

**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 отримання поліетилену високого тиску безперервним методом»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХА-51

Осипов Кирило Олександрович _____

Керівник:

доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бугаєва Л.М. _____

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

Осипову Кирилу Олександровичу

1. Тема проекту Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу отримання поліетилену високого тиску безперервним методом, керівник проекту Бугаєва Людмила Миколаївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «05» травня 2019 р № 1221-с.

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2019 р

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 19 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 (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)

К.О. Осипов

Керівник проекту

_____ (підпис)

Л.М. Бугаєва

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. Розрахунок технологічної схеми процесу.....	10
1.1.Виробництво поліетилену високого тиску.....	10
1.2.Хіміко-технологічна схема.....	10
2. Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання поліетилену високого тиску.....	12
2.1.Розрахунок ХТС із використанням програми Chemcad.....	12
2.2.Розрахунок матеріальних балансів отримання поліетилену високого тиску.....	20
3. Комп'ютерне моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску.....	28
3.1.Моделювання автоклавного реактора.....	28
3.2.Технічне завдання на розробку обчислювального модуля.....	31
3.3.Програмний модуль для моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску.....	32
3.4.Інструкція користувачу програмного продукту.....	34
4. Автоматизація технологічної схеми процесу отримання поліетилену високого тиску.....	36
4.1.Аналіз параметрів технологічної схеми.....	36
4.2.Визначення параметрів автоматизації.....	37
4.2.1. Контроль тиску.....	40
4.2.2. Контроль та регулювання температури.....	40
4.2.3. Контроль та регулювання витрати.....	41
4.2.4. Контур перемикання.....	41
5. Економіко-організаційні розрахунки процесу виробництва поліетилену високого тиску.....	42

					ХА 5111 1490 001 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу отримання поліетилену високого тиску безперервним методом</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
Розроб.		Осипов					
Перевір.							
Реценз.							
Н. Контр.		Шахновський					
Затверд.		Бугасєва			<div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Аркуші</div>		
						7	96
					НТУУ “КПІ” ХТФ гр.ХА-51		

5.1. Вид руху предметів праці.....	42
5.2. Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу та річного випуску продукції.....	44
5.3. Кількості одиниць обладнання, чисельність персоналу та графік роботи підприємства.....	45
5.4. Калькуляція на вид продукції.....	47
6. Охорона праці.....	56
6.1. Виявлення та аналіз ШНВФ в умовах виконання експериментальної частини науково-дослідної роботи. Заходи з охорони праці.....	56
6.1.1. Повітря робочої зони.....	56
6.1.2. Виробниче освітлення.....	57
6.1.3. Захист від шуму і вібрації.....	59
6.1.4. Електробезпека.....	60
6.1.5. Безпека технологічного процесу та обслуговування обладнання...	62
6.2. Пожежна безпека.....	63
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТКИ.....	69
Додаток А.....	69
Додаток Б.....	73
Додаток В.....	91

ВСТУП

Перший досвід полімеризації етилену в кінці XIX століття отримав виходець з Росії - учений Густавсон, провівши цей процес з каталізатором AlBr_3 . Протягом довгих років поліетилен проводився в невеликих обсягах, але в 1938 році процес промислового виробництва освоїли англійці. У той час метод полімеризації був ще не досконалий.

Поліетилен, вироблений при високому тиску, характеризують назвою ПЕВТ – поліетилен високого тиску. На сьогоднішній день можна сміливо сказати, що виробництво ПЕВТ займає лідируючу позицію вироблених у світі поліолефінів. Даний матеріал поєднує в собі відмінні фізичні показники, здатність до переробки основними функціональними методами, він переважно є листовим або гранульованим, первинним або вторинним.

Сама практична область застосування поліетилену високого тиску – це різноманітні види пакувального матеріалу. Також велику частину споживання займають окремі галузі: хімічна промисловість, автомобілебудування, текстильна промисловість, сільське господарство. Плівка з ПЕВТ – має непогану міцність при відносно низьких температурних процесах. Також хорошу міцність при розтягуванні або стисненні[1].

Способи отримання поліетилену при високому тиску відомі давно. Найбільш часто ці способи здійснюють в трубчастих реакторах високого тиску. Однією з причин обмеженої глибини екзотермічної полімеризації етилену при високому тиску є проблема відводу тепла. Тепловідведення при полімеризації в трубчастих реакторах високого тиску ускладняється, зокрема, внаслідок утворення на внутрішніх стінках реактора відкладення, що перешкоджають ефективному теплообміну.

Завданням дипломного проекту моделювати реактору с поліпшенням тепловідведення при полімеризації етилену, здійснюваної при високому тиску, і, отже, збільшення глибини його перетворення.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Розрахунок технологічної схеми процесу

1.1 Виробництво поліетилену високого тиску

Виробництво поліетилену високого тиску складається з наступних стадій: стиснення етилену; полімеризація етилену; поділ реакційної суміші і виділення поліетилену; підготовка ініціатора полімеризації. Стабілізація, фарбування і грануляція - загальні стадії для поліетилену низької і високої щільності. Отже процес виробництва поліетилену можна розбити на наступні частини:

- стиснення етилену; полімеризація етилену;
- поділ реакційної суміші і виділення поліетилену; підготовка ініціатора полімеризації;
- стабілізація, фарбування і грануляція.

1.2 Хіміко-технологічна схема

На рисунку 1.1 приведена принципова технологічна схема установки синтезу поліетилену при високому тиску. Етилен з установки газорозділення під тиском 1-2 МПа і при температурі 10-40 °С подається в ресивер 1, де в нього вводиться зворотній етилен низького тиску і кисень, який використовується як ініціатор. Суміш стискується компресором проміжного тиску 2 до 25-30 МПа, з'єднується з потоком зворотного етилену проміжного тиску, стискується компресором реакційного тиску 3 до 150-300 МПа і направляється в автоклавний реактор 5. У реакторі відбувається полімеризація етилену при температурі 200-275 °С.

Поліетилен, який утворився в реакторі, розплавлений з етиленом, що не прореагував (конверсія етилену в полімер 18 %), безперервно виводиться з реактора через дроселюючий клапан і надходить у віддільник низького тиску 10. Етилен зворотного проміжного тиску з відділювача 8 проходить апарати охолодження 7 і сепарації 12, де охолоджується до 30-40 °С і де відділяється

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

низькомолекулярний поліетилен, і потім подається на всмоктування компресора 3.

