

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

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Т.В.Бойко
(підпис)

“ ____ ” червня 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050202(151) «Автоматизація та
комп'ютерно- інтегровані технології»**

**на тему: «Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу
каталітичного окиснення діоксиду сульфору у виробництві сульфатної
кислоти»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ХА-51

Соботович Ярослав Володимирович _____

Керівник:

доц., к.х.н., Квітка О.О. _____

Консультанти:

з хімічної технології доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О. _____

(підпис)

з автоматизов. регулювання доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бондаренко С.Г. _____

підпис

з охорони праці доцент каф. охорони праці, промислової
та цивільної безпеки, к.т.н., доц Полукаров Ю.О. _____

підпис

з організаційно-економічної частини доц. кафедри економіки і
підприємництва, к.х.н. доц. Підлісна О.А. _____

Нормативний контроль доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Шахновський А.М. _____

Рецензент _____

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

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів .

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (спеціальність) 6.050202 (151) "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Т.В.Бойко

(підпис)

« 19 » лютого 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Соботовичу Ярославу Володимировичу

1. Тема проекту Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти, керівник проекту Квітка Олександр Олександрович, к.х.н., доц., затверджені наказом по університету «05» травня 2019 р № 1221-с.

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2018р

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст пояснювальної записки _____

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

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю. О. доц. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки		
Організаційно-економічна частин	Підлісна О.А. доц. кафедри економіки і підприємництва		
Розрахунок матеріальних балансів ХТС	Безносик Ю.О. доц. кафедри кібернетики ХТП		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання _____ лютого 2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк викон. етапів проекту	Примітка
1	Характеристика виробництва, продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.		
2	Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля (формат А1).		
3	Кресленик загального вигляду основного апарата (формат А1).		
4	Розробка рішень з контролю та керування виробництвом. Технологічна схема автоматизації (формат А1).		
5	Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом		
6	Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів (презентації).		

Студент

(підпис)

Я.В. Соботович

Керівник проекту

(підпис)

О.О. Квітка

РЕФЕРАТ

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, CHEMECAD, ДІОКСИД СІРКИ, ТРИОКСИД СУЛЬФУРУ, КАТАЛІТИЧНЕ ОКИСНЕННЯ.

Дипломний проект містить 84 с., 13 рис., 19 табл., 3 додатка, 21 джерело.

Виконано проект комп'ютерного розрахунку технологічної схеми каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти.

В проекті обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру. Розглянуті характеристики технологічної схеми каталітичного окиснення діоксиду сульфуру.

Виконано комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу в програмі - симуляторі ChemCad 7.2.1

Розроблено обчислювальний модуль для ідентифікації параметрів математичної моделі за використаною моделю ізотермічного реактора ідеального витіснення неперервної дії.

Запропоновано схему автоматизації процесу. Обрано необхідні пристрої контролю і регулювання.

Проведено економіко - організаційні розрахунки основних техніко – економічних показників даного процесу.

Розглянуто техніку безпеки проведення виробничого процесу. Наведено технічні рішення з техніки безпеки.

РЕФЕРАТ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДУЛЬ, CHEMCAD, ДИОКСИД СЕРЫ, ТРИОКСИД СЕРЫ, КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ.

Дипломный проект содержит 84 с., 13 рис., 19 табл., 3 приложения, 21 источник.

Выполнен проект компьютерного расчета технологической схемы каталитического окисления диоксида серы в производстве серной кислоты.

В проекте обоснованно нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса каталитического окисления диоксида серы. Рассмотрены характеристики технологической схемы каталитического окисления диоксида серы.

Выполнен компьютерный расчет материального баланса процесса в программе - симуляторе ChemCad 7.2.1

Разработан вычислительный модуль для идентификации параметров математической модели по использованной моделью изотермического реактора идеального вытеснения непрерывного действия.

Предложена схема автоматизации процесса. Избран необходимые устройства контроля и регулирования.

Проведено экономико - организационные расчеты технико - экономических показателей данного процесса.

Рассмотрены технику безопасности проведения производственного процесса. Приведены технические решения по технике безопасности.

ABSTRACT

COMPUTER MODELING, CONTROL AND REGULATION, AUTOMATION, COMPUTER MODULE, MATHEMATICAL MODEL, CHEMCAD, DIOXIDE, SULFUR TRIOXIDE, CATALYTIC OXIDATION.

The diplom project contains 84 p., 13 figures, 19 tables, 3 appendixes, 21 sources.

The project of computer calculation of the technological scheme of catalytic oxidation of sulfur dioxide in the production of sulfate acid is executed.

The project substantiates the norms of technological regimes, provides a technological diagram of the process of catalytic oxidation of sulfur dioxide. The characteristics of the technological scheme of catalytic oxidation of sulfur dioxide are considered.

Computer calculation of the material balance of the process in the program - simulator ChemCad 7.2.1

A computational module was developed for identifying the parameters of a mathematical model for the used model of an isothermal reactor ideal for displacement of continuous action.

Proposed scheme of process automation. The necessary control and regulation devices have been selected.

The economical - organizational calculations of the main technical and economic indicators of this process are carried out.

The safety technology of the production process is considered. Technical safety solutions are given.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

	9
ВСТУП	10
1. Технологічна схема процесу процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти	12
1.1 Опис основної хімічної реакції	12
1.3 Опис технологічної схеми процесу виробництва сульфатної кислоти	13
2. Розрахунок матеріального балансу	14
3 Автоматизований розрахунок контактного апарата	19
3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля	19
3.2. Структура і технічні характеристики обчислювального модуля	23
3.3. Інструкція користувачу програмного продукту	26
4 Автоматизація технологічної схеми процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру	30
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	30
4.2 Опис системи автоматизації	33
Контроль та регулювання температури	33
Контроль та регулювання витрат	34
Контроль тиску	34
5. Економічно-технічні розрахунки	35
5.1. Схема організації відділення синтезу сульфатної кислоти	35

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Соботович Я.В.			Комп'ютерний розрахунок процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.							7	84	
Реценз.						НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", ХТФ, ХА-			
Н. Контр.		Шахновський А.М.							
Затверд.		Квітка О.О.							

5.1. Організація підприємства синтезу сульфатної кислоти	36
5.2. Чисельність персоналу	37
5.3. Контроль виробництва	40
5.4. Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	41
5.5. Розрахунок техніко-економічних показників	48
6. Охорона праці	51
6.1. Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на виробництві сірчаної кислоти. Заходи з охорони праці.	51
6.1.1 Повітря робочої зони	51
6.1.2 Виробниче освітлення	54
6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій	55
6.1.4 Електробезпека	56
6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.	58
6.2 Пожежна безпека	59
ВИСНОВКИ	61
Список використаних джерел	62
Додаток А	64
Додаток Б	66
Додаток В	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МТБ – матеріальний баланс;
ХТС – хіміко-технологічна система;
ОЗ – основні засоби;
А – амортизація основних фондів;
ОбК – обігові кошти;
С – собівартість;
П – прибуток;
Ц – ціна;
ФОП – фонд оплати праці;
КНП – клас небезпечності підприємства;
КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Окислювання діоксиду сірки в даний час проводять гетерогенно на ванадієвих каталізаторах, які до кінця 30 - х років повністю витіснили платинові.

Даний процес протікає повільно. Тому на практиці окислення проводять у присутності каталізаторів, внаслідок чого цей метод виробництва сірчаної кислоти отримав назву контактного. Окислювання діоксиду сірки киснем до SO_3 протікає лише за участю каталізатора; SO_3 потім використовують для отримання сірчаної кислоти.

Окислювання діоксиду сірки в нестаціонарному режимі, що створюється шляхом поперемінного перемикавання напрямку подачі вихідної газової суміші, може відбуватися при істотно нестаціонарному стані каталізатора. Характерні особливості даного способу полягають в двох обставинах: зниженні температури вхідного ділянки шару при подачі холодної свіжої реакційної суміші і одночасно з цим підвищенні температури вхідного ділянки шару при вступі туди частково прореагованою реакційною суміші з високою температурою. Реакція окислення діоксиду сірки екеотермічна; при температурі 400°C теплота реакції складає 953 кДж /моль . Для відводу тепла в зону реакції подають холодне повітря або встановлюють змійовики - холодильники.

Ступінь окислення діоксиду сірки (або ступінь перетворення) визначається відношенням кількості SO_2 , окисленого в SO_3 , до загальної кількості SO_2 що надійшов на окислення, і виражається в частках одиниці або у відсотках. Якщо швидкість прямої і зворотної реакції рівні, дана газова система знаходиться в стані рівноваги і при постійній температурі її склад не змінюється в часі. Швидкість реакції в цих умовах стає рівною нулю.

Ступінь окислення діоксиду сірки обмежена умовами рівноваги реакції в температурному діапазоні роботи ванадієвих каталізаторів ($400 - 600^\circ\text{C}$) і її

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		10

збільшення нарощуванням кількості шарів каталізатора більше п'яти економічно недоцільно, оскільки це пов'язано з різким збільшенням об'єму каталізатора.

У даній роботі розглянуто технологію каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти. Витрати на 1 тону сульфатної кислоти становлять 0,34 т сірки, 70 м³ води. Для дослідження ефективності обраної ХТС виконано її аналіз та проведений розрахунок матеріальних балансів в спеціалізованій моделюючій програмі.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

1. Технологічна схема процесу процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти

1.1 Опис основної хімічної реакції

Окиснення двоокису сірки до сірчаного ангідриду протікає на поверхні зернин каталізатора за реакцією



Процес окиснення SO_2 простий, зворотний, гетерогенно-каталітичний, екзотермічний, протікає зі зменшенням об'єму. Найбільший вихід сірчаного ангідриду спостерігається з газової суміші приблизно наступного оптимального складу: 7% SO_2 , 11% O_2 , 82% N_2 .

Так як реакція окиснення двоокису сірки зворотна і утворення SO_3 супроводжується виділенням теплоти, вихід сірчаного ангідриду (або ступінь перетворення двоокису сірки) з підвищенням температури зменшується. Практично при 400°C і нижче реакція окиснення SO_2 в SO_3 незворотна, тобто рівновага зсунута вправу сторону; при 1000°C сірчаний ангідрид майже повністю дисоціює на двоокис сірки і кисень.

Отже, з точки зору повноти перетворення SO_2 в SO_3 , необхідно працювати при як можливо нижчій з температурі. Однак температурний режим контактного окиснення SO_2 в SO_3 визначається властивостями каталізатора, що використовується в промисловості. На ванадієвому каталізаторі окиснення SO_2 починає протікати з достатньою швидкістю лише при $420-440^\circ\text{C}$ (температура запалювання).

При температурі понад 600°C активність каталізатора починає падати. Таким чином, температурний інтервал контактного окиснення SO_2 в SO_3 обмежено означеними температурами. В цьому інтервалі зворотну екзотермічну реакцію необхідно проводити по лінії оптимальних температур (ЛОТ). Спочатку вхідну суміш підігрівають до температури запалювання

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

каталізатора. Після цього треба відводити теплоту, що виділяється в результаті реакції, знижуючи температуру реакційної маси від 600 до 430°C [8].

1.3 Опис технологічної схеми процесу виробництва сульфатної кислоти

На рисунку 1.1 наведено технологічну схему виробництва діоксиду сульфуру методом окислення за допомогою оксиду ванадія.

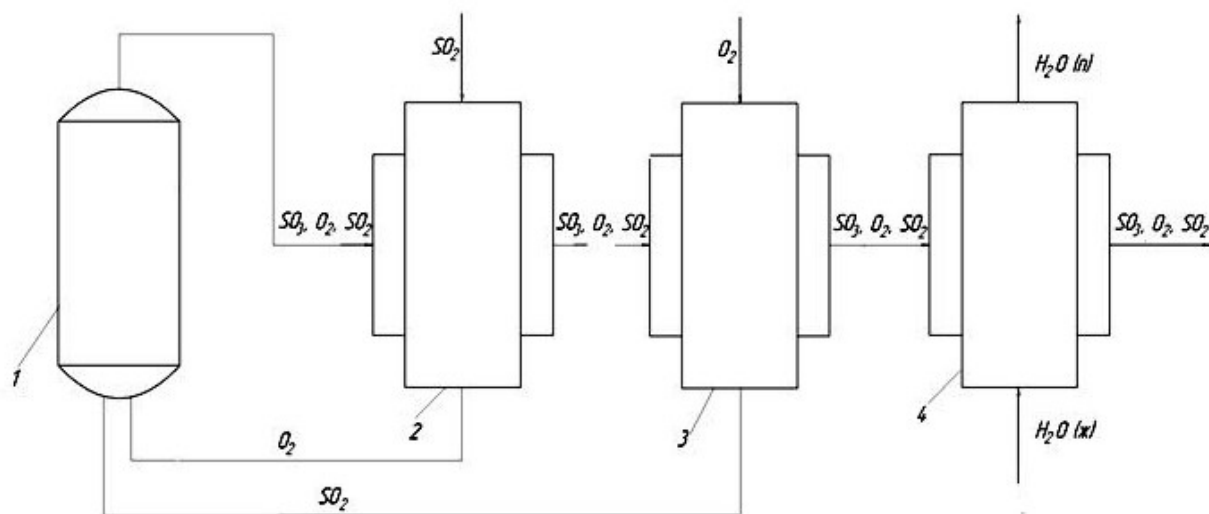


Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу, 1 – реактор, 2, 3 – теплообмінники, 4 – бойлер

Оксид сірки (SO_2), попередньо підігрітий до температури 300 °C, подають до теплообмінника 2, де він розігрівається до температури 425 °C. Кисень (O_2) за температури 25 °C подають до теплообмінника 3, де він також розігрівається до температури 425 °C. Підігріті компоненти у стехіометричному співвідношенні надходять до реактора 1, де під час проходження через шари каталізатора відбувається окислення SO_2 та утворюється триоксид сірки, який у подальшому проходить теплообмінники 2, 3, де охолоджується, і потрапляє до бойлера 4, де за допомогою рідкої води (H_2O) продовжує охолоджуватись.

2. Розрахунок матеріального балансу

У даному розділі виконується комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу отримання метанолу, визначення загальних та покомпонентних витрат, складів потоків.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в спеціалізованому середовищі ChemCad 7.1.2.

ChemCAD - ефективний інструмент для комп'ютерного моделювання хімікотехнологічних процесів при розробці, модернізації та оптимізації хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв. Цей пакет програм для моделювання та розрахунку технологічних схем з рециклічними потоками органічних і неорганічних речовин і безперервних сумішей (у разі нафтових фракцій), а також енергетичних потоків. ChemCAD дозволяє створювати, аналізувати і оптимізувати різні варіанти технологічного оформлення виробничих процесів, оцінювати їх ефективність і вибирати найкращий з них.

