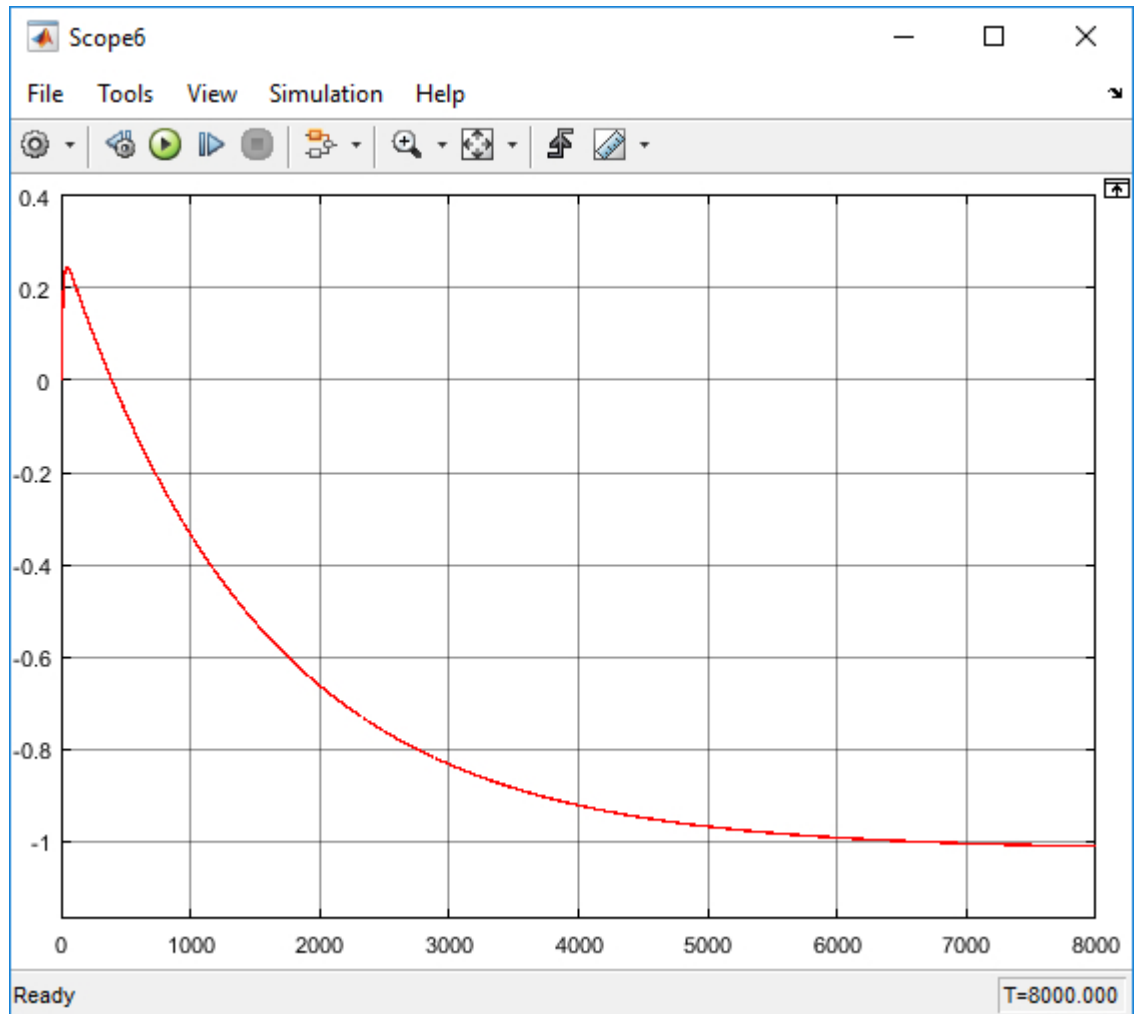


Рис. 3.8. Передатна функція по каналу вологисть склобою – температура
скломаси

4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

4.1. Розрахунок та моделювання системи керування ПД в Simulink

Побудовану схему системи керування з ПД-регулятором можна побачити на рис. 4.1. В ролі передатної функції використовується отримана раніше передатна функція по керуванню.

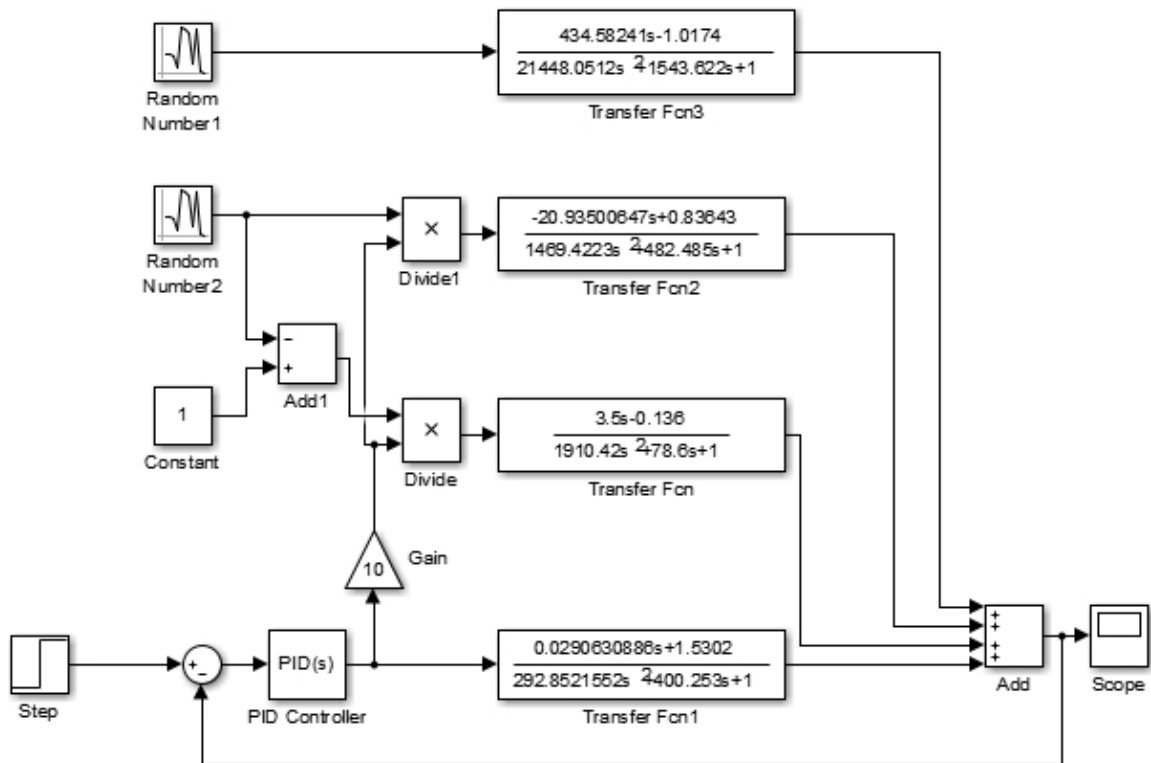


Рис. 4.1 Схема системи керування з ПД-регулятором у середовищі Simulink

Налаштування коефіцієнтів ПД-регулятора відбувається вбудованими засобами *Matlab*, а саме завдяки *PID Tuning Toolbox*. Даний інструмент автоматично підбирає коефіцієнти обраного типу регулятора, будує перехідну характеристику та показує критерії якості. Результати наведені нижче.

Controller Parameters		
	Tuned	Block
P	0.58595	0.58595
I	0.0011583	0.0011583
D	-219.6177	-219.6177
N	0.0013034	0.0013034

Performance and Robustness		
	Tuned	Block
Rise time	644 seconds	644 seconds
Settling time	4.02e+03 seconds	4.02e+03 seconds
Overshoot	13 %	13 %
Peak	1.13	1.13
Gain margin	7.4 dB @ 0.00341 rad/s	7.4 dB @ 0.00341 rad/s
Phase margin	52.5 deg @ 0.0013 rad/s	52.5 deg @ 0.0013 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Рис. 4.2. Результат роботи *PID Tuning Toolbox*: виведені коефіцієнти ПІД-регулятора та критерії якості

Графік перехідного процесу побудованої системи з ПІД-регулятором наведений на рис. 4.3.