У відділювача низького тиску 10 при тиску 0,1-0,5 МПа і температурі 200-250 °С з поліетилену виділяється розчинений етилен (зворотній газ низького тиску), який через апарати охолодження 11 і сепарації 14 надходить у компресор 13 і далі на змішання зі свіжим етиленом. Розплавлений поліетилен з віддільника низького тиску 10 надходить у екструдер 9, а з нього у вигляді гранул - на забарвлення і додаткову обробку.

Таким чином у реакції беруть участь дві речовини – етилен C_2H_4 та кисень O_2 .

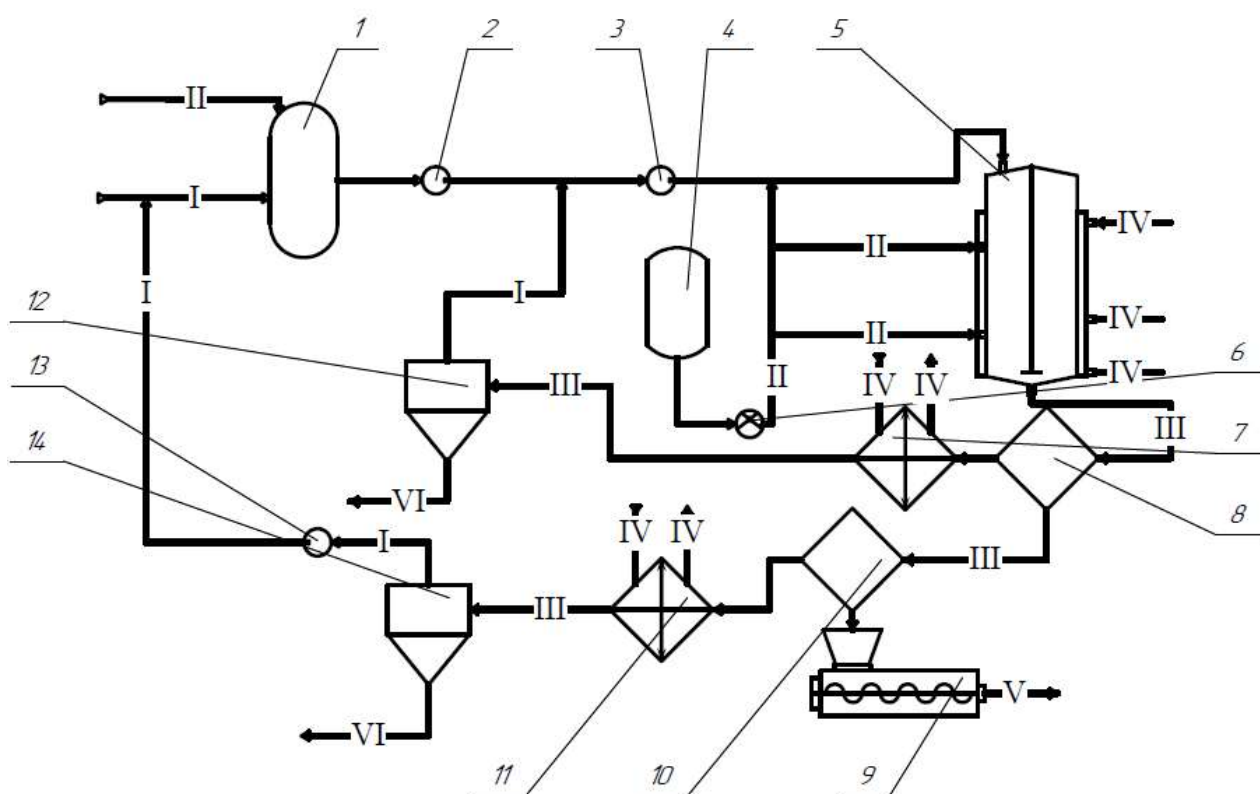


Рисунок 1.1 - Схема полімеризації етилену при високому тиску:

1 - ресивер; 2 - компресор проміжного тиску; 3 - компресор реакційного тиску; 4 - ємність для ініціатора; 5 - автоклавний реактор; 6 – дозувальний насос; 7, 11 - холодильники; 8 - віддільник проміжного тиску; 9 - екструдер; 10 - віддільник низького тиску; 12, 14 – циклон; 15 - компресор для рециркулюючого етилена. I – етилен; II – кисень; III – суміш етилена та поліетилену; IV – вода; V – поліетилен; VI – низькомолекулярний поліетилен.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ХА 5111 1490 001 ПЗ

2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання поліетилену високого тиску

Метою функціонування будь – якої виробничої системи є отримання продуктів у необхідній кількості та необхідної якості при оптимальному використанні ресурсів.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів передбачає знаходження параметрів стану потоку в технологічній схемі: загальних і покомпонентних витрат, складу потоків, температур і ентальпій, аналіз можливості розв'язку задачі розрахунку МТБ технологічної схеми, розрахунок параметрів потоків технологічної схеми, визначення та розрахунок витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв.

Розрахунок МТБ узагальнюють у вигляді таблиць, що складаються із приходу (вихідна сировини, яка задіяна в ході технологічного процесу або його стадії) і витрат (готова продукція, відходи виробництва, втрати) та таблиць теплового балансу, що містять прихід і витрати теплоти. При складанні таблиць в основу розрахунку покладено закон збереження маси і енергії.

2.1 Розрахунок ХТС із використанням програми Chemcad

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

Для спрощення сприйняття вхідних даних, представимо в таблиці 2.1 властивості кожного апарату. При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообміні апарати. Звіти з ChemCad 7.1.2 приведені у додатку А.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 2.1 - Вхідні потоки схеми

Апарат	Вхідні потоки	Параметри потоку			
		Т, °C	Р, МПа	Вхідні витрати	
				м³/год	кг/год
Міксер_1	1	30	1,2	79,1	99
	2	30	1,2	1,33	1,9
Реактор_3	4	280	220	197,89	482,393
Теплообмінник_6	8	280	220	59,33	192,67
Міксер_2	3	30	220	144,5	308,99
	10	35	220	53,39	173,41
Теплообмінник_8	12	280	220	71,19	231,21
Загальна сума всіх витрат (прихід):				24,31	2171,8

У програмі ChemCad 7.1.2 було побудовано технологічну схему отримання поліетилену високого тиску (рисунок 2.1). На схемі у круглих комірках вказан номер апарату, а у квадратних комірках - потоку.