Комплекс досліджень з використанням ChemCAD дає можливість домогтися задовільного збігу результатів розрахунків з даними промислових експериментів, що дозволяє вирішувати завдання автоматичного управління процесами і підвищити ефективність діючих виробництв, визначити оптимальні режимні і конструкційні параметри процесів в окремих апаратах з позиції всього виробництва в цілому [4].

Розроблена схема наведена на рисунку 2.3.1. При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообміні апарати.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

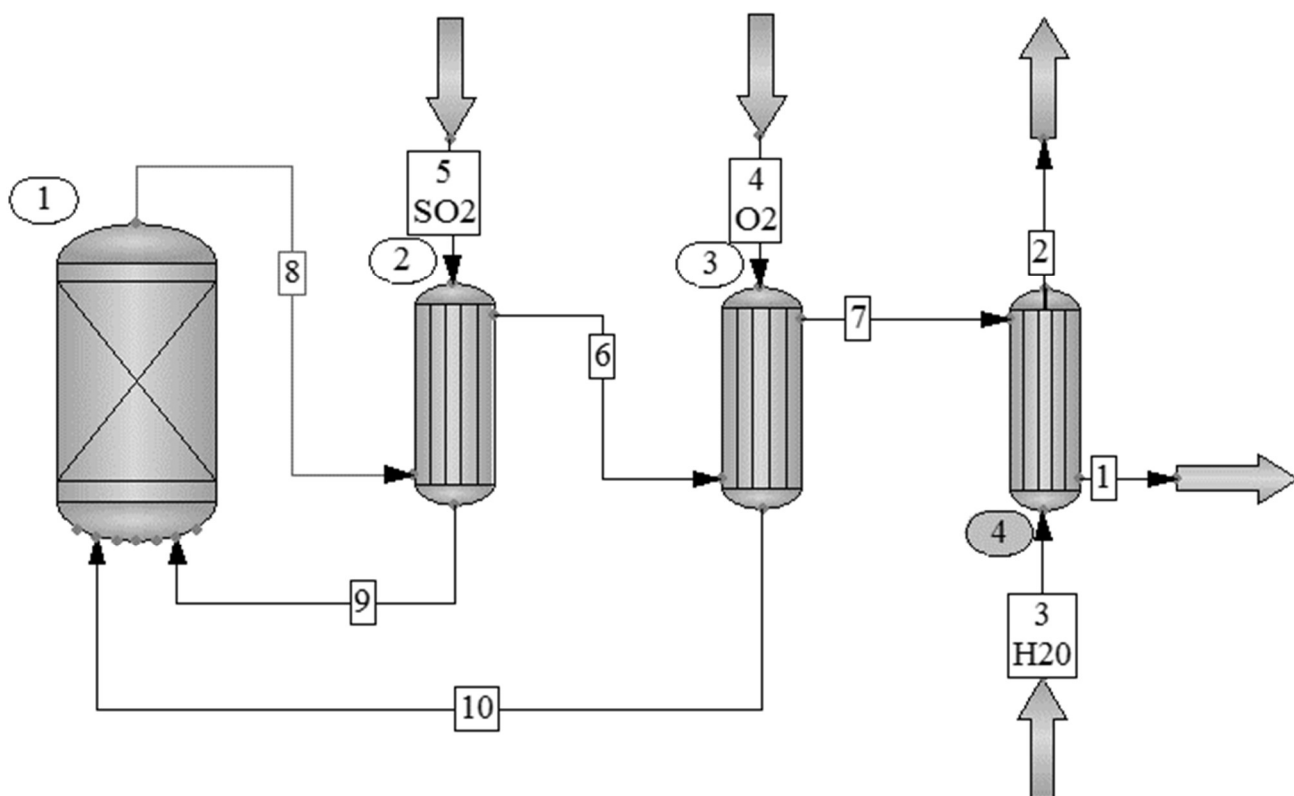
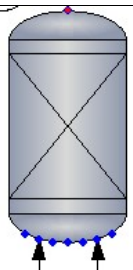
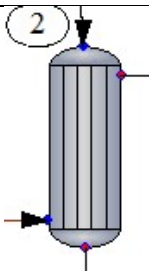


Рисунок 2.1 – Схема процесу каталітичного окиснення діоксиду Сульфуру в ChemCad 7.1.2

Для створення схеми зображеної на рис. 2.1 схему, було обрано з бібліотеки відповідні апарати, які найбільш точно відображають характер реальних апаратів і найкраще підходять для технології, що реалізує ХТС. Список використаних блоків та матеріальних потоків, що проходять між ними наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Список використаних блоків та матеріальних потоків

Назва блоку	Апарат	Вигляд моделі	Вхідні потоки	Вихідні потоки
1	2	3	4	5
Kinetic Reactor (1)	Реактор		O_2, SO_2	O_2, SO_2, SO_3
Simple heat exchanger (2-3-4)	Теплообмінник		O_2, SO_2, SO_3	O_2, SO_2, SO_3

Опис блоків бібліотеки моделей:

- Simple heat exchanger – теплообмінний апарат. Застосовується для теплообмінних процесів.
- Kinetic Reactor – кінетичний реактор, є майже ідеальним варіантом для дослідження кінетики простих систем, що містять невелику кількість компонентів.

Таблиця 2.2 – Тепловий баланс теплообмінника (2)

Тепловий баланс теплообмінників			
Апарат 2	Компоненти	Вхід (°C)	Вихід (°C)
	Сірка (II) оксид	300	425
	Сірка (III) оксид	1210.0684	1019.4325
Апарат 3			
	Кисень	25.0000	425.0000
	Сірка (III) оксид	1019.4325	889.5721
Апарат 4			
	Вода	40.0000	1180.0199
	Сірка (III) оксид	889.5721	150.0000

Таблиця 2.3. – Матеріальний баланс контактного апарату (1)

Матеріальний баланс контактного апарату		
Компоненти	Вхід (кг/год)	Вихід (кг/год)
Кисень	170.0000	88.4853
Сірка (II) оксид	340.0000	13.6000
Сірка (III) оксид	0	407.9121
Σ	510.0000	509,9974

Результати розрахунків у середовищі ChemCad 7.1.2 приведені у додатку

А.

Як видно таблиці 2.3, матеріальний баланс реактора підрахований вірно, це означає що його буде доцільно використовувати у реальному виробництві.

Таблиця 2.4. – Загальний матеріальний баланс

Компоненти	Вхід (кг/год)			Вихід (кг/год)
	Потік 3	Потік 4	Потік 5	Потік 1
Кисень	0	170.0000		88.4853
Сірка (II) оксид	0	0	340.0000	13.6000
Сірка (III) оксид	0	0	0	407.9121
Вода	70	0	0	70
Σ	580.0000			579,9974

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний загальний матеріальний баланс процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у середовищі ChemCad також розрахований вірно.

3 Автоматизований розрахунок контактного апарата

3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля

Одним із завдань данного дипломного проєкту є вибір математичної моделі апарату та виконання параметричної ідентифікації математичної моделі. Шляхом достіжження технологічної схеми було виявлено, що реактор окиснення діоксиду сульфуру є основним апаратом, який впливає на якість кінцевого продукту. Тому доцільно проводити моделювання цього апарату для визначення його необхідних параметрів, які забезпечать оптимальну ступінь отримання триоксиду сірки.

Схема реактора окиснення діоксиду сульфуру представлена на рисунку 3.1.

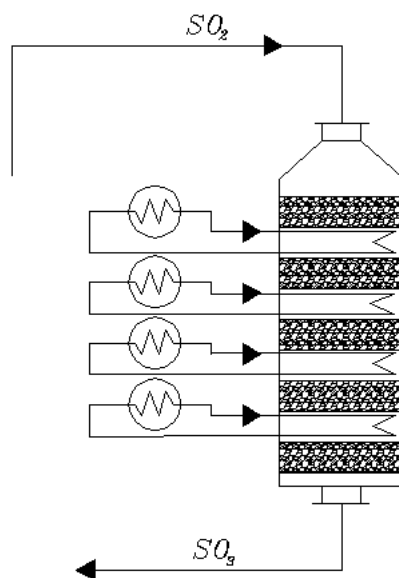


Рисунок 3.1 – Схема реактора окиснення діоксиду сульфуру

Теоретичні основи каталітичного процесу окислення діоксиду сірки розробив Г.К. Боресков [7]. Швидкість процесу окислення SO_2 на ванадієвих каталізаторах пропорційна концентрації кисню, різниці між наявною та рівноважною концентрацією діоксиду сірки у степені 0,8 та обернено пропорційно концентрації триоксиду також у степені 0,8.

Якщо швидкість процесу виразити через початкові концентрації діюкису сірки та кисню, то кінетика процесу виразиться у вигляді наступного рівняння:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{273}{T} \frac{k}{a} \left(\frac{x_p - x}{x} \right)^{0,8} \frac{b - \frac{ax}{2}}{1 - \frac{ax}{2}} \quad (3.1)$$

Де x – ступінь перетворення; T – температура, °K; $k = k_0 e^{-E/RT}$ – константа швидкості реакції. сек^{-1} ; a – початкова концентрація SO_2 . b – початкова концентрація O_2 ; x_p – рівноважна ступінь перетворення, яка визначається із наступного трансцендентного рівняння:

$$x_p = \frac{K_p}{K_p + \sqrt{\frac{1 - \frac{ax_p}{2}}{b - \frac{ax_p}{2}}}} \quad (3.2)$$

Де K_p – константа рівноваги:

$$K_p = \frac{4812,2}{T} - 2,8254 \lg T + 2,284 \cdot 10^{-3} T - 7,012 \cdot 10^{-7} T^2 + 1,19 * 10^{-10} T^3 + 2,23$$

Час контакту дорівнює відношенню кількості каталізатора до об'єму газової суміші: $\tau = \vartheta_k / V_0$. При заданій продуктивності контактного апарату необхідний об'єм газової суміші обернено пропорційний концентрації SO_2 : $V_0 \sim \frac{1}{a}$. Із останніх двох виразів та рівняння можна отримати:

$$\vartheta_k = \int_{x_H}^{x_K} \frac{T}{273k} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \frac{1 - \frac{ax_p}{2}}{b - \frac{ax_p}{2}} dx. \quad (3.3)$$

Таким чином, особливістю кінетики являється те, що при збільшенні початкової концентрації кисню об'єм каталізатора на одиницю продукції зменшується [7].

В цей же момент при збільшенні початкової концентрації SO_2 витрати на каталізатор для апаратів однакової потужності збільшуються.

Реакція окислення SO_2 протікає з великим виділенням тепла, яке необхідно відводити у процесі реакції. Відведення тепла можна реалізувати безпосередньо з шару каталізатора у контактному апараті з внутрішнім теплообміном.

Математична модель такого контактного апарату описується наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = W(T, x), \\ \frac{dT}{d\tau} = \Delta T_{ад} W(T, x) - B(T - T_x) \end{cases} \quad (3.4)$$

Де $W(T, x)$ – Вираз для швидкості хімічної реакції; $B = \frac{\alpha S_{уд}}{C_{\theta}}$ – параметр тепловідводу; α – коефіцієнт теплопередачі через стінку трубок, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$; $S_{уд}$ – удільна поверхня тепловідводу у шарі каталізатора, $\text{м}^2/\text{м}^3$; C_{θ} – теплоємність газової суміші, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{град}$; $\Delta T_{ад} = \frac{Q_p a}{C_{\theta}}$ – величина адіабатного розігріву; Q_p – тепловий ефект реакції; T_x – постійна температура холодильника при відводі тепла постійним теплоносієм [7].

У випадку відведення тепла свіжим газом, температура холодильника буде змінюватись по висоті, і до рівняння 2.4 необхідно додати залежність зміни T_x за висотою трубки:

$$\frac{dT_x}{d\tau} = -B(T - T_x)$$

Наразі трубчасті апарати не використовуються. Вони більш складні у конструктивно та у експлуатації. Тому у подальшому будемо розглядати лише поличні апарати [7].

За способом відведення тепла поличні апарати можна розділити на:

- 1) апарати з проміжними теплообмінниками;
- 2) апарати з проміжним введенням холодного газу між шарами;
- 3) апарати з проміжним введенням холодного повітря між шарами;
- 4) Комбіновані апарати.

Математичний опис поличного контактного апарату з охолодженням суміші у проміжних теплообмінниках має наступний вигляд:

$$\tau_i = \int_{x_{iH}}^{x_{iK}} \frac{dT}{273k} \left(\frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \frac{1 - \frac{ax}{2}}{b - \frac{ax}{2}} dx. \quad (3.5)$$

Де τ_i – час контакту у i -тому шарі [7].

Процес у шарі протікає адіабатно, і температура міняється лінійно зі зміною степені перетворення:

$$T = T_{iH} + \lambda(x - x_{iH}) \quad (3.6)$$

Де $\lambda \equiv \Delta T_{ад}$. Між шарами ступінь перетворення не міняється:

$$x_{iK} = x_{i+1H} \quad (3.7)$$

а температура зменшується у теплообмінниках від T_{iK} до T_{i+1H} .

При додаванні між шарами холодного повітря міняється температура реакційної суміші:

$$T_{i+1H} = T_{х.п} + \frac{\vartheta_{i+1}}{\vartheta_i} (T_{iK} - T_{х.п}) \quad (3.8)$$

і її початковий склад:

$$a_{i+1} = \frac{\vartheta_i}{\vartheta_{i+1}} a_i, \quad (3.9)$$

$$b_{i+1} = 0,21 - \frac{\vartheta_i}{\vartheta_{i+1}} (0,21 - b_i), \quad (3.10)$$

де $T_{х.п}$ – Температура холодного повітря; ϑ_i – об'єм реакційної суміші у i -му шарі; ϑ_{i+1} – об'єм реакційної суміші у $(i+1)$ -му шарі після додавання холодного повітря.

Степінь перетворення між шарами не міняється. Не міняється також вигляд рівняння 3.5, яке описує процес у шарі каталізатора. Але необхідно враховувати різний початковий склад газової суміші для кожного шару каталізатора.

У контактному апараті з додаванням холодної реакційної суміші між шарами каталізатора зміну температури можна розрахувати за рівнянням 3.8. Ступінь перетворення між шарами також міняється:

$$x_{i+1,н} = \frac{\vartheta_i}{\vartheta_{i+1}} x_{i,к}. \quad (3.11)$$

Але початковий склад газів постійний на всьому апараті.