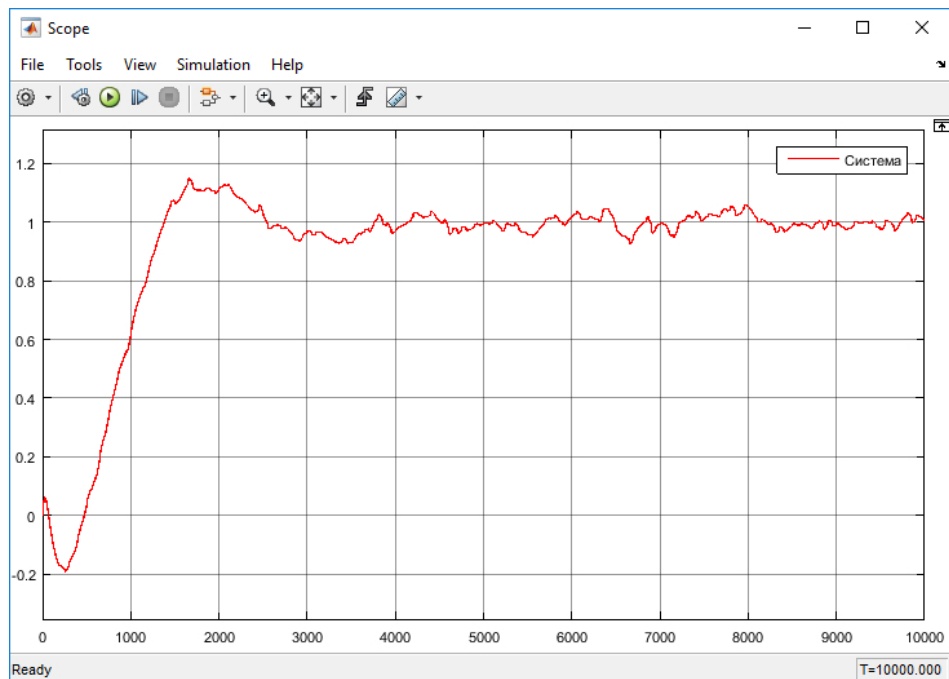


Рис. 4.3. Графік перехідної характеристики в системі з ПІ-регулятором

Проаналізувавши отримані дані з графіків перехідних процесів можна визначити потрібні критерії якості для АСР з ПІД-регулятором:

Таблиця 4.1. Критерії якості керування

Критерій	Значення ПІ-регулятора
Перерегулювання	17 %
ϵ_{\max}	0,17 °C
T_{\max}	1600 хв
Час встановлення T_s	3800 хв

4.2. Розробка та дослідження нечіткої системи керування температурним режимом у скловарній печі

Для реалізації нечіткого моделювання в середовищі Simulink призначений спеціальний пакет розширення Fuzzy Logic Toolbox.

Для застосування методів нечіткої логіки необхідно перетворити звичайні чіткі змінні в нечіткі. Він ілюструється на рисунках 3.25...3.26. Діапазон зміни величини розбивається на підмножини, в межах кожного з яких будується функція приналежності змінної кожному з множин.

У вікні Редактора функцій належності (Membership Function Editor) для кожної терми формуємо функції належності. Було сформовано 5 терм для вхідних нечітких змінних та 5 терм для вихідної нечіткої змінної.

На рисунках 4.3...4.7 функції належності мають трикутну форму, хоча в загальному випадку вони можуть бути будь-якими, виходячи зі змісту розв'язуваної задачі. Кількість множин (термів) також може бути довільним.

Функції належності для кожної лінгвістичної змінної наведені на рисунках нижче.