Для формування інформації при технологічному процесі необхідно вибрати технічні розмірності. У програмі подано готові профілі одиниць виміру для 4 систем: британської, метричної, СІ і модифікованої СІ.

Для вибору технічних розмірностей використовується команда Format/Engineering Units (Формат/Одиниці виміру). На екран виводиться вікно Engineering Unit Selection (Вибір одиниць виміру), яке зображено на рисунку 2.2. Вибір готових профілів розмірностей проводиться за допомогою відповідних кнопок, розташованих в нижній частині вкладки Unit Selection: English (Британська), Si (СІ), Alt Si (Модифікована СІ), Metric (Метрична). Для даного курсового проекту було обрано одиниця виміру СІ.

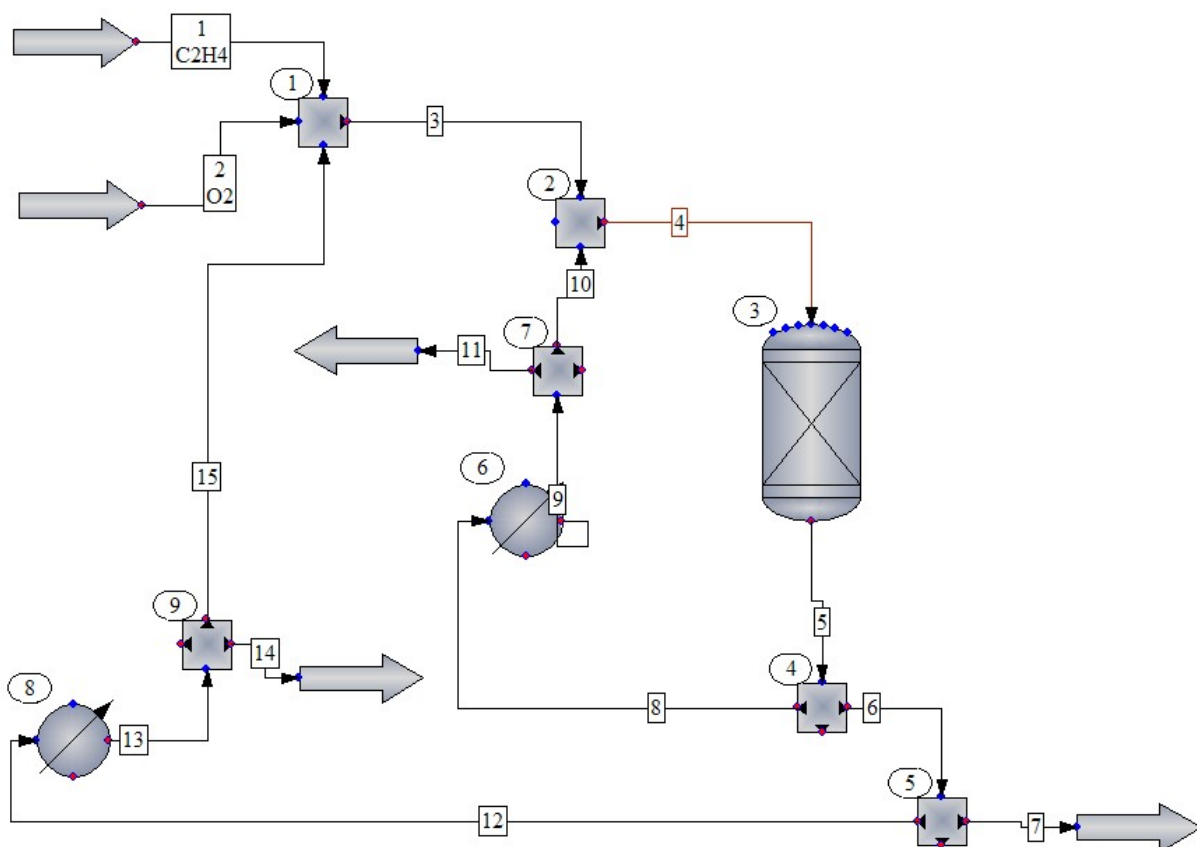


Рисунок 2.1 – Технологічна схема отримання поліетилену високого тиску у ChemCad:

1, 2 – міксер; 3 – реактор; 4, 5, 7, 9 – дільник; 6, 8 – теплообмінник

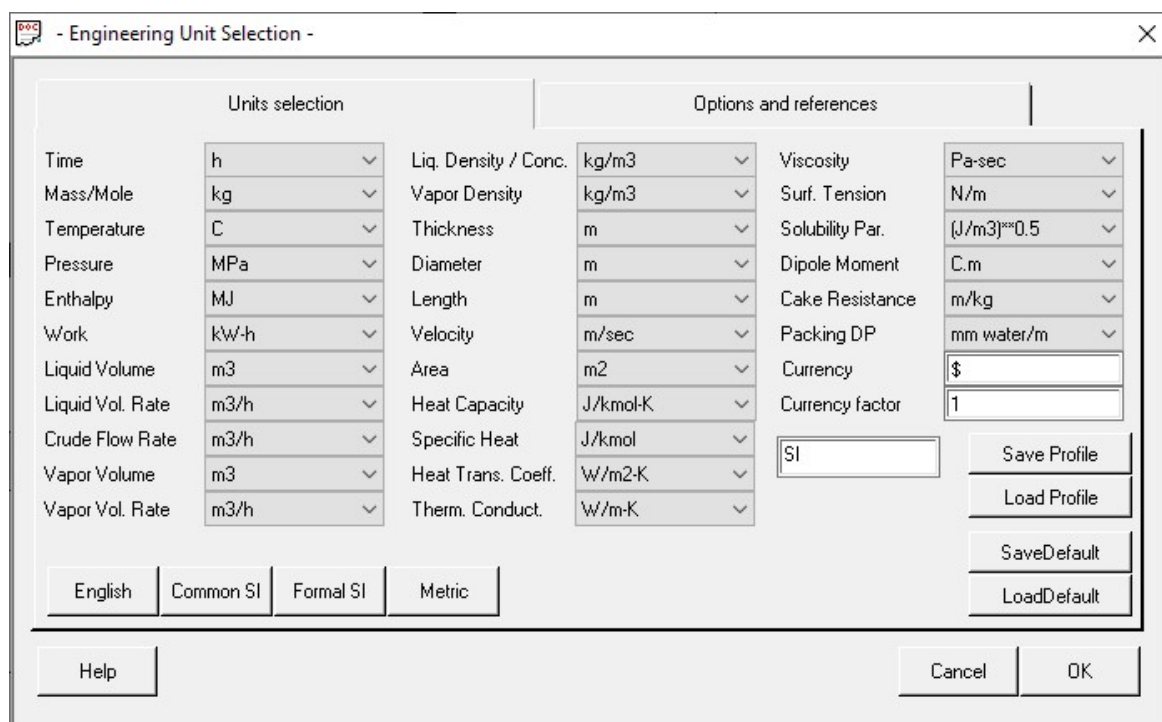


Рисунок 2. 2 - Опції вкладки Unit Selection

Для формування списку компонентів використовується команда ThermoPhysical/Component List (Термофізика/Список компонентів). Після виконання команди на екран виводиться вікно Component Selection (Вибір компонента), яке зображено на рисунку 2.3.

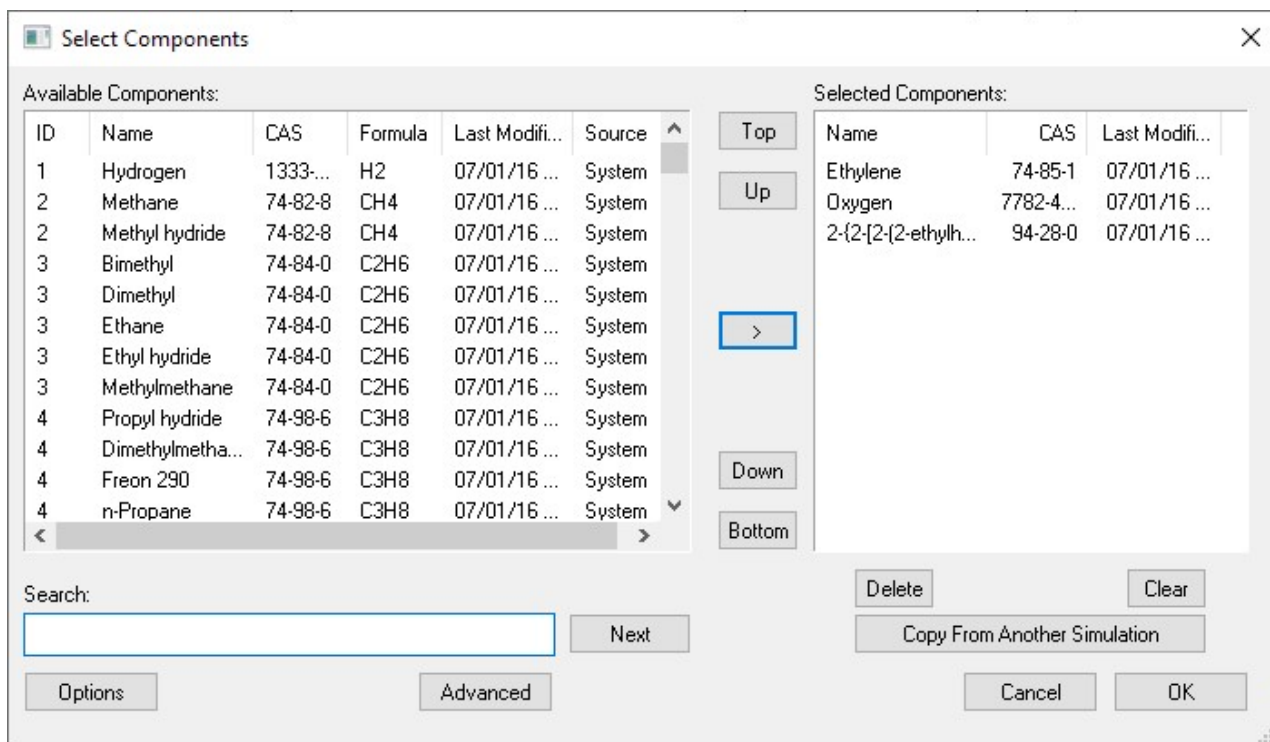


Рисунок 2.3 - Вікно вибору компонентів хімічної суміші

Вибір і розміщення піктограм апаратів виконується в режимі Mode: Flow Sheet (Режим: Редагування технологічної схеми). При створенні нового завдання перехід в цей режим виконується автоматично.

На екран виводиться Main Palette (Основна палітра). Кожен елемент палітри містить піктограму одного апарату хімічної технології.

Розміщення зображень апаратів технологічної схеми починається, як правило, з виставлення піктограми Feed (живлення). Поруч з піктограмою автоматично виставляється її ID (ідентифікаційний номер). Першому апарату присвоюється ID рівний 1, потім номер збільшується в порядку виставлення піктограм. Завершення розміщення зображень апаратів технологічної схеми закінчується виставленням піктограм Product (Продукт) [3].

Наступним етапом є встановлення параметрів потоків. Термодинамічний стан потоку визначається двома параметрами з трьох наступних: температури, тиску і часткою пара; зазвичай задаються температура і тиск. Для кожного потоку потрібно задати витрати по всім речовинам, включеним до списку компонентів, або задатися сумарною витратою компонентів і їх концентраціями.

Stream No.	1	2
Stream Name	C2H4	O2
Temp C	30	30
Pres MPa	0.12	0.12
Vapor Fraction	1	1
Enthalpy MJ/h	1926.849	0.04078133
Total flow	1030	10
Total flow unit	kg/h	kg/h
Comp unit	kg/h	kg/h
Ethylene	1030	0
Oxygen	0	10
2-{2-[2-(2-ethyl	0	0

Рисунок 2.4 – Встановлення параметрів потоку 1 та 2

Відкрити паспорт потоку для встановлення параметрів потоку можна наступними способами: двічі клацнути лівою клавішею миші на лінії потоку; використовувати команду контекстного меню Edit Unit Op Streams (Редагування потоків одиниці обладнання) для визначення параметрів потоків обраного апарату (рисунок 2.4). Інші потоки задаються аналогічним чином, згідно з даними у таблиці 2.1.