За отриманими значеннями у подальшому можна провести конструктський розрахунок апарату [8]. Для цього визначимо об'єм каталізатора (реакційний об'єм). Після чого можна порахувати площу січного перерізу реактора:

$$S = V/w \quad (3.6)$$

Діаметр апарату розраховується за формулою:

$$D = \sqrt{4S/\pi} \quad (3.7)$$

Висота шару каталізатора:

$$h_0 = V/S \quad (3.8)$$

Після розрахунку усіх необхідних параметрів моделі, та провівши аналіз отриманих даних, при необхідності можна переходити до конструювання апарату.

Провівши розрахунки математичної моделі, було виявлено, що важливим параметром данного процесу є рівноважна ступінь перетворення, яка має велику залежність від температури. Тому у процесі окиснення діоксиду сірки важливо підтримувати оптимальні температури, адже це оптимізує перебіг процесу.

3.2. Структура і технічні характеристики обчислювального модуля

Відповідно до математичної моделі та основного завдання було розроблено алгоритм обчислювального модулю представлений на рис. 3.2.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		23

Програмний код обчислювального модуля, розробленого на мові програмування C++ CLI наведено в додатку Б.

Структура обчислювального модуля:

- Заголовковий файл форми – MyForm.h;
- основний файл – Shark_Prog.cpp;
- форма – Form.

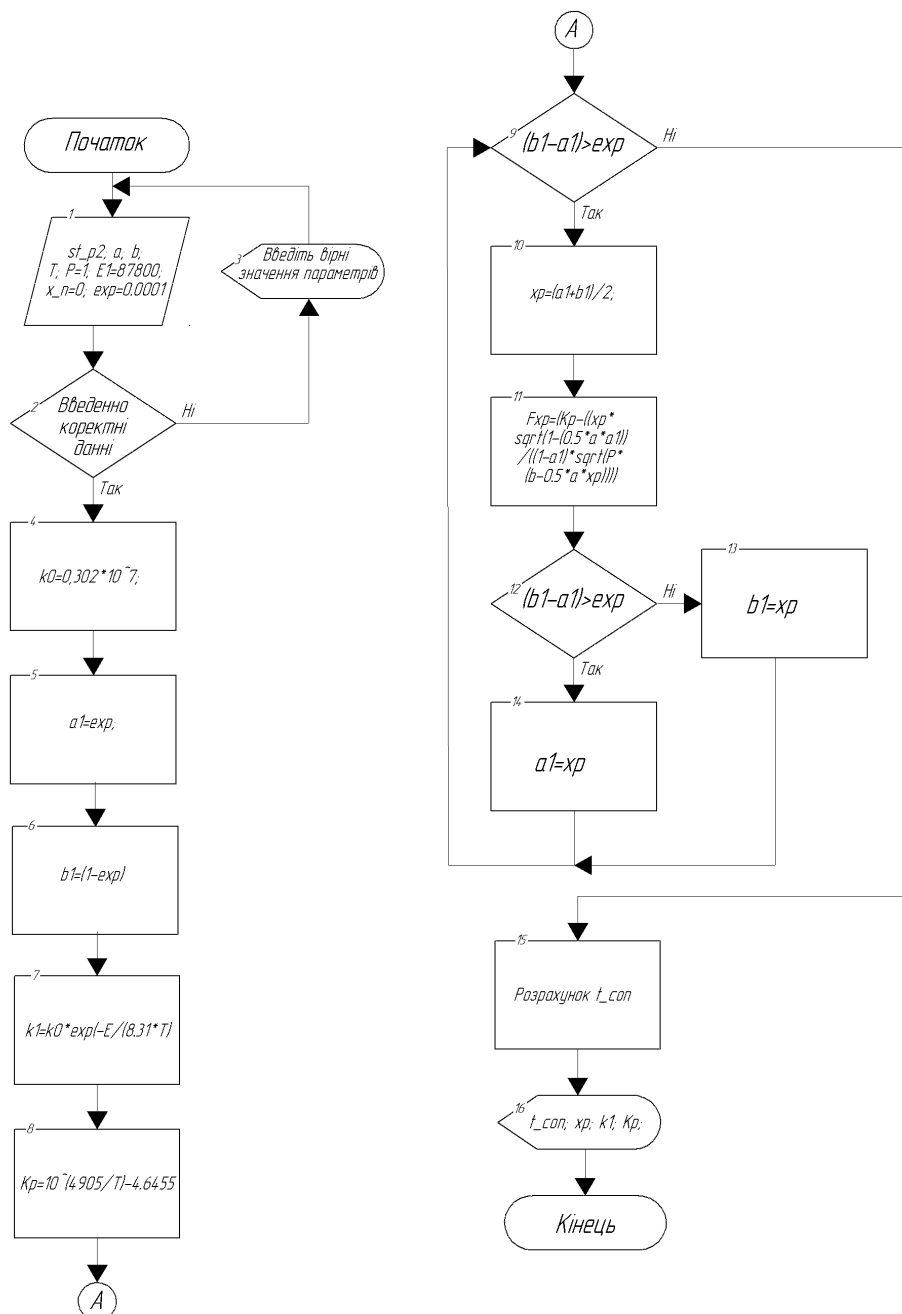


Рисунок 3.2 – Алгоритм обчислювального модулю

Основною метою створення обчислювального модуля стала необхідність зручного розрахунку та ідентифікації параметрів реактора, а також можливість пред'явлення графічної інформації користувачу, для подальшого її аналізу.

У обчислювальному модулі було необхідно виконати розрахунок трансцендентного рівняння (формула 3.2). Для цього було прийнято рішення використати метод половинного ділення. Його алгоритм наведено на рисунку 3.3

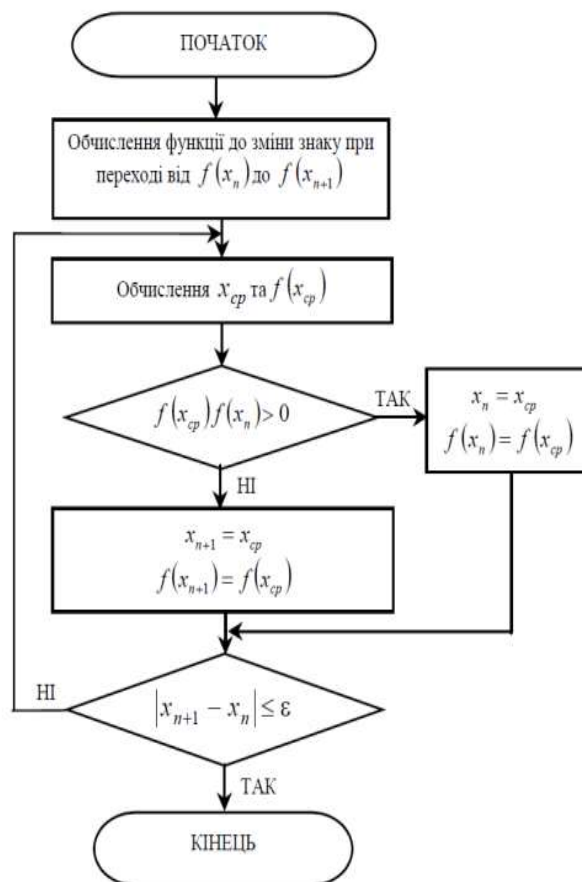


Рисунок 3.3 – Алгоритм методу половинного ділення

Принцип роботи даного методу:

Нехай дано рівняння $f(x)=0$. Необхідно знайти його корінь з точністю ϵ на відрізку $[a,b]$, на якому функція безперервна і у кінцях має значення різних знаків, тобто $f(a) \times f(b) < 0$. Таким чином, згідно теореми 1, на цьому відрізку існує хоча б один розв'язок рівняння [8].

Знаходиться середина відрізка $[a, b]$ точка c (рис. 3.2). Корінь може опинитись на відрізку $[a, c]$ або на $[c, b]$, чи співпасти з c . В останньому випадку метод припиняє роботу, інакше за допомогою перевірки виконання умов $f(a) \times f(c) < 0$ і $f(c) \times f(b) < 0$ з'ясовується, на якій частині відрізка залишився корінь. Далі процедура повторюється для тієї половини відрізка, на якій є корінь, доки відрізок не зменшиться настільки, що його довжина буде менше від заданої похибки [8].

3.3. Інструкція користувачу програмного продукту

Розроблена програма призначена для розрахунку параметрів контактного апарату при проведенні реакції каталітичного окиснення діоксиду сульфуру.

Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні сторінки наведено на рисунку 3.4.

Наступне вікно містить поля для вводу даних, а саме ступінь перетворення (можна використовувати в обрахунках розраховану рівноважну ступінь перетворення, відмітивши прапорцем відпоідне поле), температуру реакції, почтакові концетрації SO_2 та O_2 .

Для виконання розрахунків слід ввести початкові дані у відповідні поля, або натиснути кнопку «Заповнити» після чого натиснути кнопку «Розрахувати». У результаті з'являються розраховані параметри, а саме проміжні розрахунки, та основні обрахунки у полі «Обрахунки».

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		26

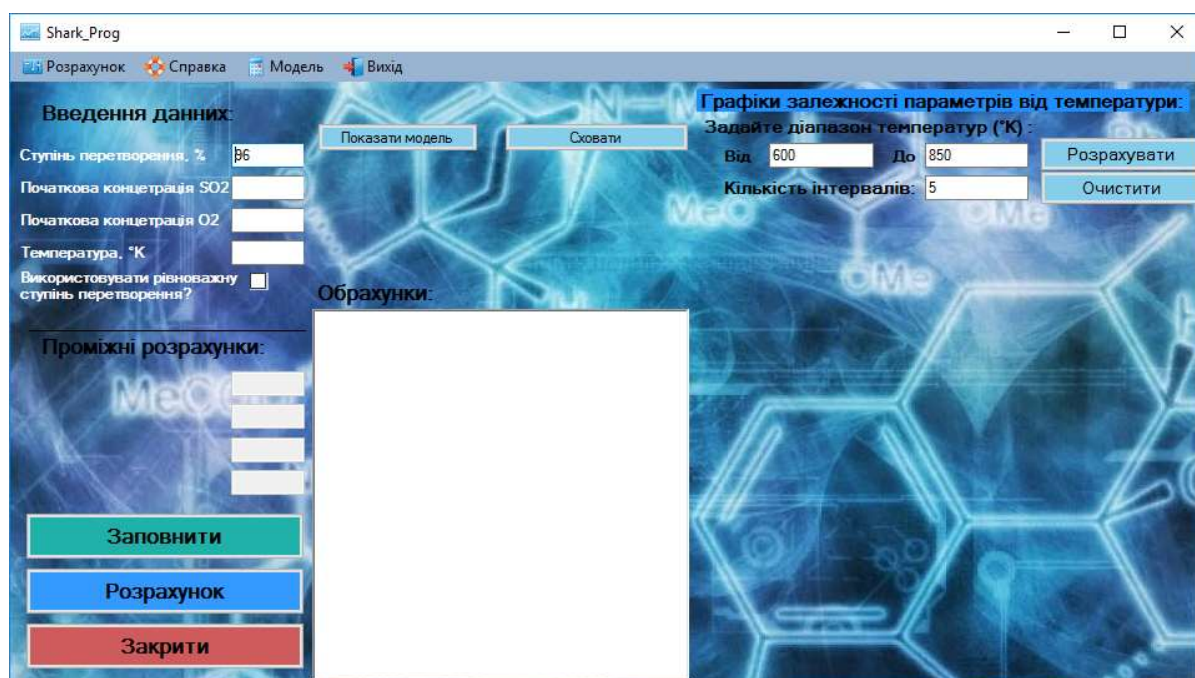


Рисунок 3.4 – Головне вікно програми

Також у програмі врахована можливість побудови графіків залежності основних параметрів від температури. Такими параметрами є константа рівноваги, константа швидкості реакції, та рівноважна ступінь перетворення.

Для побудови графіків необхідно вказати діапазон температури та кількість інтервалів. Отримані графіки зображено на рисунку 3.5-3-7

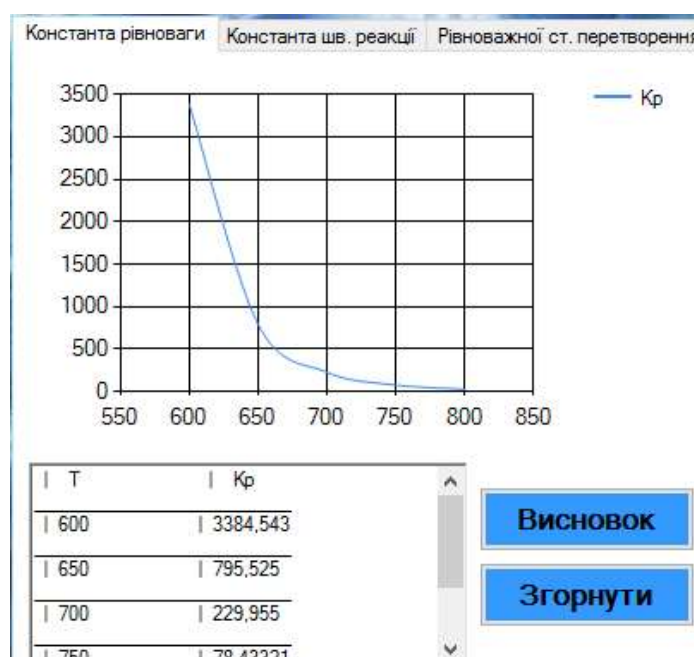


Рисунок 3.5 – Графік залежності константи рівноваги від температури

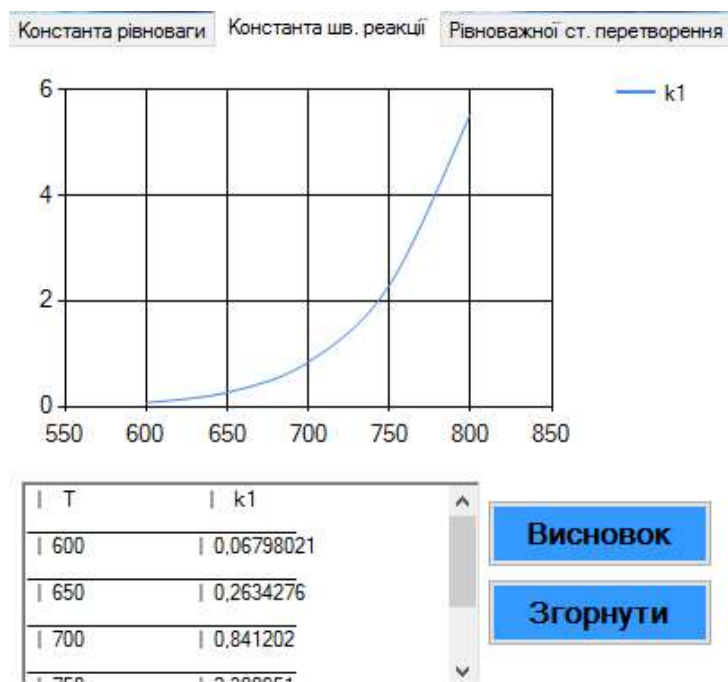


Рисунок 3.6 – Графік залежності константи швидкості реакції.