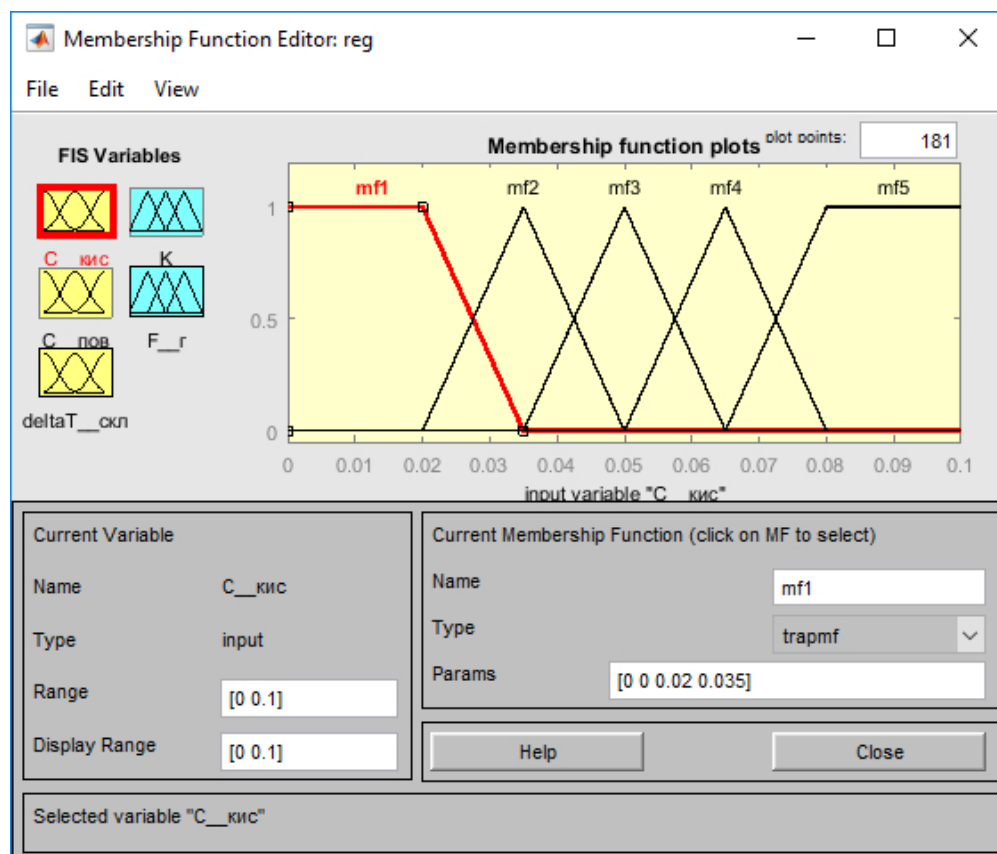


Рис. 4.3. Графіки функцій належності змінної – концентрація кисню

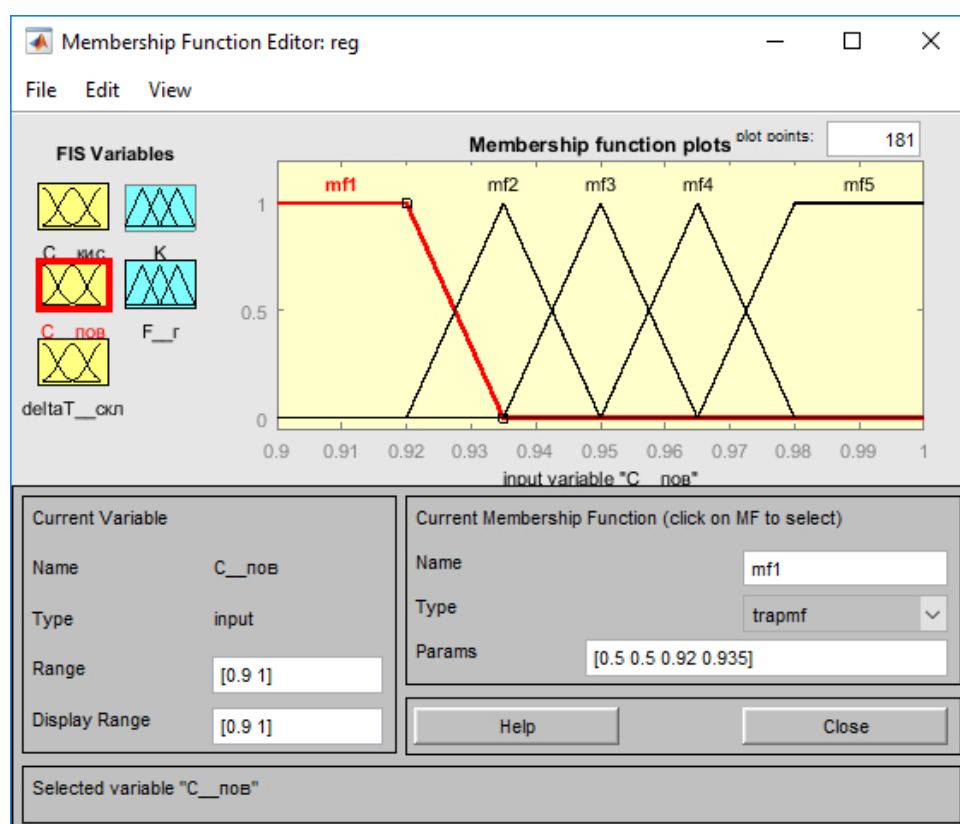


Рис 4.4. Графіки функцій належності змінної – концентрація повітря

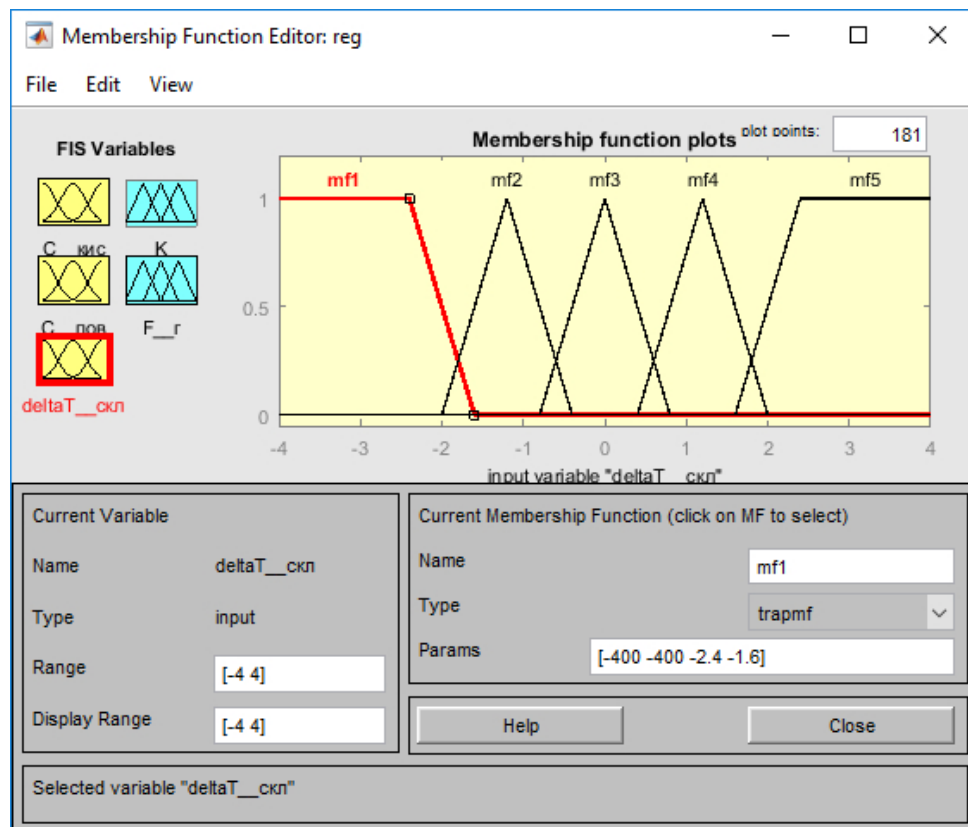


Рис 4.5 Графіки функцій належності змінної – різниця температур

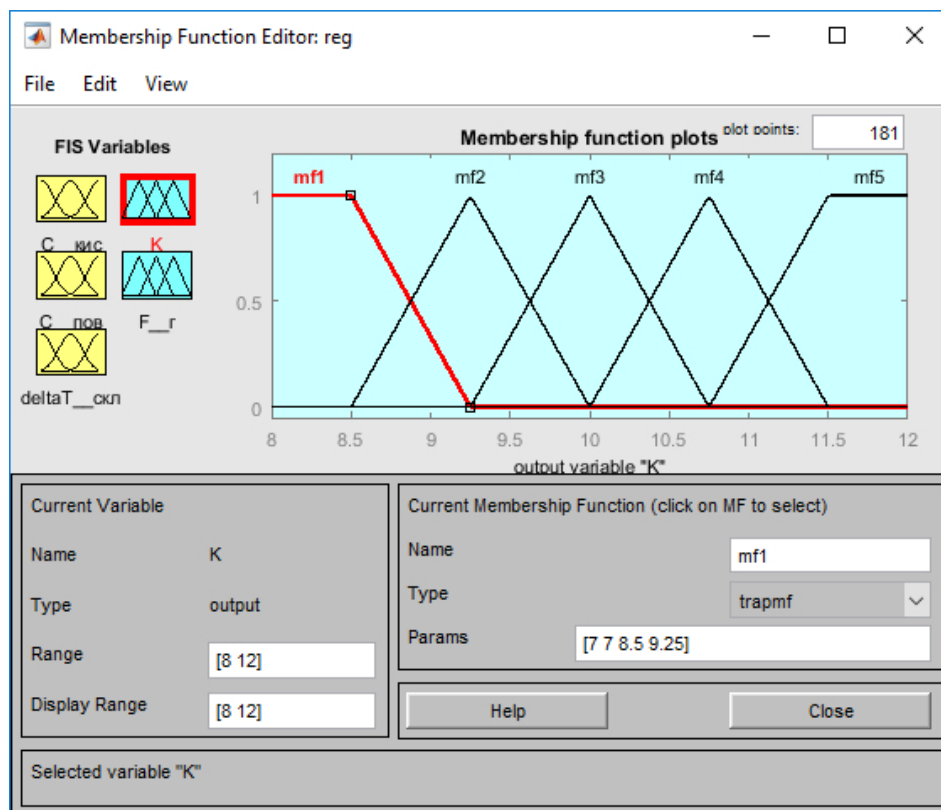


Рис 4.6 Графіки функцій належності змінної – коефіцієнт концентрації кисню в повітрі

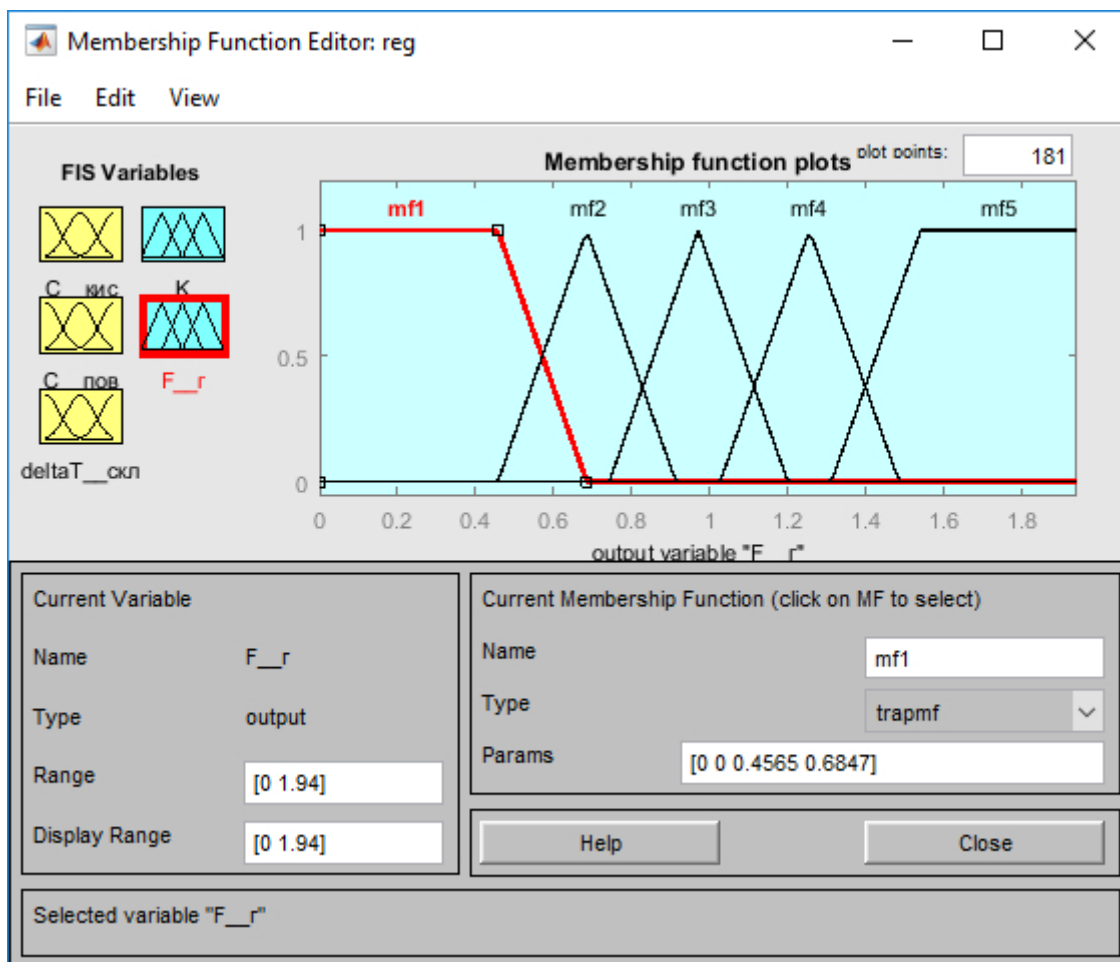


Рис 4.7 Графіки функцій належності змінної – витрата газу.