Завдання параметрів апаратів виконується в режимі Mode: Simulation. За аналогією з завданням параметрів потоку, відкрити вікно паспорта апарату для

введення параметрів обладнання, використовуючи подвійне клацання лівою клав'єшою миші на одиниці устаткування, або команду контекстного меню Edit Unit Op Streams (Редагування параметрів одиниці обладнання).

Вид вікна паспорта апарату визначається типом обладнання і використовуваними параметрами обладнання, які закладені в його модулях розрахунку. Вікно паспорта може містити одну і більше вкладок, також паспорт апарату може включати кілька вікон, що послідовно відкриваються. Нижче розглядаються вікна введення параметрів для ряду основних апаратів, що використовуються в хіміко-технологічних процесах.

Для змішування двох компонентів, було використано модуль розрахунку Mixer. У цього апарата тільки один параметр – тиск, що заданий 1,2 МПа (рисунок 2.5). На рисунку 2.6 представлений міксер 2, у якого заданий тиск 220 МПа.

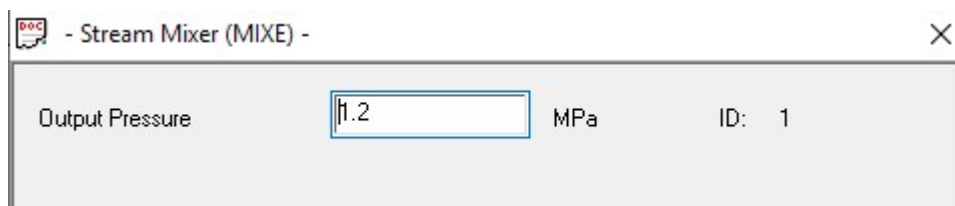


Рисунок 2.5 – Встановлення параметрів міксера 1



Рисунок 2.6 – Встановлення параметрів міксера 2

Модуль Stoichiometric reaction (REACT) моделює стехіометричний реактор при наявності набору стехіометричних коефіцієнтів, ключових компонентів і ступенів перетворення. Реактор може бути адіабатичним, ізотермічним або з підведенням/відведенням тепла.

Вікно Stoichiometric reactor (REAC) модуля містить дві вкладки. На вкладці General Specifications (Загальні специфікації) (рисунк 2.7) наведено опції для завдання загальних технічних умов.

В області Specify Thermal Mode: (Задати тепловий режим:) вибираємо тепловий режим роботи реактора: Isothermal (Ізотермічний) – ізотермічний та вводимо температуру 280 °C.

У списку Key component (Ключовий компонент) встановлюємо ключові компоненти. Передбачається, що ключовий компонент є реагентом. Це обов'язковий для введення параметр. Обираємо один компонент – Ethylene. Frac. Conversion (Ступінь перетворення) - ступінь перетворення ключового компонента (значення від 0 до 1). Параметр дорівнює 0,88. Вводимо стехіометричні параметри етилен та поліетилену.

The screenshot shows the 'Stoichiometric Reactor (REAC)' dialog box with the 'General Specifications' tab selected. The 'Specify Thermal Mode' section has '2. Isothermal' selected with a temperature of 280 C. The 'Key Component' is set to '1 Ethylene'. 'Frac. Conversion' is 0.88. 'Heat of Reaction' is empty, 'Reactor Pressure' is 220 MPa, and 'Calc H of Reac.' is -1.49006e+008 J/kmol. The 'Stoichiometric Coefficients' section shows 'Ethylene' at -14.34 and '2-(2-(2-ethyl' at 1. The 'Ideal gas state' dropdown is set to 'Ideal gas state'. The 'Mole base' dropdown is set to '0. Mole base'. Buttons for 'Help', 'Cancel', and 'OK' are at the bottom.

Рисунок 2.7 - Встановлення параметрів реактора 3

Модуль розрахунку дільника Divider потрібен для розділення газової суміші. Треба встановити пропорції двох потоків. Сума повинна дорівнювати 1.

Stream Divider (DIVI) -

ID: 4

Split based on: 0 Flow ratio

☐ Normalize flow ratios

Flow ratio:

Output stream 6: 0.7

Output stream 8: 0.3

Рисунок 2.8 – Встановлення параметрів дільника 4

Stream Divider (DIVI) -

ID: 5

Split based on: 0 Flow ratio

☐ Normalize flow ratios

Flow ratio:

Output stream 7: 0.8

Output stream 12: 0.2

Рисунок 2.9 – Встановлення параметрів дільника 5

Stream Divider (DIVI) -

ID: 7

Split based on: 0 Flow ratio

☐ Normalize flow ratios

Flow ratio:

Output stream 11: 0.3

Output stream 10: 0.7

Рисунок 2.10 – Встановлення параметрів дільника 7

Рисунок 2.11 – Встановлення параметрів дільника 9

У ChemCad наведені модулі розрахунку теплообмінників Heat exchanger (HTXR) з одним або двома вхідними потоками. При одному вхідному потоці модуль служить як нагрівач або як охолоджувач. Розглянемо введення параметрів для одностороннього теплообмінника (рисунок 2.12).

Рисунок 2.12 - Встановлення параметрів теплообмінника 6 та 8

В схемі теплообмінник виконує роль охолоджувача з 280 °C до 35 °C. Тому ми задаємо тільки один параметр – температуру.