Рисунок 3.7 – Графік залежності рівноважного ступіня перетворення.

За кожним графіком користувач може побачити висновки натиснувши на відповідну кнопку.

Результат роботи програми зображено на рисунку 3.8.

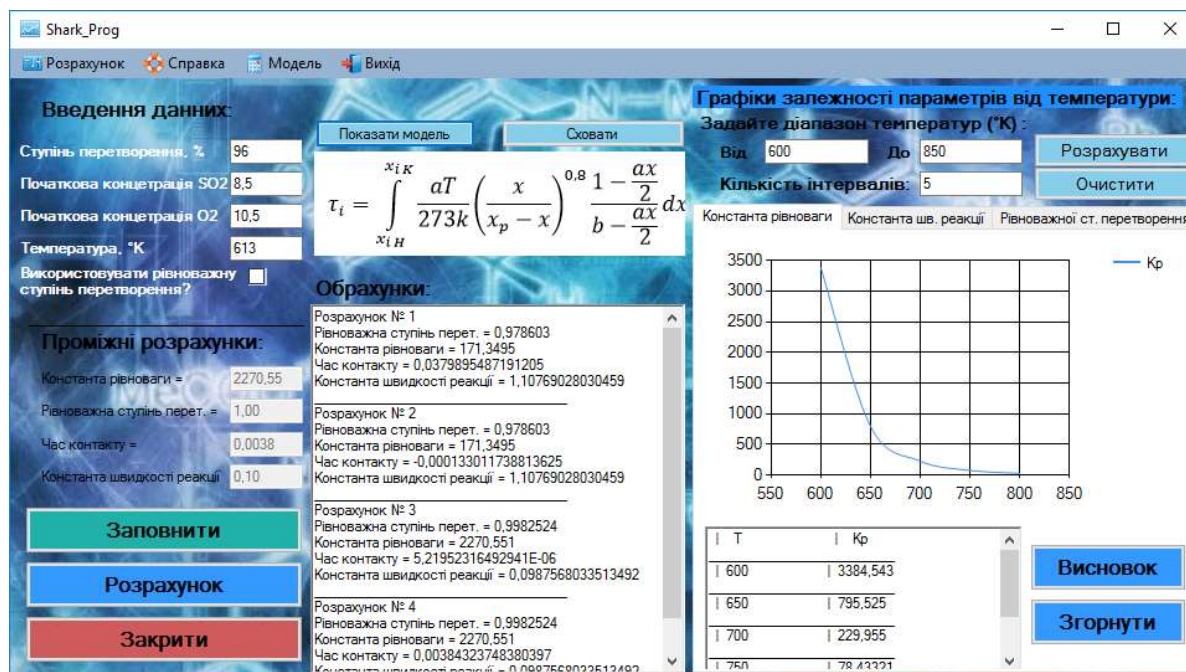


Рисунок 3.8 – Результат роботи програми

За бажанням користувач може зберегти отримані розрахунки натиснувши на головному меню вкладку «Розрахунки», та обравши на ній пункт «Зберегти».

4 Автоматизація технологічної схеми процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Технологічний процес в промисловості тісно зв'язаний з автоматизацією її технологічних процесів. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства з метою досягнення зростання показників ресурсозбереження, поліпшення екології навколишнього середовища якості та надійності продукції. В зв'язку з бурхливим розвитком мікропроцесорної техніки і персонально електронно-обчислювальних машин, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління.

Завдання технологічного процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти полягає в отриманні триоксиду сірки шляхом контактного окиснення SO_2 до SO_3 . Аналіз технологічної схеми показав, що найбільше впливає на якість цільового продукту температура та співвідношення реагентів які подаються до апаратів.

Для контролю якості повітря на підприємстві необхідно контролювати параметри, що можуть спричинити небезпеку для життя робочого персоналу. Такими параметрами є концентрації оксидів сірки в приміщенні, оскільки при досягненні певної концентрації вони здатні реагувати з вологою на тілі людини з утворенням сульфатної кислоти, яка може подразнювати дихальні шляхи, викликати астму, важкі хімічні опіки, смерть, тому концентрації даних компонентів потрібно контролювати та у разі перевищенні параметрів видавати звуковий і світловий сигнал.

Основна мета технологічного процесу полягає в отриманні заданого виходу кінцевого продукту – триоксиду сірки. Проаналізувавши хімічну реакцію, можна зробити висновки, що основним апаратом є реактор, у якому

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		30

необхідно підтримувати оптимальну температуру, та контролювати співвідношення газів що до нього надходять.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва. В результаті чого обрано наступні параметри об'єкту автоматизації, що підлягають контролю та регулюванню.

- витрату діоксиду сірки на вході в теплообмінник;
- витрату кисню на вході в теплообмінник;
- тиск у теплообмінниках;
- тиск у реакторі;
- температуру у трубопроводах на вході до реактора;
- співвідношення реагентів у газовій суміші на вході до реактора;
- температуру у реакторі;
- температуру речовини на виході;
- витрату речовини після реактора;
- витрату речовини після теплообмінників;
- витрату готового продукту;

Відповідно до обраних параметрів контролю, регулювання, сигналізації були вибрані місця заміру параметрів на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів, межі їх зміни. Всі дані занесено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю процесу каталітичного окиснення діоксиду сірки.

№	Місце заміру параметру на технологічному об'єкті(найменування стадії технологічної схеми процесу)	Параметр,що вимірюється або регулюється (найменування)	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (вимірювання, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід подачі SO ₂ у теплообмінник	Витрата	15±0.5 м ³ /год	Контроль

Продовження таблиці 4.1.

2	Трубопровід подачі O ₂ до теплообмінника	Витрата	19,4±0.5 м ³ /год	Контроль
3	Трубопровід подачі SO ₂ в реактор	Витрата	15±0.5 м ³ /год	Контроль та регулювання співвідношення
4	Трубопровід подачі O ₂ в реактор		19,4±0.5 м ³ /год	
5	Трубопровід подачі SO ₃ після реактора	Витрата	28±0.5 м ³ /год	Контроль
6	Трубопровід подачі SO ₃ після теплообмінника	Витрата	28±0.5 м ³ /год	Контроль
7	Трубопровід подачі SO ₃ на виході	Витрата	28±0.5 м ³ /год	Контроль
8	Теплообмінник 2-3	Тиск	0,03±0.01 МПа	Контроль і сигналізація
9	Реактор	Тиск	0,03±0.01 МПа	Контроль і сигналізація
10	Бойлер	Тиск	0,03±0.01 МПа	Контроль і сигналізація
11	Реактор	Температура	450 ± 5 °С	Регулювання
12	Теплообмінник 2-3	Температура	425 ± 5 °С	Регулювання
13	Бойлер	Температура	400 ± 5 °С	Регулювання
14	Трубопровід подачі SO ₂ до теплообмінника	Температура	300 ± 5 °С	Регулювання
15	Трубопровід подачі O ₂ в реактор	Температура	425 ± 5 °С	Регулювання
16	Трубопровід подачі SO ₃ після реактора	Температура	425 ± 5 °С	Регулювання

За даними в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу каталітичного окиснення діоксиду сульфору.

При виборі приладів автоматизації слід дотримуватись наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуються однотипні засоби автоматизації;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;

Тому для автоматизації процесу отримання триоксиду сульфуру шляхом окиснення діоксиду сульфуру були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників [11-19]. Підібрані засоби автоматизації наведена в специфікації (Додаток Д).

4.2 Опис системи автоматизації

Контроль та регулювання температури

В якості первинного перетворювача при вимірюванні температури з необхідною точністю для контурів 6, 7, 15, 16, 18, 20 було обрано термоелектричний перетворювач марки ТХА-1387 (поз. 6-1, 7-1, 15-1, 16-1, 18-1, 20-1) з діапазоном вимірювання температури 0 – 900°C, що призначений для вимірювання температури у рідких та газоподібних з малою похибкою, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на показуючий ПІД-регулятор марки ТРМ10 (поз. 7-2, 16-2, 18-2, 20-2), який відображає вимірювану температуру і в контурі регулювання видає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 7-3, 16-3, 18-3, 20-3).

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

Контроль та регулювання витрат

Для контролю та регулювання витрати в контурах 5, 9, 10, 12, 13, 14, 22, 23 використовується ультразвуковий витратомір марки UFM 3030 (поз. 5-1, 9-1, 10-1, 12-1, 13-1, 14-1, 22-1, 23-1) з температурою вимірюваного середовища від -30 до 2200 °С, прилад містить вбудований первинний перетворювач у вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Далі сигнал подається на показуючий та реєструючий пристрій зі станцією керування марки ФК0071 (поз. 5-2, 9-2, 10-2, 12-2, 13-2, 14-2, 22-2, 23-2).

Для регулювання та індикації співвідношення витрати на контурах

9 та 10 вихідний сигнал після перетворювача з сигналом 4 – 20 мА. (9-2, 10-2) подається на регулятор співвідношення з функцією індикації (10-3), який в свою чергу видає регулюючий вплив на виконавчий механізм.

Контроль тиску

Для вимірювання тиску в контурах 1,2,3,4 використано перетворювач тиску марки КВАНТ ДИЦ1, мод. 2420 В/П/М (поз. 1-1, 2-1, 3-1, 4-1) який може використовуватися у вибухонебезпечних і агресивних середовищах для вимірювання тиску до 0,6 МПа в рідких і газоподібних середовищах, вихідний сигнал манометру 0 – 20 мА, ступінь захисту - IP40.

Далі сигнал потрапляє на вторинний показуючий та реєструючий прилад марки РМТ-39D/1 (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2) вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Для сигналізації верхньої межі тиску використовуються індикаторні лампи марки УПС 1 (поз. HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6, HL7, HL8).

Створення схеми автоматизації дозволяє проводити технологічний процес окиснення діоксиду сірки за оптимальних умов та у відповідності до технічного регламенту.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

5. Економічно-технічні розрахунки

5.1. Схема організації відділення синтезу сульфатної кислоти

Сірчана кислота є важливим товаром хімічної промисловості і є індикатором її промислової потужності. Більша частина виробленої кислоти (~ 60%) витрачається на виробництво добрив, суперфосфату фосфату амонію, сульфатів, сульфату амонію. Виробництво сульфатної кислоти відноситься до великотоннажних виробництв [5].

Проект передбачає розробку підприємства синтезу сульфатної кислоти продуктивністю 575 т/добу.

Організаційна структура повинна повністю забезпечити потреби підприємства в обслуговуванні. Таким чином на підприємстві повинні працювати:

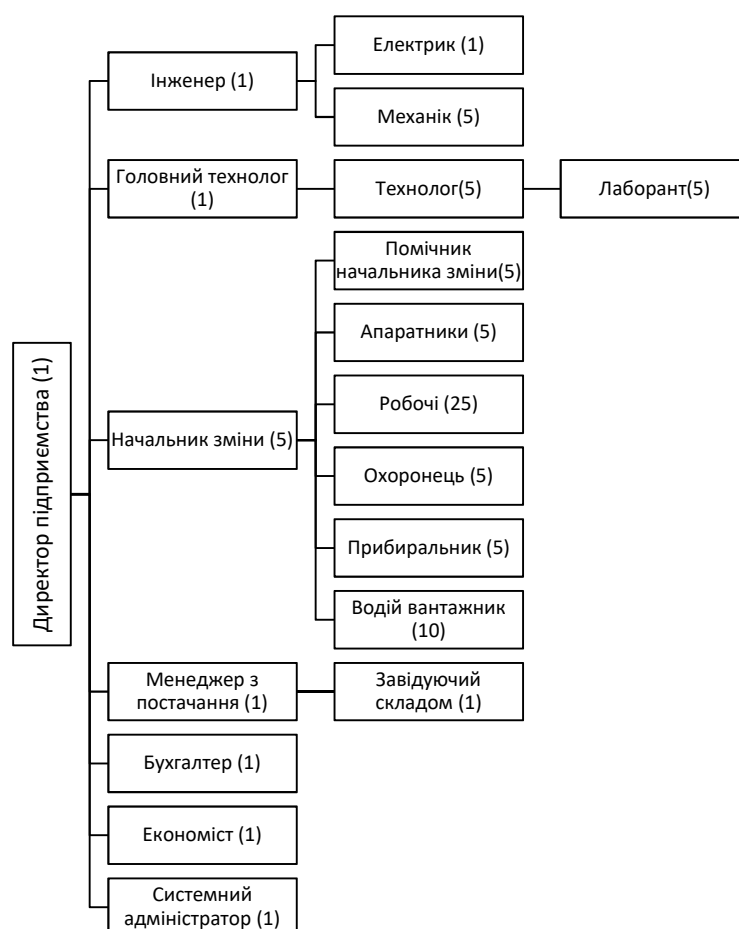


Рисунок 5.1 – Структура працівників на підприємстві

5.1. Організація підприємства синтезу сульфатної кислоти

Виробничі процеси підприємства поділяються на основні, допоміжні, підсобні та бічні наведені у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Класифікація виробничих процесів підприємства

Виробничі Процеси	Стадії
Основні	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналіз сировини; 2. Спалювання сірки (10 хв.); 3. Синтез CO_2 в контактному апарату (30 хв.); 4. Нагрівання реагентів (20 хв.); 5. Синтез сульфатної кислоти (20 хв.); 6. Аналіз готової продукції; 7. Постачання сировини;
Допоміжні	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обслуговування обладнання; 2. Ремонт;
Підсобні	<ol style="list-style-type: none"> 1. Забезпечення деталями для ремонту обладнання; 2. Постачання палива та енергоресурсів;
Бічні	<ol style="list-style-type: none"> 1. Утилізація відходів;

Підприємство має продуктивність 575 т/добу і все допоміжне обладнання підібрано так, щоб при експлуатації не виникало часу простою на жодній із стадій. Оскільки підприємство безперервне і за одне завантаження обробляється приблизно 5 500 кг сірки, то було обрано паралельний ВРПП.

Кількість виробничих циклів за зміну:

$$B = \frac{360 - \sum t_i + t_{\max}}{t_{\max}} = \frac{360 - 80 + 30}{30} = 10.33 \approx 10$$

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot t_{\max} = 80 + (10 - 1) \cdot 30 = 350 \text{ хв.}$$

При обраному ВРПП зайнятість усіх працівників проводиться в повному обсязі, дозволяє надати максимальну кількість продукції за день і найпродуктивніше використовується приміщення та обладнання.