Розглядаємо такі лінгвістичні змінні:

Концентрація кисню $C_{\text{кис}}$ – «Дуже мала» mf1, «Мала» mf2, «Нормальна» mf3, «Велика» mf4, «Дуже велика» mf5.

Концентрація повітря $C_{\text{пов}}$ – «Дуже мала», «Мала», «Нормальна», «Велика», «Дуже велика».

Різниця температур $\Delta T_{\text{скл}}$ – «Дуже негативна», «Негативна», «Нульова», «Позитивна», «Дуже позитивна».

Коефіцієнт концентрації K – «Дуже малий», «Малий», «Нормальний», «Великий», «Дуже великий».

Витрата газу $F_{\text{г}}$ – «Дуже мала», «Мала», «Нормальна», «Велика», «Дуже велика».

Для виконання цих функцій регулювання над нечіткими змінними повинні бути виконані операції, побудовані на підставі висловлювань оператора, сформульованих у вигляді нечітких правил. Формування бази правил нечіткого регулятора відбувається у вікні Edit Rules.

Правила наведені нижче:

1. Якщо $C_кис = mf3$ і $C_пов = mf3$, то $K = mf3$.
2. Якщо $C_кис = mf2$ і $C_пов = mf4$, то $K = mf4$.
3. Якщо $C_кис = mf1$ і $C_пов = mf5$, то $K = mf5$.
4. Якщо $C_кис = mf4$ і $C_пов = mf2$, то $K = mf2$.
5. Якщо $C_кис = mf5$ і $C_пов = mf1$, то $K = mf1$.
6. Якщо $\Delta T_скл = mf1$, то $F_г = mf5$.
7. Якщо $\Delta T_скл = mf2$, то $F_г = mf4$.
8. Якщо $\Delta T_скл = mf3$, то $F_г = mf3$.
9. Якщо $\Delta T_скл = mf4$, то $F_г = mf2$.
10. Якщо $\Delta T_скл = mf5$, то $F_г = mf1$.

Розроблені правила заносяться через редактор правил (рис. 4.8).

Також виводимо вікно перегляду результатів використання правил продукції (рис. 4.9).