2.2 Розрахунок матеріальних балансів отримання поліетилену високого тиску

При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообмінні апарати. Матеріальні баланси схеми наведено в таблицях 2.2 – 2.16. При розрахунку схеми, одержали наступні звіти:

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Структура схеми (топологія)

Апарат	Ім'я в симуляторі	Вхідні потоки	Вихідні потоки
Міксер	Mixer #1	1, 2, 15	3
Міксер	Mixer #2	3,1	4
Реактор	Stoichiometric reactor #3	4	5
Дільник	Divider #4	5	6,8
Дільник	Divider #5	6	7,12
Дільник	Divider #7	9	10,11
Дільник	Divider #9	13	14,15
Теплообмінник	Heat exchanger #6	8	9
Теплообмінник	Heat exchanger #8	12	13

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс міксеру 1

Компонент	Вхід						Вихід	
	Потік 1		Потік 2		Потік 15		Потік 3	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	822,9	1030	0	0	47,2	59	871,2	1089
Оксиген	0	0	7	10	14,2	20,77	21,5	30,7
Поліетилен	0	0	0	0	121,2	2080,3	121,2	2080,3
Сума	822,9	1030	7	10	182,6	2160,1	1013,9	3200

Таблиця 2.4 - Зведена таблиця матеріального балансу міксера 1

Вхід		Вихід	
Потік 1+2+15		Потік 3	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
1012,5	3200,1	1013,9	3200

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс міксера 2

Компонент	Вхід				Вихід	
	Потік 1		Потік 3		Потік 4	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	855,6	1089	38,6	49,2	894,3	1138,2
Оксиген	21,2	30,8	12	17,3	33,1	48,1
Поліетилен	105,3	2080,3	333,3	1733,6	228	3813,9
Сума	982,1	3200,1	383,9	1800,1	1155,4	5000,2

Таблиця 2.5 - Зведена таблиця матеріального балансу міксера 2

Вхід		Вихід	
Потік 1+3		Потік 4	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
1155,4	5000,2	1155,4	5000,2

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс реактора 3

Компонент	Вхід		Вихід	
	Потік 4		Потік 5	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	894,2	1138,1	107,9	137,3
Оксиген	33	48,1	33,1	48,1
Поліетилен	228,1	3813,9	1014,1	4815,5
Сума	1155,3	5000,1	1155,1	5000,9

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс діляника 4

Компонент	Вхід		Вихід			
	Потік 5		Потік 6		Потік 8	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	107,9	137,3	42,9	54,6	64,4	81,9
Оксиген	33,1	48,1	13,2	19,2	19,8	28,8
Поліетилен	1014,5	4815,5	327,7	1926,2	246,5	2889,3
Сума	1155,5	5000,9	383,8	2000	330,7	3000

Таблиця 2.8 - Зведена таблиця матеріального балансу діляника 4

Вхід		Вихід	
Потік 5		Потік 6+8	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
1155,5	5000,9	1155,5	5000

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс теплообмінника 6

Компонент	Вхід		Вихід	
	Потік 8		Потік 9	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	42,9	54,6	42,9	54,6
Оксиген	13,2	19,2	13,2	19,2
Поліетилен	327,7	1926,2	327,7	1926,2
Сума	383,8	2000	383,8	2000

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс діляника 5

Компонент	Вхід		Вихід			
	Потік 6		Потік 7		Потік 12	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	64,4	82	51,5	65,6	12,9	16,4
Оксиген	19,8	28,8	15,9	23,9	4	5,8
Поліетилен	687,3	2889,3	654,8	2311,5	32,5	577,9
Сума	771,5	3000,1	722,2	2401	49,4	600,1

Таблиця 2.11 - Зведена таблиця матеріального балансу ділянки 5

Вхід		Вихід	
Потік 6		Потік 7+12	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
771,5	3000,1	771,6	3001,1

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс теплообмінника 8

Компонент	Вхід		Вихід	
	Потік 12		Потік 13	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	51,5	65,6	51,5	65,6
Оксиген	15,9	23,1	15,9	23,1
Поліетилен	654,8	2311,5	654,8	2311,5
Сума	722,2	2400,2	722,2	2400,2

Таблиця 2.13 – Матеріальний баланс ділянки 7

Компонент	Вхід		Вихід			
	Потік 9		Потік 10		Потік 11	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	42,9	54,6	4,1	5,4	38,6	49,2
Оксиген	13,2	19,2	1,3	1,9	11,9	17,3
Поліетилен	327,7	1926,2	10,8	192,6	316,9	1733,6
Сума	383,8	2000	16,2	199,9	367,4	1800,1

Таблиця 2.14 - Зведена таблиця матеріального балансу ділянки 7

Вхід		Вихід	
Потік 1		Потік 10+11	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
383,8	2000	383,6	2000

Таблиця 2.15 – Матеріальний баланс ділянки 9

Компонент	Вхід		Вихід			
	Потік 13		Потік 14		Потік 15	
	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
Етилен	51,5	65,6	46,4	59	5,2	6,6
Оксиген	15,9	23,1	14,3	20,8	1,6	2,3
Поліетилен	645,9	2311,5	641,9	2080,3	13	231,2
Сума	713,3	2400,2	702,6	2160,1	19,8	240,1

Таблиця 2.16 - Зведена таблиця матеріального балансу ділянки 9

Вхід		Вихід	
Потік 13		Потік 14+15	
м³/год	кг/год	м³/год	кг/год
713,3	2400,2	722,4	2400,2

Складемо таблицю загального енергетичний баланс (таблиця 2.17):

Таблиця 2.17 – Загальний енергетичний баланс процесу

Загальний енергетичний баланс	Вхід	Вихід
	МДж/год	
Вхідний потік	1907,5	0
Продукт	0	-3113,41
Охолодження	-5023,1	0
Сума	-3115,6	-3113,41

Складемо таблицю загального матеріального балансу (таблиця 2.18):

Таблиця 2.18 – Загальний матеріальний баланс процесу

Компонент	кмоль/год		кг/год	
	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід
Етилен	36,7	1	1030	29,4
Оксиген	0,3	0,3	10	10
Поліетилен	0	35,7	0	1000,6
Сума	37	37	1040	1040

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу виробництва поліетилену високого тиску у спеціалізованому середовищі ChemCad 7.1.2 розрахований вірно.

3 Комп'ютерне моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску

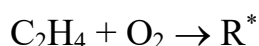
3.1 Моделювання автоклавного реактора

Основний технологічний елемент безперервної полімеризації етилену при високому тиску є хімічний реактор. Газ, який підлягає полімеризації, надходить в хімічний реактор з мішалкою при температурі 240 °С. В якості ініціатора використовують молекулярний кисень. В результаті реакції виділяється багато теплоти, тому обмежимо максимальну температуру величиною 275 °С. Ступінь перетворення етилену в реакторі близько 18 %. Час перебування реакційної суміші коливається в межах 30 - 300 с.