Графік паралельного ВРПП по стадіям:

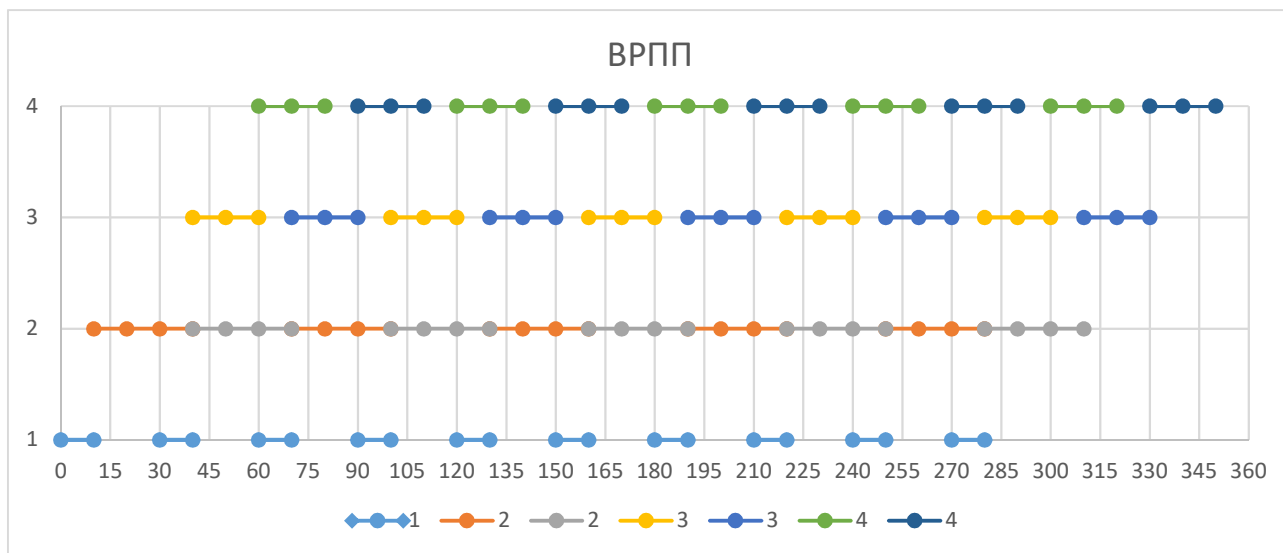


Рисунок 5.2 – Графік паралельного ВРПП

5.2. Чисельність персоналу

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання обсягу робіт та для повної комплектації робочих місць за зміну.

Режим роботи – в чотири зміни, тривалістю зміни 6 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу та фахівців робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи однозмінний тривалістю робочої зміни 8 годин.

Для робочого персоналу – зміна повинна складатися з начальника зміни (1), помічника начальника зміни (1), технолог(1), лаборант(1), апаратника (1), робочих (5), охоронця (1), прибиральника (1), водіїв (2), механік (1) – це ті, які мають чотири змінний графік роботи, а адміністративно-управлінський персонал працює в складі – начальник цеху (1), головний технолог(1),

інженер (1), електрик (1), менеджер з постачання (1), завідуючий складом (1), бухгалтер (1), економіст (1), системний адміністратор (1).

Отже, явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу:

$$\text{Ч}_{\text{яв}} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 9 \quad (5.1)$$

Явочна кількість виробничого персоналу:

$$\text{Ч}_{\text{яв}} = (1 + 1 + 1 + 5 + 1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1) * 4 = 60 \quad (5.2)$$

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, крім штатної, для виконання непланових робіт, заміна хворих, відсутніх у відпустках або відсутні з інших поважних причин, також сюди включають консультантів, сумісників і т.д.

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} * \text{К}_{\text{пер}} \quad (5.3)$$

$$\text{К}_{\text{пер}} = \frac{\text{T}_{\text{підп}}^{\text{рік}}}{\text{T}_{\text{прац}}^{\text{норм}}} = \frac{8760}{1821} = 5 \quad (5.4)$$

де $\text{К}_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку, $\text{T}_{\text{рік}}$ – річний робочий час підприємства, $\text{T}_{\text{прац}}$ – річний робочий час підприємства з урахуванням святкових вихідних, хвороб та відпусток.

Тоді чисельність за списком становить:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = 15 * 5 + 9 = 84 \text{ осіб.} \quad (5.5)$$

Тривалість роботи підприємства на рік:

$$\text{T}_{\text{підп}}^{\text{рік}} = 365 * 24 = 8760 \text{ год/рік} \quad (5.6)$$

Тривалість роботи працівника:

$$\text{T}_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365-11}{7} * 36 = 1821 \text{ год/рік} \quad (5.7)$$

Кількість бригад:

$$\text{К}_{\text{пер}} = \frac{\text{T}_{\text{підп}}^{\text{рік}}}{\text{T}_{\text{прац}}^{\text{норм}}} = \frac{8760}{1821} = 5 \text{ бригад} \quad (5.8)$$

Отже, щоб забезпечити безперервний процес роботи потрібно 5 бригад.

Графік змін: 1-а зміна 08:00 – 14:00, 2-а зміна 14:00 – 20:00, 3-я зміна 20:00 – 02:00, 4-а зміна 02:00 – 08:00.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		38

Таблиця 5.3 – Графік змінності робочого персоналу

Бри- гади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в
2	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1
3	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2
4	3	3	в	4	4	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3
5	4	4	4	в	в	1	1	1	1	1	в	2	2	2	2	2	в	3	3	3	3	3	в	4	4

Фактична тривалість роботи працівника за рік, які працюють позмінно:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм}}^{\text{об}}} \left(T_{\text{зм}}^{\text{зм}} - T_{\text{вих}} \right) * t_{\text{зм}} = \frac{365}{25} (25 - 5) * 6 = 1752 \text{ год} \quad (5.9)$$

Недопрацювання працівника за рік:

$$T_{\text{недопр}} = 1821 - 1752 = 69 \text{ год} \quad (5.10)$$

Тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{норм}} = \frac{365-11}{7} * 40 - (8 - 1) * 1 = 2016 \text{ год/рік} \quad (5.11)$$

Графік змінності адміністративно-управлінського персоналу: одна зміна
09:00 – 17:00 год.

Таблиця 5.4 – Графік змінності адміністративного персоналу

Бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
I	1	1	1	1	1	В	В

Фактична тривалість роботи адміністративно-управлінського персоналу:

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{(365-11)}{T_{\text{зм}}^{\text{об}}} \left(T_{\text{зм}}^{\text{зм}} - T_{\text{вих}} \right) * t_{\text{зм}} = \frac{(365-11)}{7} (7 - 2) * 8 = 2022 \text{ год} \quad (5.12)$$

Перепрацювання робітника за рік:

$$T_{\text{пер}} = 2022 - 2016 = 6 \text{ год} \quad (5.13)$$

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ		Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			39

5.3. Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний [5].

Вхідний контроль – перевірка якості сировини. На даному підприємстві це визначення якості вихідної сировини (якість сірки та вміст повітря). Цей контроль проводиться лаборантами підприємства. Вони зобов'язані вести журнал вхідного контролю [5].

Проміжний контроль – це перевірка технологічної дисципліни при виконанні технологічного процесу. Виконується технологом, який веде журнал проміжного контролю [5].

Заключний контроль – це оцінка якості готової продукції, в нашому випадку олеуму. Основна мета цього контролю – виявлення браку. Заключний контроль проводить технолог. Результати заключного контролю заносять до журналу заключного контролю, згідно якого оформляється паспорт на продукцію [5].

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		40

5.4. Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні підприємства, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються підприємством в ході продажу. До оборотних засобів відносять:

- Заробітна плата;
- Затрати на сировину та електроенергію;
- Оренда приміщення;
- Заміна каталізаторів та ремонт частин;

Заробітна плата працівників підприємства наведена в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Заробітна плата працівників підприємства

Посада	З/П працівника в місяць	Кількість працівників	З/П всіх працівників на даній посаді
Директор підприємства	23 000	1	23 000
Інженер	12 000	1	12 000
Головний технолог	12 000	1	12 000
Технолог	11 000	5	55 000
Лаборант	10 000	5	50 000
Електрик	10 000	1	10 000
Механік	10 000	5	50 000
Начальник зміни	12 000	5	60 000
Бухгалтер	9 000	1	9 000
Економіст	9 000	1	9 000

Продовження таблиці 5.5

Системний адміністратор	12 000	1	12 000
Менеджер з постачання	9 000	1	9 000
Завідуючий складом	9 000	1	9 000
Помічник начальника зміни	9 000	5	45 000
Апаратник	8 000	5	40 000
Робочий	7 000	25	175 000
Охоронець	7 000	5	35 000
Прибиральник	5 000	5	20 000
Водій вантажник	7 000	10	70 000
Сумарна З/П			705 000

Отже, сумарна З/П за місяць складає 705 000, а за рік складатиме 8 460 000 гривень.

$$\text{ФОП} = 8\,460\,000 * 1,22 = 10\,321\,200 \text{ грн./рік} \quad (5.14)$$

Оскільки для добування сульфатної кислоти необхідна сірка ціна якого на 21 травня 2018 для промислових споживачів становить 1 500 грн./т. За один цикл в систему входить 5 500 кг сірки. О₂ потрапляє в систему з повітря, тобто безкоштовно. Вода для утворення сульфатної кислоти надходить з міського водопроводу (після очистки), ціна якого становить 8,28 грн./т, за цикл потрібно 2 584 кг. Затрати каталізатора складають 4 кг./т., ціна відповідно 2 000 грн./т. Відповідно затрати на сировину складаються з сірки, води та каталізатора:

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

$$C_{\text{мат}} = ((1\,500 * 5,5 + 2,584 * 8,28) * 6 + 575 * 4 * 2000) * 365 = \quad (5.15)$$

$$1\,697\,114\,355,05 \text{ грн./рік}$$

Витрати на запасні частини для ремонту складають – 500 000 грн./рік.

Вартість оренди:

- Виробнича будівля і складські приміщення – 2 000 000 грн./рік;
- Офісне приміщення – 500 000 грн./рік.

Сумарна витрата на оренду становить 2 500 000 грн./рік.

Для нормально функціонування та розвитку підприємства потрібні наступні програмні комплекси:

1. MATLAB – спеціальне програмне забезпечення призначене для моделювання та складних математичних розрахунків (вартість 22 500 гривень/рік).
2. Aspen HYSYS – спеціальне програмне забезпечення для проведення моделювання роботи схеми виробництва, аналізу проблем які можуть виникнути під час роботи підприємства та можливі способи покращення економічних характеристик (вартість 750 000 гривень/рік).
3. Microsoft Office 365 – програмний комплекс для створення звітів, презентацій та ін. (вартість 103 680 гривень/рік).

Сумарна вартість програмного забезпечення 876 180 гривень/рік.

Згідно опису схеми, витрати електроенергії для цього типу виробництва складає 85 кВт*год, ціна на електроенергію для підприємства складає 2,13396 грн./кВт. На підприємстві працює двозонний облік електроенергії.

$$C_{\text{ел}} = 85 * (2,13396 * 16 + 1,5 * 8) * 365 = 1\,431\,597,744 \text{ грн./рік} \quad (5.16)$$

Вартість оборотних засобів таким чином становить:

$$O_{63} = 1\,751\,457\,424,76 + 2\,500\,000 + 500\,000 + 876\,180 + \quad (5.17)$$

$$+ 10\,145\,520 + 1\,431\,597,744 = 1\,766\,910\,722,5 \text{ грн./рік}$$

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		43

Основні засоби – це засоби праці, які багаторазово використовуються у виробництві, не змінюють свою форму тривалий час, а їх вартість враховується у вартість готової продукції [5].

До основних засобів належать:

- Будівлі і споруди
- Машини і обладнання
- Транспорт
- Виробничий інвентар
- Нематеріальні активи

Основні засоби зведені в таблицю 5.6, в якій Амортизація розрахована за формулою:

$$A = \frac{\Phi_{пп} + K + P - Л}{T_{експ}} \quad (5.18)$$

де А – амортизація, грн/рік; Фпп – повна початкова вартість, грн; К – витрати на капітальні ремонти, грн; Р – витрати на поточні ремонти, грн; Л – ліквідаційна вартість, грн; Т_{експ} – плановий період експлуатації, років.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		44

Таблиця 5.6 – Основні засоби

Обладнання	Кіл.	Термін експлуатації, років	Повна початкова вартість, грн	Ліквідаційна вартість, грн	Амортизація, грн/рік
Піч	1	5	300 000	50 000	50 000
Котел-утилізатор	2	5	200 000	40 000	64 000
Контактний апарат	1	5	2 000 000	1 000 000	200 000
Теплообмінник	5	5	500 000	200 000	300 000
Сушильна башта	1	5	400 000	150 000	50 000
Обладнання	Кіл.	Термін експлуатації, років	Повна початкова вартість, грн	Ліквідаційна вартість, грн	Амортизація, грн/рік
Моногідратний абсорбер першого ступеня	1	5	1 000 000	500 000	100 000
Моногідратний абсорбер другого ступеня	1	5	1 000 000	500 000	100 000
Ємність	3	5	2 000	100	1 140
Холодильник	3	5	5 000	500	2 700
Повітронагнітач	1	5	5 000	600	880
Установка для очистки води	1	5	10 000	5 000	1 000
Вартість трубопроводів	-	5	800 000	200 000	120 000

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

Продовження таблиці 5.6

Елементи автоматизації	-	5	500 000	250 000	50 000
Нематеріальні активи	-	5	80 000	25 000	11 000
Транспорт	-	5	500 000	200 000	60 000
Інвентар	-	5	50 000	15 000	7 000
Термоперетворювачі опору ТСП- 0989Р	6	5	1 341	50	1 609
Термопара типу К (ТХА)	10	5	240	10	480
Масовий витратомір MaxxFlow HTC	1	5	270 000	5 000	54 000
Виконавчий механізм МЭО-40	13	5	2 400	100	6 240
Обладнання	Кіл.	Термін експлуатації, років	Повна початкова вартість, грн	Ліквідаційна вартість, грн	Амортизація, грн/рік
Об'ємний витратомір Yewflo DY	15	5	27 000	500	81 000
Об'ємний витратомір PC01	10	5	16 800	500	33 600

Продовження таблиці 5.6

Вимірювальний ПІД-регулятор TRM10	49	5	1 700	100	16 600
Газоаналізатор SO ₂ С-310А	1	5	32 764	1 000	6 522
Стаціонарний газоаналізатор SO ₃ КГА-8ЕС	1	5	84 000	1 000	16 800
Ультразвуковий вимірювач рівня ULM-55-06	3	5	17 000	500	10 200
Всього			7 805 245		680771

Калькуляція на вид продукції наведена в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7. – Калькуляція на вид продукції за елементами

Елементи калькуляції	Грн./рік
Каталізатор	1679000000
Сірка	18067500
Вода	46856
Основна і додаткова заробітна плата	600000
Затрати на електрику	1431597,744
Переробка відходів	360000
Амортизація	680771
ФОП	10321200
Виробнича Собівартість за рік	1710507925

Обчислимо собівартість одної тони продукту:

$$C = \frac{C_{pv}}{B} = \frac{1710507925}{209875} = 8150,1 \text{ грн.}$$

Дослідивши ринок встановимо ціну на продукцію 12000 грн. за 1 тону готової продукції.