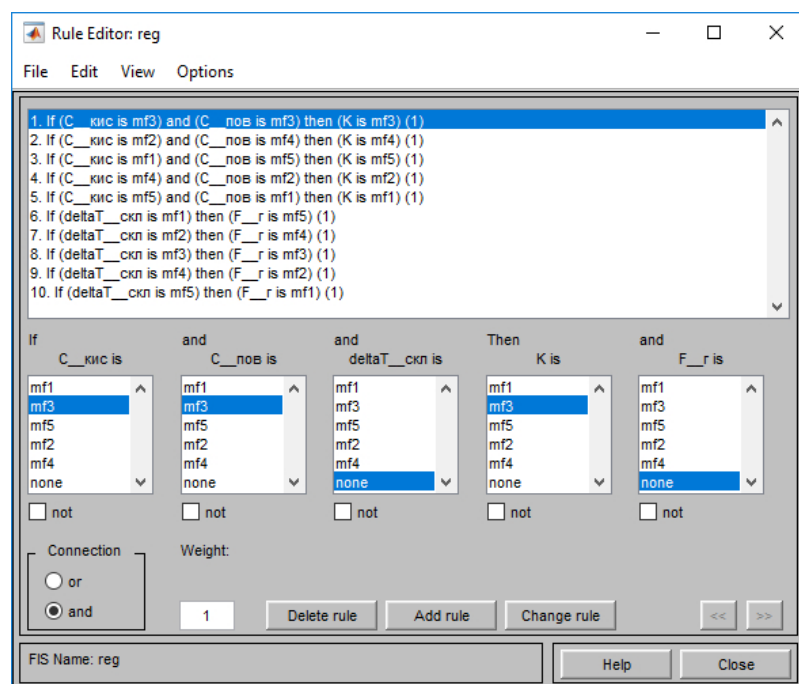


Рис. 4.8 Вікно редактора правил продукції після їх визначення

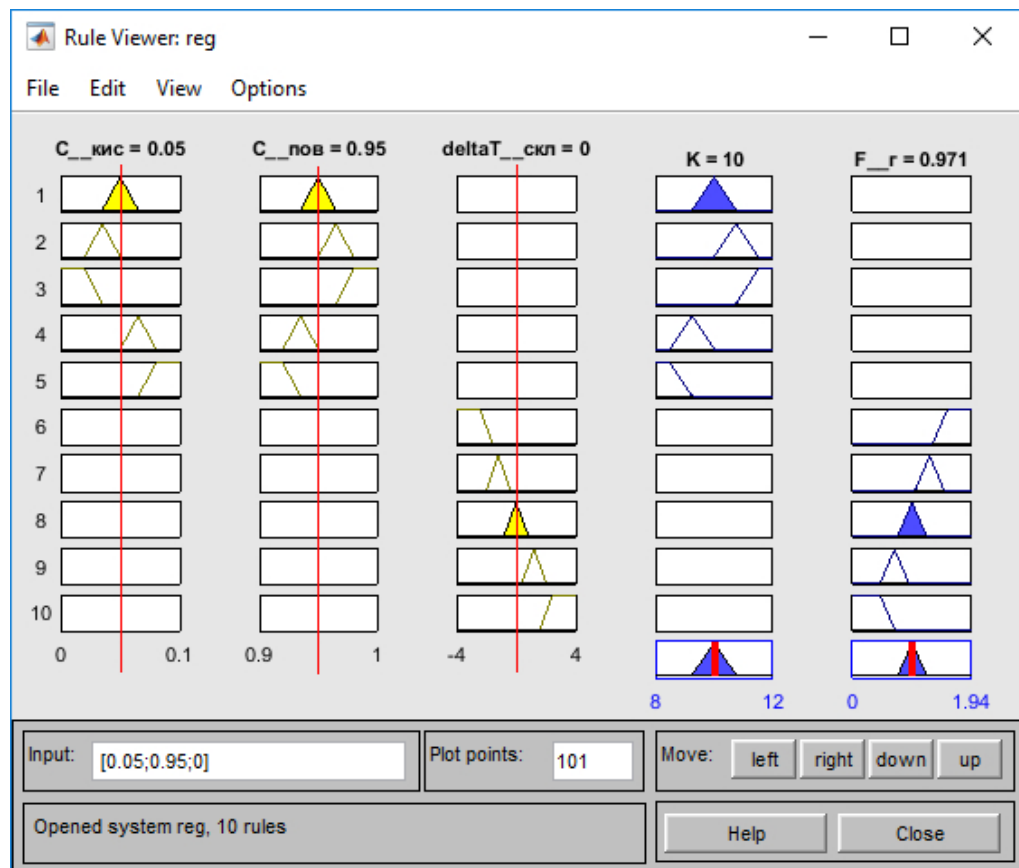


Рис. 4.8 Результат використання правил продукції після

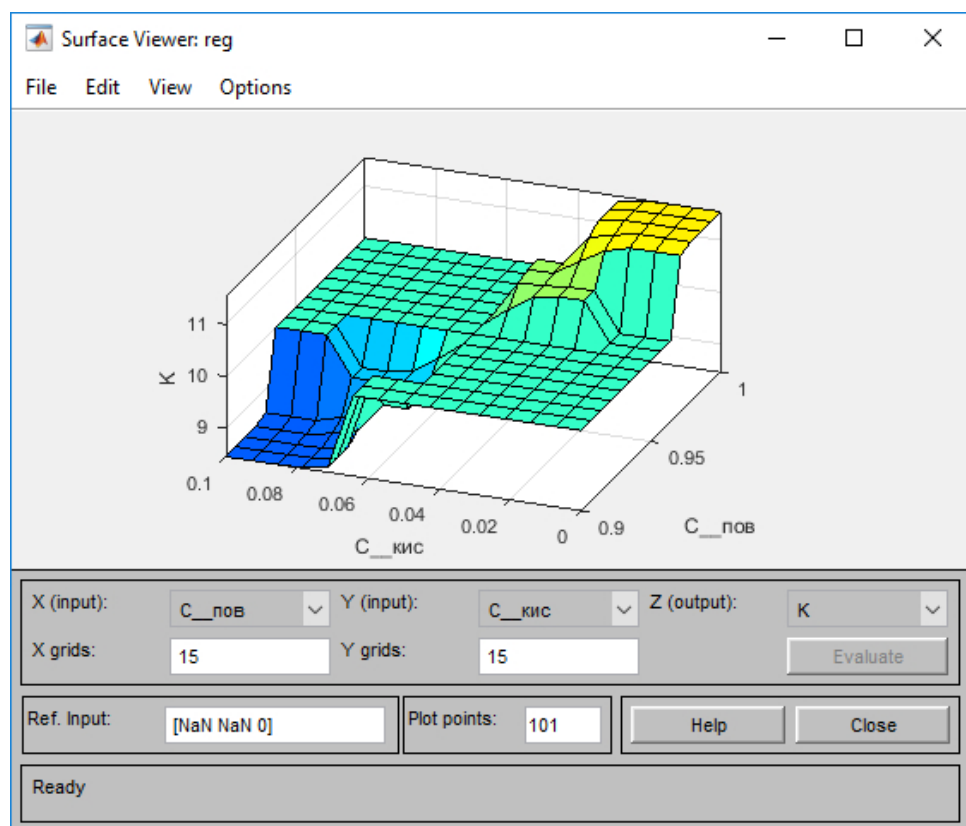
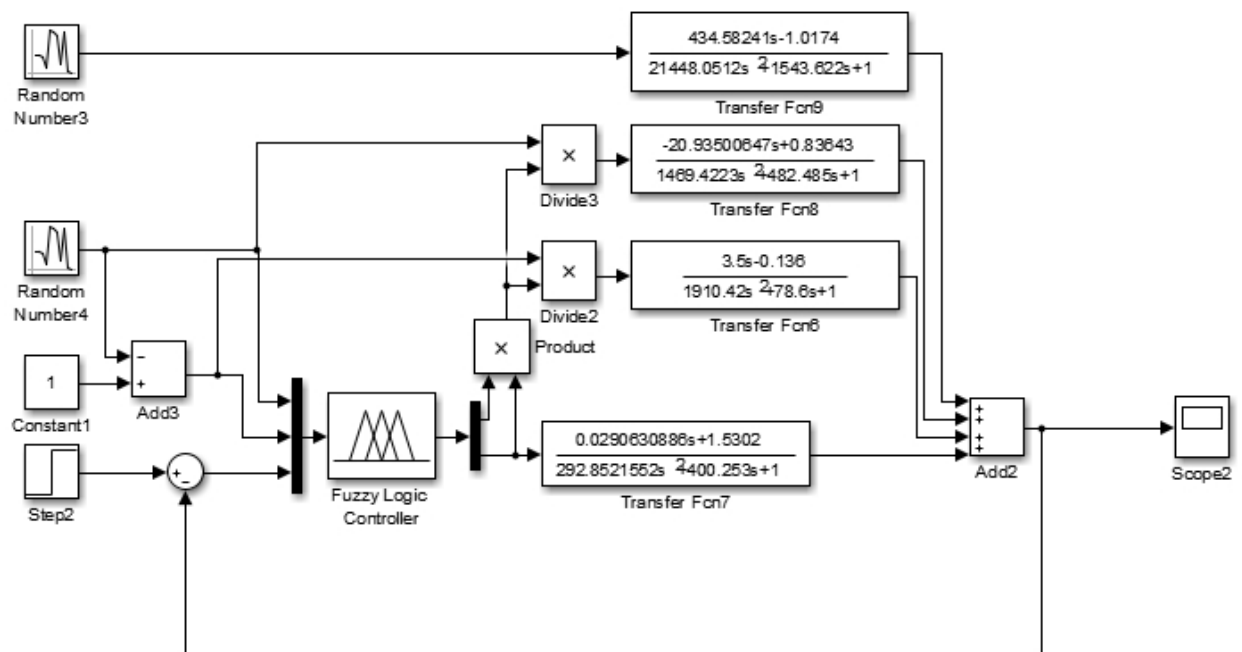


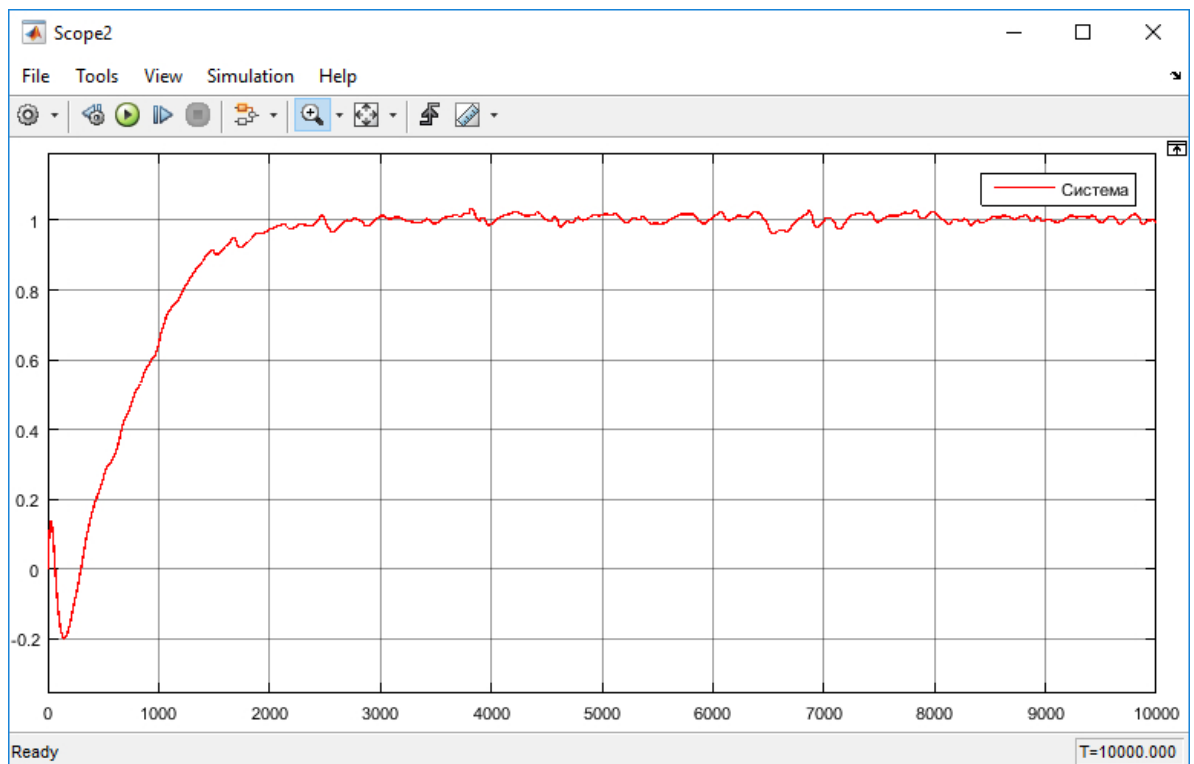
Рис 4.9. Залежність коефіцієнта концентрації від концентрації повітря та КИСНЮ

Для аналізу якості перехідних процесів було проведено комп'ютерне моделювання нечіткого ПД-регулятора. Для створення нечіткої АСР у робочому полі Simulink підключаємо нечітку модель до системи, вказавши у вікні параметрів блоку fuzzy-регулятора ім'я файлу (fuzzy-controller) та на наступному етапі проводиться комп'ютерне випробування нечіткої моделі.

Побудований контур наведена на рисунку 4.10 а), а графік перехідних процесів – на рисунку 4.10 б).



а)



б)

Рис. 4.10. а) Схема АСР с fuzzy-регулятором в Simulink; б) Графік перехідних процесів.