Вхідні данні: тиску 220 МПа; густина суміші 420 кг/м³; початкова температура 240 °С; константа швидкості кисню $k_{10} = 9,7 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}$ та етилена $k = 1,2 \cdot 10^{14} \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$; вагова частка етилена 0,987 та кисню 1,6 · 10⁻⁴.

В реакторі синтезу поліетилену відбуваються наступні реакції [4,5]:

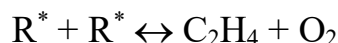
1. Реакція ініціювання етилена киснем:



2. Реакція полімеризації:



3. Реакція обриву ланцюга:



Кінетичні рівняння, які описують процес полімеризації наступні:

$$dC_{\text{O}_2} / d\tau = -k_1 C_{\text{C}_2\text{H}_4} C_{\text{O}_2} \quad (3.1)$$

$$dC_{\text{C}_2\text{H}_4} / d\tau = -k_2 C_{\text{C}_2\text{H}_4} C_{\text{R}^*} \quad (3.2)$$

$$dC_{\text{R}^*} / d\tau = -k_3 C_{\text{R}^*}^2 + k_4 C_{\text{C}_2\text{H}_4} C_{\text{O}_2} \quad (3.3)$$

Застосовуємо до рівняння (3.3) метод квазістаціонарних концентрацій [5], знайдемо концентрацію активного радикала R:

$$\begin{aligned} -k_3 C_{\text{R}^*}^2 + k_4 C_{\text{C}_2\text{H}_4} C_{\text{O}_2} &= 0 \\ C_{\text{R}^*} &= \sqrt{k_4 / k_3} C_{\text{C}_2\text{H}_4}^{1/2} C_{\text{O}_2}^{1/2} \end{aligned} \quad (3.4)$$

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Тоді математичну модель реактора ідеального змішування для синтезу поліетилену з урахуванням (3.1), (3.2) та (3.4) можна записати у наступному вигляді:

$$\frac{dC_{O_2}}{d\tau} = \frac{1}{\tau} (C_{O_2}^0 - C_{O_2}) - k_1 C_{C_2H_4} C_{O_2} \quad (3.5)$$

$$\frac{dC_{C_2H_4}}{d\tau} = \frac{1}{\tau} (C_{C_2H_4}^0 - C_{C_2H_4}) - k C_{C_2H_4}^{3/2} C_{O_2}^{1/2} \quad (3.6)$$

Або, запроваджуючи ступінь перетворення по компонентам

$$x_{O_2} = (C_{O_2}^0 - C_{O_2}) / C_{O_2}^0$$

$$x_{C_2H_4} = (C_{C_2H_4}^0 - C_{C_2H_4}) / C_{C_2H_4}^0,$$

отримуємо рівняння матеріального балансу по кисню і етилену:

$$\frac{dx_{O_2}}{d\tau} = -\frac{x_{O_2}}{\tau} + k_1(T) C_{C_2H_4}^0 (1 - x_{O_2})(1 - x_{C_2H_2}) \quad (3.7)$$

$$\frac{dx_{C_2H_4}}{d\tau} = -\frac{x_{C_2H_4}}{\tau} + k(T) C_{C_2H_4}^{0^{1/2}} C_{O_2}^{0^{1/2}} (1 - x_{C_2H_4})^{1.5} (1 - x_{O_2})^{0.5} \quad (3.8)$$

Константи швидкості витрати ініціатора кисню і витрати мономера описуються наступними залежностями [6]:

$$k_1(T) = \exp \left[\ln(k_{10}) + \frac{0.095(P-1000) - 23677.6}{T} \right]$$

$$k(T) = \exp \left[\ln(k_0) + \frac{0.1485(P-1000) - 15415.6}{T} \right]$$

де $k_{10}=9.7 \cdot 10^{20}$; $k_0=1.2 \cdot 10^{14}$.

Нижче приведені результати моделювання динамічного режиму в реакторі, які отримані в MathCad з використанням функції *rkfixed* (рис. 3.1). Ця функція записується у вигляді *rkfixed* (y, x1, x2, n, F) і повертає матрицю рішень методом Рунге-Кутта системи звичайних диференціальних рівнянь першого порядку з початковими умовами у векторі y. Праві частини системи повинні бути записані в символьному векторі F, рішення на інтервалі від x1 до x2 знаходиться за фіксоване число кроків n.

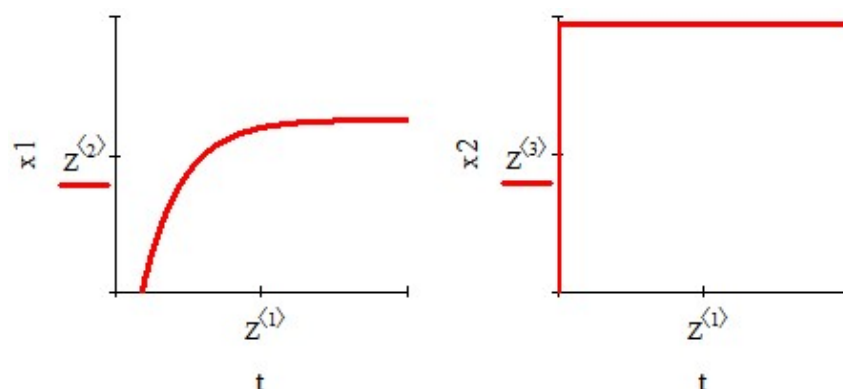


Рисунок 3.1 - Результати моделювання реактора синтезу поліетилену високого тиску з використанням функції rkfixed

Як можна бачити (рис. 3.1), ступінь перетворення етилену зростає, а ступінь перетворення кисню практично не змінюється (реакція нульового порядку), тому що кисень у реактор подають в надлишку з повітря.

Для підвищення ступеня перетворення етилену в реакторі, використовують трисекційні реактора перемішування (рис. 3.2) [3,4]. По вище наведеної моделі, було розраховано ступені перетворення для такого реактора. Результати розрахунку наведені на рисунку 3.2 (б, в). Цим самим ступінь перетворення етилену становить близько 20%.