5.5. Розрахунок техніко-економічних показників

Для кращого сприйняття та аналізу отриманих результатів розрахунку було сформовано таблицю техніко-економічних показників виробництва. Всі показники були зведені в таблицю 5.8.

Таблиця 5.8 – Зведені техніко-економічні показники

Показник	Формула	Опис	Результат
Ціна річного випуску	$C = C_{\text{сул.к.}} * B * 365 = 12\,000 * 575 * 365$	$C_{\text{сул.к.}}$ – вартість 1 т сульфатної кислоти, B – випуск за добу	2 518 500 000 грн/рік
Собівартість	$C = A + \text{ОбЗ} = 1\,344\,771 + 1\,766\,910\,722,5$	A – амортизація, ОбЗ – оборотні засоби	1710507925 грн/рік
Капіталовкладення	$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 7\,805\,245 + 1\,766\,910\,722,5$	ОФ – основні фонди	1 774 715 967,5 грн

Продовження таблиці 5.8

Прибуток за рік	$\Pi = \text{Ц} - \text{С} =$ 2 518 500 000 – 1 768 255 493,5	Ц – ціна	750 244 506,5 грн/рік
Рентабельність	$R = \Pi / \text{С} * 100$ = 750 244 506,5 / 1 768 255 493,5 * 100		44,42 %
Економічна ефективність	$E = \Pi / K =$ 750 244 506,5 / 1 774 715 967,5		0,4427
Термін повернення капіталовкладень	$T = K / \Pi =$ 1 774 715 967,5/ 750 244 506,5		2,36 року
Фондовіддача	$\Phi B = \text{Ц} / \text{ОФ}$ = 2 518 500 000 / 7 805 245		322,66 грн/грн
Фондоємність	$\Phi \text{Є} = 1 / \Phi B$		0,003 грн/грн

З отриманих результатів можна зробити висновок, що підприємство вигідне, оскільки має термін повернення капіталовкладень менше 7 років та досить високу економічну ефективність.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		50

6. Охорона праці

Технологічний об'єкт, що розглядається - виробництво сульфатної кислоти, містить в обігу шкідливі та небезпечні речовини. Також на даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці [6]:

На основі шкідливих і небезпечних факторів розроблено ряд заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці.

6.1. Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на виробництві сірчаної кислоти. Заходи з охорони праці.

6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99 роботи, що виконуються в цеху за важкістю відносяться, відповідно [1], до категорії Пб.

Параметри мікроклімату обрані в залежності від категорії тяжкості виконуваної роботи та наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура, С°	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
1	2	3	4	5
Холодний	Легка Пб	17-19	60-40	0,2
Теплий	Легка Пб	20-22	60-40	0,3

Для забезпечення гігієнічної чистоти повітря та попередження отруєння при аварійних ситуаціях у цеху встановлено системи припливної і витяжної вентиляції. За звичайних умов в цеху працює система кондиціонерів для

підтримання оптимального мікроклімату. Залежно від кількості працівників кількість повітря визначається залежністю [6]:

$$L_{\Pi} = n \cdot L, \left[\frac{\text{м}^3}{\text{г}} \right], \quad (6.1)$$

де, n - кількість працівників; L - витрата повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм СН 245 – 7.

В цеху постійно присутні 1 оператор та 5 робочих, при об'ємі приміщення $V = 120 \text{ м}^3$ кількість повітря на людину $L = 20 \text{ м}^3 / \text{г}$. Розрахована кількість повітря для цеху:

$$L_{\Pi} = 6 \cdot 20 \text{ м}^3 / \text{г} = 120 \text{ м}^3 / \text{г} \quad (6.2)$$

Оскільки в ході технологічного процесу використовуються токсичні і небезпечні речовини – SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 , для запобігання отруєнь, або небезпечних ситуацій передбачається аварійна витяжна вентиляція що вмикається автоматично. Витяжні труби розташовані у стелі і на рівні підлоги. Кратність повітрообміну в приміщенні не менше 8 разів на годину [6].

Вибираємо центробіжний вентилятор марки ВЦ 14-46-3,15 загальнопромислового виконання.

В таблиці 6.2 наведено основні санітарні характеристики підприємства, що розглядається, а саме підприємства виробництва сульфатної кислоти.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої дільниці	Підприємство виробництва сульфатної кислоти
1	2
Шкідливі речовини, що виділяються	SO_2 , SO_3 , H_2SO_4

Продовження таблиці 6.2

Група шкідливої речовин, характеристика шкідливого впливу	Високошкідливі речовини. Наявність їх в повітрі в кількості 0,33 мг/дм ³ і більше викликає задишку і запалення легенів. SO ₃ реагуючи з парами води утворює сульфатну кислоту. Пари і розчин сульфатної кислоти дратують слизисті оболонки очей, дихальних шляхів, шкіру, викликаючи хімічні опіки.
ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	0,1-1,0 мг/м ³
1	2
Клас небезпечності шкідливої речовини	II — високошкідливі;
Засоби індивідуального захисту	фільтруючий протигаз марки БКФ або марки А; комплект спецодягу з прогумованої тканини; окуляри захисні.
Засоби долікарняної допомоги	Викликати блювоту і промити шлунок у хворого слід тільки в тих випадках, коли відсутні ушкодження стравоходу. Після цього включають корекцію ацидозу, контролювання шоку і судом і підтримання прохідності дихальних шляхів у разі набряку голосової щілини за допомогою інтубації або трахеотомії.
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	автоматичний стаціонарний сигналізатор і газоаналізатор
Клас виробництва згідно СН 245-71	I
Санітарна група виробничого процесу згідно з СНиП 2.09.04-87	1в

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б. За технологічним процесом ведеться постійний нагляд на посту керування шляхом виводу інформації про процес на ЕОМ.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна.

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного, суміщеного та місцевого освітлення. Природне освітлення представляє собою комбіновану систему поєднання верхнього й бокового освітлення. Штучне освітлення представлене системою, в якій світильники розміщують у верхній зоні приміщення. У таблиці 6.3 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.3 – Норми штучного освітлення коефіцієнта природної освітленості КПО виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні			
Розряд зорової роботи	VIII-б			
Штучне освітлення	Освітленість, лк	При системі загального освітлення		100
		При системі комбінованого освітлення	Всього	-
			Ут.ч. від загального	-
Природне освітлення	КПО, e_n , %	При боковому освітленні	0,3	
Суміщене освітлення		При боковому освітленні	0,2	

Розраховуємо необхідну кількість ламп в зоні реактора, що забезпечують нормоване значення освітленості, для штучного освітлення, за формулою [13]:

$$N = \frac{E \cdot S_{\text{п}} \cdot k \cdot Z}{F \cdot \eta} = \frac{50 \cdot 400 \cdot 1,2 \cdot 1,3}{3200 \cdot 0,5} \approx 20 \quad (6.3)$$

де, $E = 50$ лк - нормована освітленість; $S_{\text{п}} = 400 \text{ м}^2$ - площа приміщення; $k = 1,2$ - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості ламп в процесі експлуатації; $\eta = 0,5$ - коефіцієнт використання світлового потоку, визначається з урахуванням коефіцієнта відбиття світлового потоку від стін.
 $N = 20$ шт.

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи низького тиску типу ЛД. Вибираємо 20 люмінесцентних ламп типу ЛБ-40 зі світловим потоком рівним 3200 лк.

У місцях установки обладнання з обертовими робочими органами освітлення здійснюється лампами накаливання, установленими у світильники прямого світла.

Аварійне освітлення автоматично включається при будь-якій аварійній ситуації, у тому числі при спрацюванні газоаналізаторів водню і фенолу.

6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій

Джерелами шуму і вібрації в цеху є компресори.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039-99, допустимий рівень шуму в цеху і на робочих місцях становить 80 дБА.

Фактичний рівень шуму в цеху складає 40 дБА, тому потреба в додаткових засобах захисту від шуму відсутня.

Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірювач шуму та вібрації марки ВШВ-003.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		55

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях.

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму еквівалентні рівні шуму, дБА, дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
2										
Виконання всіх видів робіт на робочих місцях	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

6.1.4 Електробезпека

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму із частотою 50 Гц гранично припустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі $I_l = 6$ мА, $U_{дот} = 36$ В; при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_l = 0,3$ мА, $U_{дот} = 2$ В.

Згідно з [8] порівнюють розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \times 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА};$$

де, $R_{\text{л}} = 2...4$ кОм, опір тіла людини; $R_0 = 4$ Ом, опір нейтралі заземлення; $U_{\phi} = 220$ В, фазова напруга, В.

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{4000 + 4} = 0,05 \text{ А}$$

Напруга дотику розраховується за формулою:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^3 = 0,05 \cdot 4000 = 220 \text{ В.}$$

Таблиця 6.5 – Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Ділянка	Категорія приміщення по електробезпеці.
Виробничий цех	Особливо небезпечне приміщення
Побутові приміщення	Приміщення без підвищеної небезпеки

Для зниження небезпеки накопичення зарядів статичної електрики на трубопроводах, машинах і апаратах передбачене відведення зарядів статичної електрики шляхом заземлення системи трубопроводів і апаратів, якими рухається суміш реагентів;

Для забезпечення індивідуального захисту передбачено інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огороження, захисні окуляри. Для запобігання прямих ударів блискавки споруди захищені стрижньовими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило- та вологонепроникне виконання.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.

В проектованому виробництві використовується різноманітне обладнання: транспортні засоби (електрокари), контактний апарат, піч, абсорбери, трубопроводи та компресори, які з точки зору техніки безпеки створюють небезпеку.

Для уникнення травм робітників транспортні шляхи, призначені для цехового транспорту і проходи на території підприємства проектується таким чином, щоб транспорт було видно заздалегідь; або ж використовують звукові сигнали. Конструкцією контактного апарату, печі та абсорберів передбачено зручність і безпеку її обслуговування і ремонту, монтажу та демонтажу механізмів, вузлів і оснащення.

Частини компресорів, що нагріваються до температури понад 25 ° С, теплоізовані або закриті кожухом.

Причиною травматизму, смерті може бути падіння важких частин оснащення, тому операції знімання та установки форм максимально механізовані.

Певну небезпеку складає протікання сульфатної кислоти та оксидів сульфату з трубопроводів, при цьому виникає ризик удушення, хімічних опіків, втрати свідомості, смерті.

Трубопроводи, які використовуються для подачі оксидів сульфату, сульфатної кислоти на різні стадії синтезу кислоти, регулярно перевіряють на зношування та герметичність.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		58

6.2 Пожежна безпека

Можливість поширення пожежі на цеху в значній мірі залежить від вогнестійкості основних будівельних конструкцій приміщення, планування і розміщення обладнання в будівлі.

Цех виробництва, згідно ДБН В.1.1-7-2002, належить до категорії Г будівель. Приміщення категорії Г слід розміщувати біля зовнішніх стін, а в багатоповерхових будівлях - на верхніх поверхах. Для зменшення можливого збитку від вибуху газоповітряних сумішей передбачається у зовнішній частині будівлі спеціальні легкоскидуючі конструкції (скління вікон і ліхтарі).

Підлога на робочих місцях є рівною, теплою, щільною та такою, що не чинить опір ударам; вона неслизька та зручна для очистки поверхні; також вона стійка до хімічних впливів та поглинення цих речовин.

Проектом передбачено такі заходи пожежної безпеки: у цехах є протипожежний водопровід, діаметром 50мм і довжиною рукава 20 м згідно СНиП 2.09. 02-85; пожежні крани, у приміщенні є ємності з піском і пожежні щити; застосовуються пінні вогнегасники ОХП-10; сигналізація з датчиками РП-50 і СТХ-174; захист ізоляції від механічного, теплового та агресивного впливу; Для забезпечення максимальної безпеки кабелі будуть укладатися в спеціальні канали, проводку - у металеві рукава.

Для захисту від удару блискавки передбачений стрижньовий блискавковідвід. Тиск газу, що надходить на завод, буде знижуватися до необхідної величини в газорегуляторному пункті. Газові агрегати матимуть автоматичне регулювання процесу горіння, автоматику безпеки. До обслуговування теплообмінників і інших газифікованих агрегатів будуть допускатися працівники, які здали техмінімум і мають посвідчення на право роботи на цих агрегатах.

У будівлі передбачається три евакуаційні виходи, відстанню від робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення 25 м, при щільності

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		59

людського потоку від 1 до 3 чол/м²; ширина шляхів евакуації 2 м; ширина дверей становить 0,9 м.

Для виявлення початкової стадії пожежі в зовнішніх установках розташованих у вибухонебезпечному середовищі, передбачено сповіщувачі вибухонебезпечного виконання ТРВ-1. Показники пожежо та вибухонебезпечності наведено у таблиці 6.4.