Згідно графіків перехідних процесів АСР с fuzzy-регулятором можна визначити критерії якості:

Таблиця 4.1. Критерії якості керування

Критерій	Значення Fuzzy-регулятора
Перерегулювання	0 %
ϵ_{\max}	0 °C
T_{\max}	0 хв
Час встановлення T_s	2000 хв

4.3. Висновки до розділу

Було розглянуто два методи синтезу:

- 1) Налаштування ПІД-регулятора
- 2) Налаштування нечіткого регулятора

Графіки порівняння перехідних процесів побудованих систем зображено на рис. 4.11

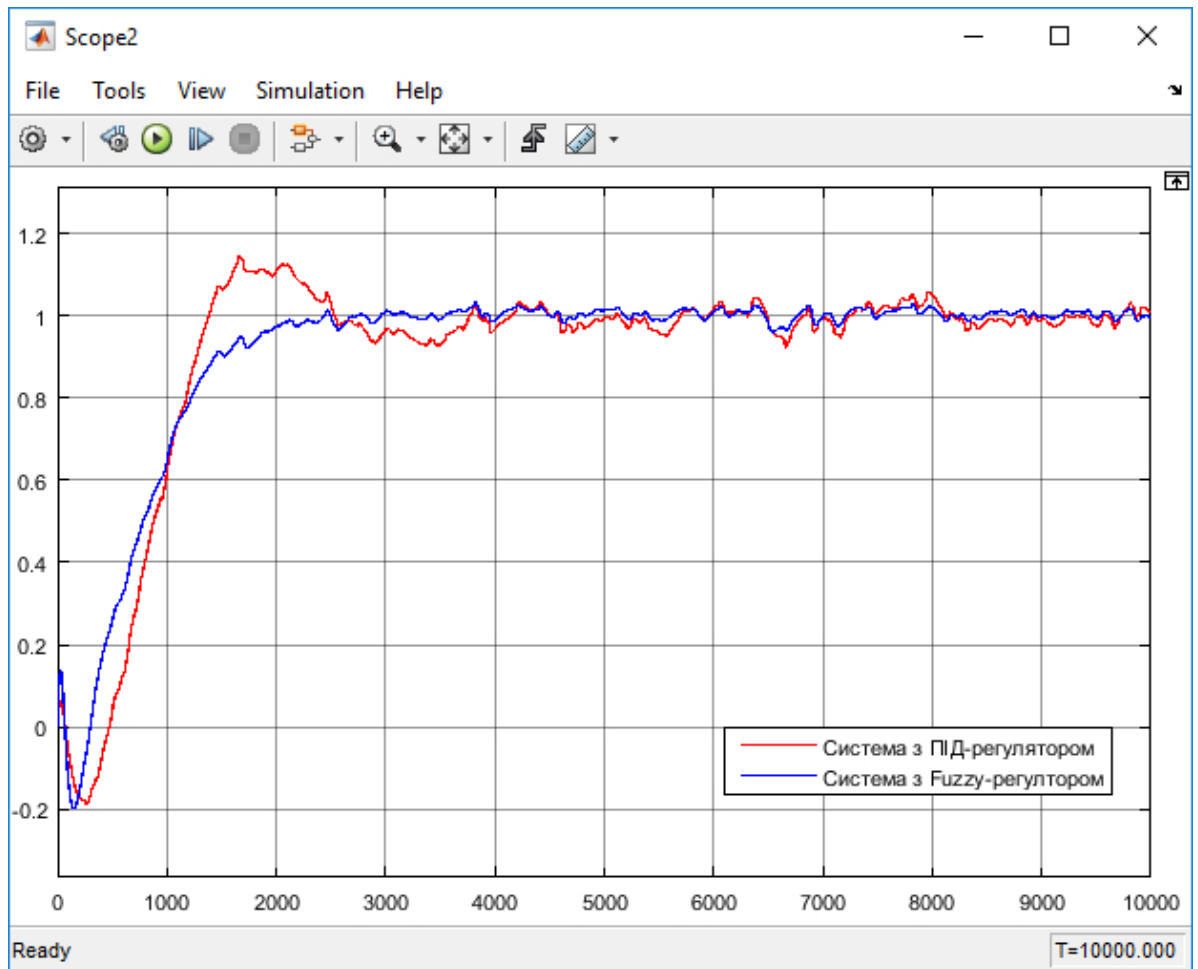


Рис. 4.11. Графіки перехідних характеристик систем з ПІД регулятором та Fuzzy регулятором

Проаналізувавши всі отримані дані з графіків перехідних процесів можна визначити потрібні критерії якості керування з ПД-регулятором:

Таблиця 4.4. Критерії якості керування

Критерій	Значення ПД-регулятора	Значення Fuzzy- регулятора
Перерегулювання	17 %	0 %
e_{\max}	0,17 °C	0 °C
T_{\max}	1600 хв	0 хв
Час встановлення T_s	3800 хв	2000 хв

З виглядів перехідних характеристик та отриманої таблиці критеріїв якості керування можна сказати те, що кращим методом виявилася нечітка система керування температурним режимом скловарної печі з fuzzy-регулятором. Метод синтезу ПД-регулятора нам не підходить бо має перерегулювання у 17% що в процесі скловаріння не є доречним, бо має бути більш точніший контроль за температурою, від цього залежить якість скла на виході. Також fuzzy-регулятор згладжує збурення вмісту кисню в повітрі, за рахунок зміни коефіцієнта подачі кисню відносно газу.

Тому найкращим методом виявився fuzzy-регулятор з 0% перерегулюванням та часом виходу на усталений режим 2000хв.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1. Ідея та опис стартапу

Опис ідеї в обсязі 20 слів: Ремонт і установка обладнання гарячого цеху скловиробництва

Опис ідеї в обсязі до 150 слів: Надання послуг в ремонті або встановленні обладнання гарячого цеху скловиробств. Компанія буде надавати гарантію на обладнання та їх обслуговування, а також послуги з ремонту чи заміни апаратів.

Назва: Glass Service Ukraine

Логотип проекту зображено на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Логотип стартап проекту

Цільова аудиторія: Заводи скловиробництв

Монетизація: За рахунок надання платних послуг.

Потреби: Заміна, ремонт обладнання.

Конкуренти: Інші інженерні компанії.

Конкурентна перевага: Швидкість та ціна, гарантія.

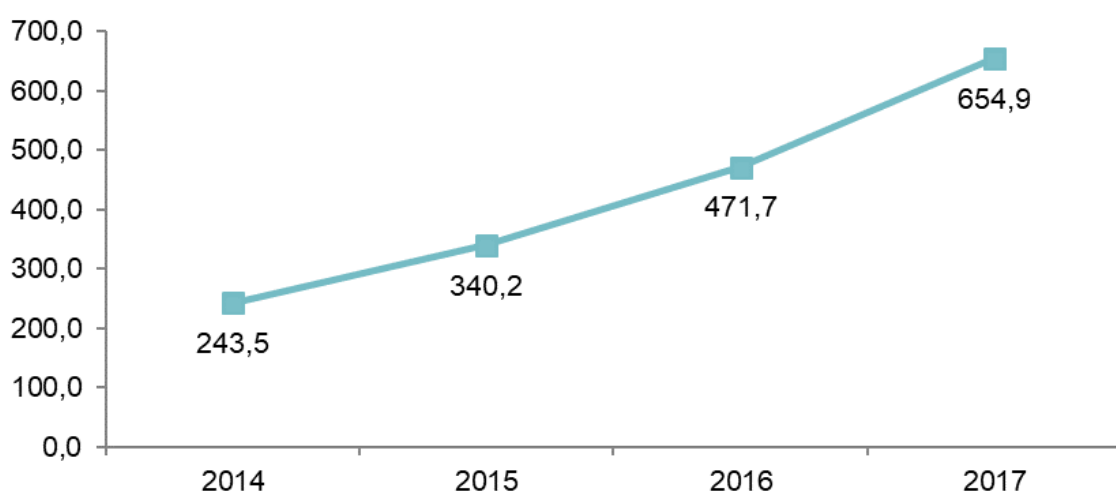
Гроші: 8 млн грн. на оренду приміщення, закупівлю апаратів, вимірювальну та мікропроцесорну техніку, допоміжні прилади, написання програмного забезпечення.

Команда: Директор, бухгалтер, головний інженер, команда електронників, команда механіків, слюсарі-ремонтники, програміст.

5.2. Аудит динаміки та тенденції ринку нафтопереробки

Варто відзначити, що останнім часом скляна тара набирає популярність у зв'язку з домінуванням тенденції до використання екологічних матеріалів. Це дозволяє стверджувати, що ринок склотари є та залишатиметься перспективним і спостерігатиметься подальше зростання обсягу споживання.

Зовнішньоторговельний баланс на ринку склотари для алкогольної промисловості України, млн. шт.



Основні виробники скляної тари в Україні представлені підприємствами ВАТ «Гостомельський склозавод», ВАТ «Рокитнянський склозавод» та ТОВ «Вільногірське скло». Підприємства повністю модернізуються і збільшують виробничі потужності, що дає змогу випускати склотару високої якості та різної форми та об'єму. Майже 95 % всієї продукції на ринку України вітчизняного виробництва. Частка імпортої продукції незначна - всього 5,3 %.

Українські виробники прогнозують поступове зміцнення позицій вітчизняної склотари на українському ринку. Явно програючи полімерним видам пакування при порівняльному підрахунку логістичних витрат, скляна тара залишається найбільш дружньою до впакованого продукту. Крім того, сучасні технології виробництва склотари дозволяють робити вироби не тільки полегшеної ваги, але й оригінальних конструкцій.