Таблиця 6.6 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Речовини, що мають обіг у виробництві		SO ₂	Сірка
Агрегатний стан речовин у н. у.		Безбарвний газ з різким запахом	Жовта кристалічна речовина
Горючість, займистість		Вибухонебезпечна, горюча	Вибухонебезпечна, горюча
Показники пожежної вибухонебезпечності	Температура спалаху	250	235
	Температура займання	275	245
	Температура самозаймання	290	260
Межа запалення	% об'ємних	10	4,3-45
	мг/м ³	79	2,3
Вибухонебезпечні суміші з повітрям	Категорія	ІІВ	-
	Група	ТЗ	-
Вогнегасні засоби		Пінні вогнегасники типу ВХП	Пінні вогнегасники типу ВХП
Категорія приміщення за ОНТП 24-86		В	
Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно з ПУЕ		1	
Категорія об'єкта і тип зони захисту згідно з БН 305-77		ІІб	

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розглянуто процес каталітичного окиснення діоксиду сульфуру у виробництві сульфатної кислоти

Було вирішено наступні задачі:

1. проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу каталітичного окиснення діоксиду сірки;
2. розраховано матеріальний баланс схеми процесу в програмі симуляторі ChemCad 7.2.1;
3. відповідно до технічного завдання розроблено обчислювальний модуль для виконання параметричної ідентифікації та обчислення математичної моделі на мові програмування (C++);
4. розроблено схему автоматизації технологічного процесу, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації;
5. виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, визначено шляхи їх усунення;
6. розраховано техніко – економічні показники виробничого процесу синтезу сульфатної кислоти, за якими визначено, що дане виробництво є доцільним.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61

Список використаних джерел

1. Астрелін, І.М. Теорія процесів виробництв неорганічних речовин. [Текст] / І.М.Астрелін та інші – К.: Вища школа, 1992. – 399 с.
2. Амелин А. Г., Яшке Е. В. Производство серной кислоты – изд. 2-е. [Текст] / А.Г. Амелин – М.: Высш. шк., 1980. – 246 с.
3. Амелин А. Г. Технология серной кислоты – изд. 2-е. – М.: Химия, 1983. – 360 с., ил.
4. Малин, К.М. Справочник сернокислотчика. [Текст] / К.М. Малин – К.: Химия, 1971. – 744 с.
5. Васильев, Б. Т. Технология серной кислоты [Текст] / Б. Т. Васильев, М. И. Отвагина. — М.: Химия, 1985. – 384 с.
6. Малин, К.М. Технология серной кислоты. [Текст] / К.М.Малин, Н.Л. Аркин, Г.К.Боресков, М.Г.Слинько. – К.: Государственное научно техническое издательство химической литературы, 1950. – 571 с.
7. Боресков, Г. К. Катализ в производстве серной кислоты: монография / Г. К. Боресков. — М.; Л. : Госхимиздат, 1954. – 348 с.
8. Метод половинного ділення [Електронний ресурс] :– Режим доступу.:https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp'yuterne_m odelyuvannya_system_procesiv/t1/311..htm
9. Окислення - діоксид – сірка [Електронний ресурс] :– Режим доступу.:<http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=18512>
10. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом підготовки 0925 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / Уклад.: Г. О. Статюха, Ю. О. Безносик, Т. В. Бойко, С. Г. Бондаренко, О.А. Підлісна, А. М. Шахновський. – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2007. – 56 с.

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62

- 11.ТХА-1387 — Краткое описание. URL:
http://www.owen.ru/catalog/izmeritel_pid_regulyator_odnokanal_nij_ov_en_trm10/opisanie (дата звернення 05.06.2019)
- 12.ПИД-регулятор одноканальный URL: <http://www.kaskad-electro.ru/magazin/tag/%D0%A3%D0%9F%D0%A1+1> (дата звернення 05.06.2019)
- 13.UFM 3030. URL: <https://electro.mashinform.ru/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-raskhoda-i-kolichestva-zhidkостей-gazov-i-sypuchih-materialov.html> (дата звернення 05.06.2019)
14. ФК00711. URL: <https://electro.mashinform.ru/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-temperature.html> (дата звернення 05.06.2019)
- 15.Преобразователь давления КВАНТ 2420 В/П/М. URL:
<https://electro.mashinform.ru/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-davleniya-i-razryazheniya.html> (дата звернення 05.06.2019)
- 16.УПС 1. URL:<http://www.kaskad-electro.ru/magazin/tag/%D0%A3%D0%9F%D0%A1+1> (дата звернення 05.06.2019)
- 17.Промышленный уровнемер ЕС 1300. URL:
<https://electro.mashinform.ru/pribory-dlya-izmereniya-i-regulirovaniya-urovnya-zhidkостей-i-sypuchih-materialov.html> (дата звернення 05.06.2019)
- 18.Пост управления ПКУ 15-21-131УЗ. URL: URL: URL:
<https://electro.mashinform.ru/oborudovanie-nasosnoe-i-nasosy-dlya-nefteproduktov-i-himicheskii-aktivnyh-sred.html> (дата звернення 05.06.2019)
- 19.Кнопка выключения КМЕ-5111. УЗ URL:
<https://electro.mashinform.ru/svetosignalnye-ustrojstva.html> (дата звернення 05.06.2019)

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		63

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати розрахунку матеріальних балансів в ChemCad 7.1.2

STREAM PROPERTIES

Stream No.	9	10	8
Name			
- - Overall - -			
Temp C	425.0000	425.0000	1210.0684
Pres bar	1.0000	1.0000	1.0000
Enth MJ/h	-1477.6	66.045	-1523.5
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000
Molar flow kmol/h	5.3071	5.3127	8.0724
Mass flow kg/h	340.0000	170.0000	509.9975
Std liq m3/h	0.2371	0.1508	0.2977
Std vap 0 C m3/h	118.9517	119.0762	180.9311

Flow rates in kg/h

Water	0.0000	0.0000	0.0000
Oxygen	0.0000	170.0000	88.4853
Sulfur Dioxide	340.0000	0.0000	13.6000
Sulfur Trioxide	0.0000	0.0000	407.9121

STREAM PROPERTIES

Stream No.	8	5	6	9
Name		SO2		
- - Overall - -				
Temp C	1210.0684	300.0000	1019.4325	425.0000
Pres bar	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Enth MJ/h	-1523.5	-1510.7	-1621.8	-1477.6
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar flow kmol/h	8.0724	5.3071	8.0724	5.3071
Mass flow kg/h	509.9975	340.0000	509.9975	340.0000
Std liq m3/h	0.2977	0.2371	0.2977	0.2371
Std vap 0 C m3/h	180.9311	118.9517	180.9311	118.9517

Flow rates in kg/h

Water	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Oxygen	88.4853	0.0000	88.4853	0.0000
Sulfur Dioxide	13.6000	340.0000	13.6000	340.0000
Sulfur Trioxide	407.9121	0.0000	407.9121	0.0000

STREAM PROPERTIES

Stream No.	6	4	7	10
Name		O2		
- - Overall - -				
Temp C	1019.4325	25.0000	889.5721	425.0000
Pres bar	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Enth MJ/h	-1621.8	-0.049906	-1687.8	66.045
Vapor mole fraction	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar flow kmol/h	8.0724	5.3127	8.0724	5.3127
Mass flow kg/h	509.9975	170.0000	509.9975	170.0000
Std liq m3/h	0.2977	0.1508	0.2977	0.1508
Std vap 0 C m3/h	180.9311	119.0762	180.9311	119.0762

Flow rates in kg/h

Water	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Oxygen	88.4853	170.0000	88.4853	170.0000

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		64

Sulfur Dioxide	13.6000	0.0000	13.6000	0.0000
Sulfur Trioxide	407.9121	0.0000	407.9121	0.0000

STREAM PROPERTIES

Stream No.	7	3	1	2
Name		H2O		

- - Overall - -

Temp C	889.5721	40.0000	150.0000	1180.0199
Pres bar	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Enth MJ/h	-1687.8	-1107.0	-2033.0	-761.78
Vapor mole fraction	1.000	0.0000	1.000	1.000
Molar flow kmol/h	8.0724	3.8857	8.0724	3.8857
Mass flow kg/h	509.9975	70.0000	509.9975	70.0000
Std liq m3/h	0.2977	0.0700	0.2977	0.0700
Std vap 0 C m3/h	180.9311	87.0916	180.9311	87.0916

Flow rates in kg/h

Water	0.0000	70.0000	0.0000	70.0000
Oxygen	88.4853	0.0000	88.4853	0.0000
Sulfur Dioxide	13.6000	0.0000	13.6000	0.0000
Sulfur Trioxide	407.9121	0.0000	407.9121	0.0000

Програмний код обчислювального модуля

```

#pragma endregion

private: System::Void вихідToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {

    this->вихідToolStripMenuItem->Click += gcnew

System::EventHandler(this,

    &MyForm::вихідToolStripMenuItem_Click);

    Close(); //Закрити програму

};

    bool flag=1;

private: System::Void тестToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {

    //Задавання значень змінних для тестового розрахунку
    конц_so2->Text = "7,5";
    конц_o2->Text = "10,5";
    step_peret->Text = "96";
    t->Text = "713";

}

private: System::Void розрахуватиToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {

    float x_k, st_p2, a, b, temper, Kp, ten = 10, t_hp=20, xp,V0,vk,
k_sloy,x_n,xp1,xk, ai1, bi1,vi,vi1;

    double t_con, k0, R = 8.314, Fxp, Fxpа, P = 1, k1;
    k0 = 0.302 * pow(ten, 7);
    int E1 = 87800;

    //Перетворює рядкове представлення числа в дійсне
    st_p2 = float::Parse(step_peret->Text);

    x_k = st_p2 / 100;

```

```

a = float::Parse(konc_so2->Text);
b = float::Parse(konc_o2->Text);
temper = float::Parse(t->Text);
x_n = 0;
a = a/100;
b = b / 100;

k1 = k0*exp(-E1 / (8.31*temper));
//Kp = (4812.2 / temper) - (2.8254 * log(temper)) + ((2.284 *
pow(ten, -3)) + temper) - ((7.012 * pow(ten, -7))*pow(temper, 2)) + ((1.197 * pow(ten, -10))*
pow(temper,3)) + 2.23;

Kp = pow(10, ((4905 / temper) - 4.6455));

////////// половинне ділення для вирішення
трансцентгентного рівняння

double exp = 0.0001, a1=exp,b1=(1-exp);
while ((b1-a1)>exp)
{
    xp = (a1 + b1) / 2;

    Fxp = (Kp - ((xp*sqrt(1 - (0.5*a *xp)))) / ((1 -
xp)*sqrt(P*(b - 0.5*a *xp))));

    Fxpa = (Kp - ((a1*sqrt(1 - 0.5*a*a1)) / ((1 -
a1)*sqrt(P*(b - 0.5*a*a1))));

    if ((Fxp*Fxpa)>0)
    {
        a1=xp;
    }
    else
    {
        b1=xp;
    }
}

//////////
if (flag==0)

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		67

```

        {
            x_k = xp;
        }
        t_con = (((k1*P) / a) * ((1 - x_k) / (1 - (0.2*x_k))))*(((b -
(0.5*a*x_k)) / (1 - 0.5*a*x_k)) - (pow(x_k, 2) / (P*(pow(Kp, 2))*pow((1 - x_k), 2))));

//V0 = 1 / a;
//t_con = vk / V0;

        number++;
        label7->Text = "Константа рівноваги = ";
        // MessageBox::Show("Константа рівноваги = " +
Kp.ToString("F"));

        label9->Text = "Рівноважна ступінь перет. =";
        label10->Text = "Час контакту =";
        tcont->Text = t_con.ToString("0.0000");
        kon_rivno->Text = Kp.ToString("F");
        xpt->Text = xp.ToString("F");
        label6->Text = "Константа швидкості реакції ";
        textBox3->Text = k1.ToString("F");
        richTextBox1->AppendText("Розрахунок № " + number + "\n");
        richTextBox1->AppendText("Рівноважна ступінь перет. = " + xp
+ "\n");

        richTextBox1->AppendText("Константа рівноваги = " + Kp +
"\n");

        richTextBox1->AppendText("Час контакту = " + t_con + "\n");
        richTextBox1->AppendText("Константа швидкості реакції = " +
k1 + "\n");

        richTextBox1->AppendText("_____ " + "\n");

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		68

```

    }

    private: System::Void
очиститиToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
    System::EventArgs^ e) {
        //Очищення поля введення
        konc_so2->Text = "";
        konc_o2->Text = "";
        t->Text = "";
        step_peret->Text = "";
        kon_rivno->Text = "";
        xpt->Text = "";
    }

private: System::Void справкаToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^
e) {

Process::Start("https://drive.google.com/open?id=1Jj7RYsBPEIVLtmhm2BWapmIZSi5c_h0e");
}

private: System::Void button3_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    Graphics^ g = pictureBox1->CreateGraphics();
    Bitmap^ bmp = gcnew Bitmap("image.png");
    g->DrawImage(bmp, 10, 10);
    delete bmp;
}

private: System::Void button4_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    Graphics^ g = pictureBox1->CreateGraphics();
    Bitmap^ bmp = gcnew Bitmap("imag.png");
    g->DrawImage(bmp, 10, 10);
    delete bmp;
}

private: System::Void показатиМодельToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    Graphics^ g = pictureBox1->CreateGraphics();
    Bitmap^ bmp = gcnew Bitmap("image.png");

```

```

        g->DrawImage(bmp, 10, 10);
        delete bmp;
    }

private: System::Void button3_Click_1(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    Graphics^ g = pictureBox1->CreateGraphics();
    Bitmap^ bmp = gcnew Bitmap("image.png");
    g->DrawImage(bmp, 10, 10);
    delete bmp;
}

private: System::Void button4_Click_1(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    Graphics^ g = pictureBox1->CreateGraphics();
    Bitmap^ bmp = gcnew Bitmap("imag.png");
    g->DrawImage(bmp, 10, 10);
    delete bmp;
}

private: System::Void checkBox1_CheckedChanged(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
}

private: System::Void checkBox1_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    if (checkBox1->Checked)
    {
        flag = 0;
    }
    else
    {
        flag = 1;
    }
}

private: System::Void зберегтиToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^
e) {

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		70

```

        richTextBox1->SaveFile("MyDocument.rtf");
    }

private: System::Void button6_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    // MyForm1^ form = gcnew MyForm1;
    // form->Show();
    tabControl1->Visible=true;
    float tmin, tmax, inter, step, step1, k0, ten=10;
    k0 = 0.302 * pow(ten, 7);
    int E1 = 87800;
    tmin = float::Parse(textBox4->Text);
    tmax = float::Parse(textBox5->Text);
    inter = float::Parse(textBox6->Text);
    step = (tmax - tmin) / inter;
    array<float>^ arrT = gcnew array<float>(inter);
    array<float>^ arrKp = gcnew array<float>(inter);
    array<float>^ arrk1 = gcnew array<float>(inter);
    array<float>^ arrxp = gcnew array<float>(inter);
    arrT[0] = tmin;
    arrKp[0] = pow(10, ((4905 / arrT[0]) - 4.6455));
    arrk1[0] = k0*exp(-E1 / (8.31*arrT[0]));

    double exp1 = 0.0001, a1 = exp1, b1 = (1 - exp1);
    float xp, Fxp, Fxpa, a=8.5, b=11.5, P = 1;
    //a = float::Parse(konc_so2->Text);
    // b = float::Parse(konc_o2->Text);
    a = a / 100;
    b = b / 100;
    while ((b1 - a1)>exp1)
    {
        xp = (a1 + b1) / 2;
        Fxp = (arrKp[0] - ((xp*sqrt(1 - (0.5*a *xp)))) / ((1 - xp)*sqrt(P*(b - 0.5*a
*xp)))));
        Fxpa = (arrKp[0] - ((a1*sqrt(1 - 0.5*a*a1)) / ((1 - a1)*sqrt(P*(b -
0.5*a*a1)))));
        if ((Fxp*Fxpa) > 0)

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		71

```

        {
            a1 = xp;
        }
        else
        {
            b1 = xp;
        }
    }
    arrxp[0] = xp;

    richTextBox2->AppendText(" | T" + "\t" + "\t" + " | Kp" + "\n");
    richTextBox2->AppendText("_____ " + "\n");
    richTextBox3->AppendText(" | T" + "\t" + "\t" + " | k1" + "\n");
    richTextBox3->AppendText("_____ " + "\n");
    richTextBox4->AppendText(" | T" + "\t" + "\t" + " | xp" + "\n");
    richTextBox4->AppendText("_____ " + "\n");
    for (size_t i = 1; i < inter; i++)
    {
        arrT[i] = arrT[i-1] + step;
        arrKp[i] = pow(10, ((4905 / arrT[i]) - 4.6455));
        arrk1[i] = k0*exp(-E1 / (8.31*arrT[i]));
        double exp1 = 0.0001, a1 = exp1, b1 = (1 - exp1);
        float xp, Fxp, Fxpa, a = 0.095, b = 0.11, P=1;
        while ((b1 - a1)>exp1)
        {
            xp = (a1 + b1) / 2;
            Fxp = (arrKp[i] - ((xp*sqrt(1 - (0.5*a *xp)))) / ((1 - xp)*sqrt(P*(b -
0.5*a *xp)))));
            Fxpa = (arrKp[i] - ((a1*sqrt(1 - 0.5*a*a1)) / ((1 - a1)*sqrt(P*(b -
0.5*a*a1)))));

            if ((Fxp*Fxpa) > 0)
            {
                a1 = xp;
            }
            else

```



```

        {
            b1 = xp;
        }
    }
    arrxp[i] = xp;
}
for (size_t i = 0; i < inter; i++)
{
    richTextBox3->AppendText(" | " + arrT[i] + "\t" + "\t" + " | " + arrk1[i]
+ "\n");

    chart1->Series["k1"]->Points->AddXY(arrT[i], arrk1[i]);
    richTextBox3->AppendText("_____ " + "\n");
    richTextBox4->AppendText(" | " + arrT[i] + "\t" + "\t" + " | " + arrxp[i] +
"\n");

    chart2->Series["xp"]->Points->AddXY(arrT[i], arrxp[i]);
    richTextBox4->AppendText("_____ " + "\n");

    richTextBox2->AppendText(" | " + arrT[i] + "\t" + "\t" + " | " + arrKp[i] +
"\n");

    graph->Series["Kp"]->Points->AddXY(arrT[i], arrKp[i]);
    richTextBox2->AppendText("_____ " + "\n");
}

arrT->Clear;
arrKp->Clear;
arrk1->Clear;
arrxp->Clear;
}

private: System::Void button7_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    chart1->Series["k1"]->Points->Clear();
    chart2->Series["xp"]->Points->Clear();
    graph->Series["Kp"]->Points->Clear();
    richTextBox2->Clear();
}

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		73

```

richTextBox3->Clear();
richTextBox4->Clear();

}

private: System::Void button8_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    MessageBox::Show("За підвищення температури константа рівноваги
зменшується. Це характерно для зворотніх екзотермічних реакцій", "Висновок:");
}

private: System::Void button9_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    MessageBox::Show("За підвищення температури константа швидкості
реакцій також зростає", "Висновок:");
}

private: System::Void button10_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    MessageBox::Show("За підвищення температури рівноважна ступінь
перетворення SO3 зменшується", "Висновок:");
}

private: System::Void button11_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    tabControl1->Visible = false;
}

private: System::Void button12_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    tabControl1->Visible = false;
}

private: System::Void button13_Click_1(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    tabControl1->Visible = false;
}

};

}

// graph
//
this->graph->BackColor = System::Drawing::Color::Transparent;
chartArea1->AxisX->Title = L"Час, t";
chartArea1->AxisY->Title = L"Kp";
chartArea1->Name = L"ChartArea1";

```

```

this->graph->ChartAreas->Add(chartArea1);
legend1->Name = L"Legend1";
this->graph->Legends->Add(legend1);
this->graph->Location = System::Drawing::Point(-12, 7);
this->graph->Name = L"graph";
series1->ChartArea = L"ChartArea1";
series1->ChartType =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;
series1->Legend = L"Legend1";
series1->MarkerColor = System::Drawing::Color::Black;
series1->Name = L"Kp";
this->graph->Series->Add(series1);
this->graph->Size = System::Drawing::Size(416, 225);
this->graph->TabIndex = 1;
this->graph->Text = L"chart1";
//
// richTextBox2
//
this->richTextBox2->Location = System::Drawing::Point(6, 238);
this->richTextBox2->Name = L"richTextBox2";
this->richTextBox2->Size = System::Drawing::Size(256, 119);
this->richTextBox2->TabIndex = 0;
this->richTextBox2->Text = L"";
//
// tabPage2
//
this->tabPage2->Controls->Add(this->button12);
this->tabPage2->Controls->Add(this->button9);
this->tabPage2->Controls->Add(this->chart1);
this->tabPage2->Controls->Add(this->richTextBox3);
this->tabPage2->Location = System::Drawing::Point(4, 22);
this->tabPage2->Name = L"tabPage2";
this->tabPage2->Padding = System::Windows::Forms::Padding(3);
this->tabPage2->Size = System::Drawing::Size(400, 353);
this->tabPage2->TabIndex = 1;

```

```

this->tabPage2->Text = L"Константа шв. реакції";
this->tabPage2->UseVisualStyleBackColor = true;
//
// button12
//
this->button12->BackColor = System::Drawing::SystemColors::Highlight;
this->button12->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button12->Location = System::Drawing::Point(265, 295);
this->button12->Name = L"button12";
this->button12->Size = System::Drawing::Size(126, 38);
this->button12->TabIndex = 56;
this->button12->Text = L"Згорнути";
this->button12->UseVisualStyleBackColor = false;
this->button12->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button12_Click);
//
// button9
//
this->button9->BackColor = System::Drawing::SystemColors::Highlight;
this->button9->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button9->Location = System::Drawing::Point(265, 251);
this->button9->Name = L"button9";
this->button9->Size = System::Drawing::Size(126, 38);
this->button9->TabIndex = 55;
this->button9->Text = L"Висновок";
this->button9->UseVisualStyleBackColor = false;
this->button9->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button9_Click);
//
// chart1
//

```

```

this->chart1->BackColor = System::Drawing::Color::Transparent;
chartArea2->AxisX->Title = L"Час, t";
chartArea2->AxisY->Title = L"k1";
chartArea2->Name = L"ChartArea1";
this->chart1->ChartAreas->Add(chartArea2);
legend2->Name = L"Legend1";
this->chart1->Legends->Add(legend2);
this->chart1->Location = System::Drawing::Point(-12, 6);
this->chart1->Name = L"chart1";
series2->ChartArea = L"ChartArea1";
series2->ChartType =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;
series2->Legend = L"Legend1";
series2->MarkerColor = System::Drawing::Color::Black;
series2->Name = L"k1";
this->chart1->Series->Add(series2);
this->chart1->Size = System::Drawing::Size(416, 229);
this->chart1->TabIndex = 3;
this->chart1->Text = L"chart1";
//
// richTextBox3
//
this->richTextBox3->Location = System::Drawing::Point(6, 241);
this->richTextBox3->Name = L"richTextBox3";
this->richTextBox3->Size = System::Drawing::Size(256, 116);
this->richTextBox3->TabIndex = 2;
this->richTextBox3->Text = L"";
//
// tabPage3
//
this->tabPage3->Controls->Add(this->button13);
this->tabPage3->Controls->Add(this->button10);
this->tabPage3->Controls->Add(this->chart2);
this->tabPage3->Controls->Add(this->richTextBox4);
this->tabPage3->Location = System::Drawing::Point(4, 22);

```

```

this->tabPage3->Name = L"tabPage3";
this->tabPage3->Padding = System::Windows::Forms::Padding(3);
this->tabPage3->Size = System::Drawing::Size(400, 353);
this->tabPage3->TabIndex = 2;
this->tabPage3->Text = L"Рівноважної ст. перетворення";
this->tabPage3->UseVisualStyleBackColor = true;
//
// button13
//
this->button13->BackColor = System::Drawing::SystemColors::Highlight;
this->button13->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button13->Location = System::Drawing::Point(265, 297);
this->button13->Name = L"button13";
this->button13->Size = System::Drawing::Size(126, 38);
this->button13->TabIndex = 56;
this->button13->Text = L"Згорнути";
this->button13->UseVisualStyleBackColor = false;
this->button13->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button13_Click_1);
//
// button10
//
this->button10->BackColor = System::Drawing::SystemColors::Highlight;
this->button10->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button10->Location = System::Drawing::Point(265, 253);
this->button10->Name = L"button10";
this->button10->Size = System::Drawing::Size(126, 38);
this->button10->TabIndex = 55;
this->button10->Text = L"Висновок";
this->button10->UseVisualStyleBackColor = false;

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		78

```

        this->button10->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button10_Click);
        //
        // chart2
        //
        this->chart2->BackColor = System::Drawing::Color::Transparent;
        chartArea3->AxisX->Title = L"Час, t";
        chartArea3->AxisY->Title = L"xp";
        chartArea3->Name = L"ChartArea1";
        this->chart2->ChartAreas->Add(chartArea3);
        legend3->Name = L"Legend1";
        this->chart2->Legends->Add(legend3);
        this->chart2->Location = System::Drawing::Point(-14, 3);
        this->chart2->Name = L"chart2";
        series3->ChartArea = L"ChartArea1";
        series3->ChartType =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;
        series3->EmptyPointStyle->MarkerColor = System::Drawing::Color::Black;
        series3->Legend = L"Legend1";
        series3->MarkerColor = System::Drawing::Color::Black;
        series3->Name = L"xp";
        this->chart2->Series->Add(series3);
        this->chart2->Size = System::Drawing::Size(414, 235);
        this->chart2->TabIndex = 3;
        this->chart2->Text = L"chart1";
        //
        // richTextBox4
        //
        this->richTextBox4->Location = System::Drawing::Point(6, 237);
        this->richTextBox4->Name = L"richTextBox4";
        this->richTextBox4->Size = System::Drawing::Size(256, 120);
        this->richTextBox4->TabIndex = 2;
        this->richTextBox4->Text = L"";
        //
        // button7

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		79

```

//
this->button7->BackColor = System::Drawing::Color::SkyBlue;
this->button7->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
9.75F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button7->Location = System::Drawing::Point(825, 95);
this->button7->Name = L"button7";
this->button7->Size = System::Drawing::Size(133, 28);
this->button7->TabIndex = 53;
this->button7->Text = L"Очистити";
this->button7->UseVisualStyleBackColor = false;
this->button7->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::button7_Click);
//
// button14
//
this->button14->BackColor = System::Drawing::SystemColors::MenuHighlight;
this->button14->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft Sans Serif",
12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->button14->Location = System::Drawing::Point(12, 436);
this->button14->Name = L"button14";
this->button14->Size = System::Drawing::Size(224, 33);
this->button14->TabIndex = 17;
this->button14->Text = L"Очистити";
this->button14->UseVisualStyleBackColor = false;
this->button14->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::очиститиToolStripMenuItem_Click);
//
// MyForm
//
this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);
this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;
this->BackColor = System::Drawing::SystemColors::GradientActiveCaption;

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		80


```

        this->BackgroundImage = (cli::safe_cast<System::Drawing::Image^>(resources-
>GetObject(L"$this.BackgroundImage")));
        this->ClientSize = System::Drawing::Size(958, 507);
        this->Controls->Add(this->button7);
        this->Controls->Add(this->tabControl1);
        this->Controls->Add(this->textBox6);
        this->Controls->Add(this->label21);
        this->Controls->Add(this->textBox5);
        this->Controls->Add(this->textBox4);
        this->Controls->Add(this->label20);
        this->Controls->Add(this->label19);
        this->Controls->Add(this->label18);
        this->Controls->Add(this->button6);
        this->Controls->Add(this->checkBox1);
        this->Controls->Add(this->label14);
        this->Controls->Add(this->label16);
        this->Controls->Add(this->label15);
        this->Controls->Add(this->textBox3);
        this->Controls->Add(this->label6);
        this->Controls->Add(this->richTextBox1);
        this->Controls->Add(this->button5);
        this->Controls->Add(this->button4);
        this->Controls->Add(this->button3);
        this->Controls->Add(this->pictureBox1);
        this->Controls->Add(this->label11);
        this->Controls->Add(this->tcont);
        this->Controls->Add(this->label10);
        this->Controls->Add(this->button2);
        this->Controls->Add(this->label9);
        this->Controls->Add(this->button14);
        this->Controls->Add(this->button1);
        this->Controls->Add(this->xpt);
        this->Controls->Add(this->label8);
        this->Controls->Add(this->label7);
        this->Controls->Add(this->kon_rivno);

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		81

```

        this->Controls->Add(this->konc_o2);
        this->Controls->Add(this->t);
        this->Controls->Add(this->konc_so2);
        this->Controls->Add(this->step_peret);
        this->Controls->Add(this->label5);
        this->Controls->Add(this->label4);
        this->Controls->Add(this->label3);
        this->Controls->Add(this->label2);
        this->Controls->Add(this->label1);
        this->Controls->Add(this->menuStrip1);
        this->FormBorderStyle =
System::Windows::Forms::FormBorderStyle::FixedDialog;
        this->Icon = (cli::safe_cast<System::Drawing::Icon^>(resources-
>GetObject(L"$this.Icon")));
        this->MainMenuStrip = this->menuStrip1;
        this->Name = L"MyForm";
        this->StartPosition =
System::Windows::Forms::FormStartPosition::CenterScreen;
        this->Text = L"Shark_Prog";
        this->menuStrip1->ResumeLayout(false);
        this->menuStrip1->PerformLayout();
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this-
>pictureBox1))->EndInit();
        this->tabControl1->ResumeLayout(false);
        this->tabPage1->ResumeLayout(false);
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->graph))-
>EndInit();
        this->tabPage2->ResumeLayout(false);
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->chart1))-
>EndInit();
        this->tabPage3->ResumeLayout(false);
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this->chart2))-
>EndInit();

        this->ResumeLayout(false);
        this->PerformLayout();

```

					ДП ХА 5117 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		83