Склотарна галузь помітно розвивається завдяки підвищенню попиту на пиво і лікєро-горілчані вироби. Важливим стимулом у цьому можна вважати визначеним фактором покупки безпеку для здоров'я споживача, а екологічні аспекти тари і упаковки віднесено до першочергових пріоритетів вибору.

Це все є важливим фактором для створення стартапу.

5.3. Аналіз маркетингового середовища

5.3.1. Аналіз внутрішнього середовища

Загальна інформація про компанію:

історія розвитку підприємства

- компанія заснована Соколом Андрієм у 2018 році.

Товарний портфель (асортимент товарів та послуг):

- встановлення обладнання гарячого цеху скловиробницт.

- надання послуг з модернізації та ремонту.

Географічне розташування підприємства:

- офіс у Гостомелі

Корпоративні стандарти:

- надання якісних послуг на строго обговорених умовах

Ресурси і обмеження:

- приміщення

- робітники

- обладнання.

Ринкова історія товару: в останні роки збільшилась кількість інвестицій у скловиробництво.

Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі.

Основні оператори ринку: інженерні компанії, команди внутрішні команди обслуговування склозаводів.

Економічні та соціальні тенденції ринку: в останні роки ринок поступово зростає.

Характеристики ринку: ринок постійно зростає, зараз його розмір складає близько 100 млрд. доларів США.

Викладена вище загальна інформація систематизується у вигляді переліку факторів внутрішнього маркетингового середовища фірми за такими групами:

Організаційно-правові:

1. Форма власності – приватне підприємство
2. Форма організації – компанія
3. Організаційна структура – лінійна
4. Система менеджмента – стратегічний менеджмент
5. Стиль керівництва – демократичний

Ресурси:

1. Фінансові - гроші інвесторів
2. Виробничі та складські потужності - необхідні ресурси у вигляді приміщення для обладнання.
3. Технології – використовуються сучасні технології
4. Інформаційні – індивідуальні та колективні знання спеціалістів, розробки та дослідження, практичні моделі.
5. Трудові – команда інженерів, електриків та програмістів.
6. Інтелектуальні – Знання та навички спеціалістів, програмне забезпечення.

Таблиця 5.1. Аналіз внутрішнього маркетингового середовища підприємства

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Стратегія розвитку компанії	Швидке зростання	Неефективне керування	Компанія рухається у неправильному напрямку

Кадри	Якісне виконання роботи	Неякісне виконання роботи	Якість роботи працівників є незадовільною
Фінанси	Забезпечення ефективного функціонування компанії	Неможливість виконувати роботу	Відсутність доходів та фінансів для функціонування компанії

5.3.2. Аналіз зовнішнього середовища

Таблиця 5.2. Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зміни в законі	Менший тиск бюрократичного апарату, зменшення податків	Закон, що обмежить або заборонить нашу діяльність	Переміщення стартапу в іншу країну.
Профспілки	Покращення умов праці та відпочинку робітників	Тиски на керівництво, страйки	Укладення чіткої колективної угоди.

Таблиця 5.3. Підсумкова таблиця факторів економічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Рівень інфляції	Зміцнення нац.валюти матиме позитивний вплив на бізнес	Зменшення доходів, втрата клієнтів	Ефективний розподіл витрат.
Рівень цін	Збільшити ціну	Необхідність зменшення ціни через втрату інтересу до нас	При високому рівні цін ціна на наші послуги може бути завищеною.
Обсяг ВВП та його динаміка	Можливість збільшити обсяг розробок	Зниження інтересу до нас через відсутність інвестицій	Розробка ефективної стратегії керування підприємством.
Купівельна спроможність	Можливість збільшити обсяг розробок	Втрата клієнтів через їх низьку кс	Пошук інших ринків та клієнтів

Таблиця 5.4. Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Розвиток інформаційних технологій	Покращення послуг, нові клієнти	Поява конкурентів	Розиток ІТ може допомогти нам розширити коло наших клієнтів та запровадити нові технології у нашому бізнесі.
Нові товари	Розширення послуг	Поява конкурентів	Конкурувати зможемо за рахунок досвіду, репутації та впровадження нових ідей
Нові технології	Розширення послуг	Поява конкурентів	Запровадження додаткових посуг за рахунок нових технологій

Таблиця 5.5. Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Чисельність населення	Особливого впливу не спостерігається	Особливого впливу не спостерігається	Зменшення кількості населення може зменшити кількість клієнтів, але не суттєво
Народжуваність	Особливого впливу не спостерігається	Особливого впливу не спостерігається	
Кваліфікація трудових ресурсів	Збільшення інтересу до наших послуг	Нестача кадрів	Пошук та боротьба за кваліфікованого робітника

Таблиця 5.6. Підсумкова таблиця факторів соціо-культурного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Спосіб життя	Збільшення кількості зацікавлених в продукті		склозаводи захочуть модернізувати своє обладнання
Мода	Особливого впливу не спостерігається	Особливого впливу не спостерігається	

Життєвий рівень населення	Збільшення кількості зацікавлених в продукті	Втрата клієнтів	Переорієнтування на інших клієнтів
---------------------------	--	-----------------	------------------------------------

Таблиця 5.7. Підсумкова таблиця факторів природного середовища.

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Стихійні лиха	Специфіка бізнесу не дозволяє винести зиск зі стихійного лиха	Зупинка роботи	Потрібно швидко знайти альтернативні події.

5.3.3. Аналіз факторів мікроркетингового середовища

Таблиця 5.8. Підсумкова таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Демографічні та соціально-психологічні характеристики покупця	Особливого впливу не спостерігається	Особливого впливу не спостерігається	
Обсяг купівельного попиту	Додатковий прибуток	Низька зацікавленість в продукті	Пошук аудиторії, яка зацікавлена в продукті
Чутливість покупця до ціни та якості		Незадоволення якістю послуги	Покращення якості послуг

Таблиця 5.9. Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Кількість конкурентів	Велика кількість конкурентів вимагає впровадження сучасних технологій та пошуку більш ефективних рішень	Втрата клієнтів та бізнесу	Навчитися конкурувати з великою кількістю компаній.
Слабкі і сильні сторони конкурентів	Можливість поглинання конкурента	Програти конкуренцію та піти з бізнесу	Потрібно постійно аналізувати якості конкурента, щоб мати

			можливість пропонувати кращі рішення.
Наявність лідерів	Можливість запозичення ідей, економії на дослідженнях	Займати дуже малу частину ринку через непохитні позиції ринку	Пошук аудиторії, якій не підходять послуги лідера ринку

Таблиця 5.10. Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Якість та ціна продуктів	Знайти більш вигідного постачальника	Незадовільна якість	Розробити власні технології

Таблиця 5.11. Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Основні контактні аудиторії фінансової сфери, засобів інформації, органів державної влади і управління	Зацікавлення великої аудиторії фінансової сфери	Тиск на бізнес	Шукати шляхи врегулювання конфлікту.
Широка публіка	Збільшення аудиторії	Можлива поява конкурентів або критиків	Можливість тиску з боку релігійних або громадських організацій, політ. партій тощо
Внутрішні контактні аудиторії	Покращення якості роботи	Погіршення якості роботи	Пошук шляхів побудови ефективного колективу в компанії

5.3.4. Формування управлінської проблеми

Таблиця 5.12.- SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
Якість продукту Надійність Швидкість	необхідність в значних інвестиціях
Можливості	Загрози
Зайняти велику частину ринку Продати стартап більшій компанії	Не окупити інвестиції Не зацікавити цільову аудиторію

Таблиця 5.13. Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів.

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. Найняти компанію, що надасть послуги реклами та маркетингу	Необхідні додаткові кошти	Важливий шмат роботи виконують професіонали
2. Партнерство з іншою установою	Втрата незалежності	Доступ до ресурсів партнера, зокрема до його клієнтів
Спроба продати стартап на перших стадіях	Втрата можливості надалі заробляти на ідеї	Отримання коштів незалежно від результату

5.4. Конкурентний аналіз компанії

Таблиця 5.14. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства та можливі дії
1. Тип конкуренції - чиста	Чиста конкуренція. Немає компаній які повністю завоювали ринок у цій області.	Це спонукає нас виконувати роботу якісно.
2. Рівень конкурентної боротьби - національний	На перших етапах розвитку стартапу ми будемо працювати у межах України.	Необхідність пристосування до умов українського ринку та законодавства.
3. За галузевою ознакою – внутрішньогалузева	Стартап працюватиме у сфері надання послуг.	Зосередження на одній галузі.
4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова	Товарно-видова конкуренція	Допомагає надавати більший спектр послуг.
5. Характер конкурентних переваг - неціновий	Конкурентна перевага і цінова і нецінова. Якість продукту та її цінова категорія.	Потрібно виграти боротьбу за клієнта і довести свої переваги.
6. За інтенсивністю – не марочна	Товар не має маркування	Послуга надається в залежності від замовлення клієнта.

Таблиця 5.15. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові і аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Інженерні компанії	-правовий захист, який забезпечують патенти, необхідні капіталовкладення	Для надання наших послуг ми залежимо від постачальників	Скло-виробництва	Нашу послуги можуть надати інші агенства.

Висновки:	Ринок великий і зростає, що дає нам змогу конкурувати та боротися за споживача.	Можливості виходу на ринок є. Незважаючи на існуючих конкурентів	Нам необхідні постачання обладнання	В нас вузький спектр клієнтів	Обмеження мінімальні. Ринок зростає, тому можливо посісти своє місце
-----------	---	--	-------------------------------------	-------------------------------	--

Таблиця 5.16. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Наявність інформаційного сайту	Замовники можуть переглянути весь спектр послуг на сайті.
2	Робота у багатьох векторах.	Не лише встановлюємо обладнання, а й ремонтуємо їх

Таблиця 5.17. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з SS						
			3	2	1	0	1	2	3
1	Наявність інформаційного сайту	5			+				
2	Робота у багатьох векторах.	2				+			
3	Якість	10					+		
4	Ціна	5				+			

5.5. Ринкові стратегії стартап-проекту

Таблиця 5.18. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	СКЛОВИРОБНИЦТВА	Висока	90%	Конкуренція невисока	Спілкування напряму з представниками цільової аудиторії

Таблиця 5.19. Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Підписання довгострокових контрактів	Стратегія диференційованого маркетингу	Супровід систем, їх технічне обслуговування, навчання персоналу.	Стратегія диференціації

Таблиця 5.20. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№	Чи є проект «першоходом» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	ні	Цей сегмент є нашим партнером, тому ми будемо пропонувати себе.	Ні, послуги будуть виконуватися згідно нашого бачення.	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 5.21.. Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1	Висока якість послуг	Стратегія диференціації	Якість послуг	Гарна репутація, інтенсивність покупки послуг

Висновки до розділу 5

У розділі 5 магістерської дисертації проведено детальний аналіз ринку споживачів та товарів, аналіз маркетингового середовища компанії Clean Gasoline та аналіз зовнішнього середовища, враховуючи конкурентів що діють на ринку. На основі проведених аналізів для компанії був розроблений стратегічний план розвитку та сформульований управлінський напрямок роботи. Окрім цього було проведено конкурентний аналіз на основі якого виділено сильні та слабкі сторони компанії.

Література

1. Китайгородский И. И. Справочник по производству стекла. Том 1. [Текст] / И. И. Китайгородский ; Под ред. И. И. Китайгородского и С. И. Сильвестровича. – 10-е изд., – М.: Госстройиздат, 1963 г. – 1026 с. – Библиогр.: 928-930. – 12000 экз.
2. Китайгородский И. И. Справочник по производству стекла. Том 2. [Текст] / И. И. Китайгородский ; Под ред. И. И. Китайгородского и С. И. Сильвестровича. – 10-е изд., – М.: Госстройиздат, 1963 г. – 820 с. – Библиогр.: 130-132. – 6000 экз.
3. Волгина Ю.М. Теплотехническое оборудование стекольных заводов. – М.: Стройиздат, 1973.
4. Юдин Н.А., Гулоян Ю.А. Технология стеклотары и сортовой посуды. – М.: Стройиздат, 1977, 335 с.
5. Усвицкий М.Б. Автоматическое управление процессами производства стекла. – Ленинград.: Стройиздат, 1975, 231 с.
6. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200 пр.
7. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
8. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech [Текст] / А. Ю. Леоненков – С.-Птб.: БХВ, 2003. – 720 с. – Библиогр.: с. 717–719. – 2000 экз. – ISBN 5-94157-087-2
9. Жученко А. І., Ладієва Л. Р., Дубік Р. М. Динамічна оптимізація з використанням MATLAB та SIMULINK. – К.: НТУУ “КПІ”, 2010. – 209 с.
10. Энциклопедия АСУ ТП: [Электронный ресурс]. URL: <http://bookasutp.ru/>

11. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Текст] / В. И. Гостев. – К.: «Радіоаматор», 2008. – 972 с. – Библиогр.: с. 944–966. – 300 экз. – ISBN 978-966-96178-2-0

12. Сокол А. В. Дослідження скловарної печі як об'єкта керування у процесі виробництва склотари [Текст] / Сокол А. В., Бородін В. І. // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Тези доповідей дванадцятої науково-практичної конференції студентів; Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 5-6 грудня 2018 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 90 с. : іл. – Бібліогр.: в кінці тез. – с. 45-46.

13. Invensys. Контрольно-измерительные приборы Foxboro. Каталог продукции [Текст] : каталог : разработчик и производитель предприятие Invensys.

Специфікація технічних засобів автоматизації

Вимірювання тиску

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення па-ра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	К-сть	Завод виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21-1	Тиск	Газовий простір печі, газу	—	Стінка печі	Інтелектуальний датчик абсолютного тиску, границя вимірювання 0...2.1 МПа, точність виміру до 0,05% діапазону виміру, I _{вих} =4...20 мА	Метран-150	1	Invensys Operations Management Россия, 123022, Москва
21-2	Витрата	—	—	Щит керування	Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200, з функцією реєстрації та сигналізації; входи Profibus, RS-485; виходи Profibus.	S7 1200	1	ДП «Сіменс Україна», Україна, Київ, 03680

21-3	Витрата	—	—	По місцю	Електропневматичний перетворювач з протоколом Profibus, вхід Profibus; тиск повітря живлення до 6 бар	SRD960	1	Invensys Operations Management Россия, 123022, Москва
21-4	Витрата	—	—	По місцю	Регулюючий клапан з пневмоприводом ADCATROL, діапазон діаметрів від 10 до 150 мм.	ADCATROL PV16G	1	Португалія 3105-467

Вимірювання температури

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-1, 4-1, 9-1, - 17-1	Температура		-70...150 °C	Трубопровід	Термопара TC80-S вихід по протоколу Profibus	TC80-S	10	Invensys Operations Management Россія, 123022, Москва
5-1 6-1	Температура	–	–	По місцю	Пірометр IS 50-LO	IS 50- LO/GL	2	Invensys Operations Management Россія, 123022, Москва
3-2 - 19-2	Температура	–	–	Щит керування	Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200, з функцією реєстрації та сигналізації; входи Profibus, RS-485; виходи Profibus.	S7 1200	16	ДП «Сіменс Україна», Україна, Київ, 03680

Вимірювання витрати

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Витрата	Трубопровід, газ	—	Трубопровід	Компактна вимірювальна діафрагма, температура вимірювального середовища - 40...+232 °С, внутрішній діаметр трубопроводу 100 мм	CO-444A	2	Invensys Operations Management Россия, 123022, Москва
2-1	Витрата	Трубопровід, повітря	—	Трубопровід	Компактна вимірювальна діафрагма, температура вимірювального середовища - 40...+232 °С, внутрішній діаметр трубопроводу 50 мм			
1-2 2-2	Витрата	—	—	Місцевий	Інтелектуальний датчик перепаду тиску, границі вимірювання -0.21...2.1 МПа, точність виміру до 0,05% діапазону виміру, вихід по протоколу Profibus	IDP10	2	Invensys Operations Management Россия, 123022, Москва
1-3 2-3 2-4	Витрата	—	—	Щит керування	Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200, з функцією реєстрації та сигналізації; входи Profibus, RS-485; виходи Profibus.	S7 1200	3	ДП «Сіменс Україна» Україна, Київ, 03680

2-5	Витрата	—	—	По місцю	Електропневматичний перетворювач з протоколом Profibus, вхід Profibus; тиск повітря живлення до 6 бар	SRD960	3	Invensys Operations Management Россия, 123022, Москва
2-6	Витрата	—	—	По місцю	Регулюючий клапан з пневмоприводом ADCATROL, діапазон діаметрів від 10 до 150 мм.	ADCATROL PV16G	3	ADCATROL, Португалія 3105-467

Вимірювання рівня

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20-1	Рівень	Протока, скломаса	—	По місцю	оптичний рівнемір ЛУР-4С	ЛУР-4С	1	Invensys Operations Managem ent Россия, 123022, Москва
20-2	Рівень	—	—	По місцю	Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7 1200, з функцією реєстрації та сигналізації; входи Profibus, RS- 485; виходи Profibus .	S7 1200	1	ДП «Сіменс Україна», Україна, Київ, 03680