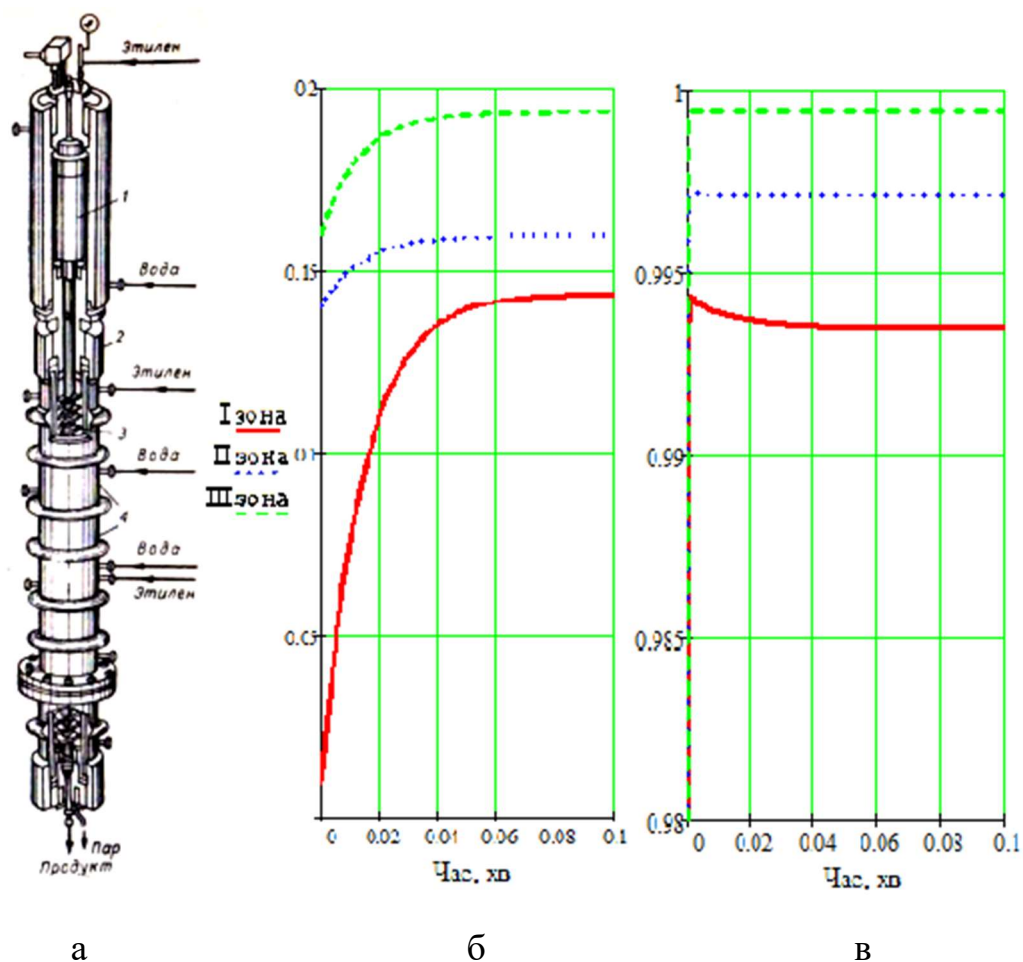


Рисунок. 3.2 - Схема реактора отримання поліетилену (а) та ступені перетворення етилену (б) та кисню (в) по зонам реактору

3.2 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

Розрахунковий модуль призначений для комп'ютерного моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску в адіабатичному трисекційному реакторі ідеального перемішування непервинної дії.

Вихідними даними для розрахунку є:

1. Температура на I зоні, °C.
2. Температура на II зоні, °C.
3. Температура на III зоні, °C.
4. Густина суміші, кг/м^3 .
5. Початкова концентрація етилена.
6. Початкова концентрація кисню.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

7. Тиск у реакторі, МПа.
8. Внутрішній діаметр апарата, м.
9. Витрата етилена, м³/год.
10. Витрати оксигена, м³/год.

Вимоги до програмного модулю:

1. Наявність полів для вводу даних користувачем;
2. Наявність довідки;
3. Програмний модуль повинен виводити отримані розрахунки на форму;
4. Можливість формування та збереження звіту за бажанням користувача.
5. Передбачити блокування кнопок, що не можуть виконати розрахунки без введення необхідних даних;
6. Наявність меню.

Для розробки програмного модуля було обрано середовище Microsoft Visual Studio 2019.

3.3 Програмний модуль для моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску

Відповідно до математичної моделі було розроблено алгоритм обчислювального модуля. Програмний код обчислювального модуля розроблено в середовищі Visual Studio C++ 2019.

Структура обчислювального модуля:

- Файли форм – MyForm.h;
- Файл проекту – Project1.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення

Елемент	Назва	Призначення
Форма (Form)	MyForm.h	Основна форма для введення вхідних даних; представлення розрахунків у вигляді текстового повідомлення та графіків
Текстові поля (Text)	Text1 - Text10	Введення вхідних даних
Текстове поле (richTextBox)	richTextBox	Представлення результатів
Графік (Chart)	Chart1	Представлення результатів розрахунку у вигляді графіку
Клавіша (Command Buttom)	Command1	Виклик процедури розрахунку
Клавіша (Command Buttom)	Command2	Введення вхідних значень
Контейнер (GroupBox)	GroupBox - GroupBox3	Об'єднання даних у групу
Заголовки (Label)	Label1 - Label16	Текстове оформлення

Розроблений програмний модуль складається з наступних процедур обробки подій, що наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

Назва процедури	Призначення
Command1_Click	Обробка процедури натискання кнопки розрахунку, виклик процедури виконання розрахунків
Command2_Click	Введення вхідних значень
ToolStripMenuItem_1	Збереження результатів
ToolStripMenuItem_1	Очищення результатів
ToolStripMenuItem_1	Відкриття "Довідки"
ToolStripMenuItem_1	Закриття програми

Даний обчислювальний модуль використовується для розрахунку та моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску безперервним

методом при різних параметрів вхідних даних. Алгоритм модулю проектного розрахунку наведено у додатку А.

3.4 Інструкція користувачу програмного продукту

Обчислювальний модуль розраховує математичну модель автоклавного реактора та визначає його основні параметри. Для початку роботи програми треба натиснути кнопку «Стандартні значення» або самостійно заповнити поля значень. Далі натискаємо кнопку «Розрахунок» (рисунк 3.3).

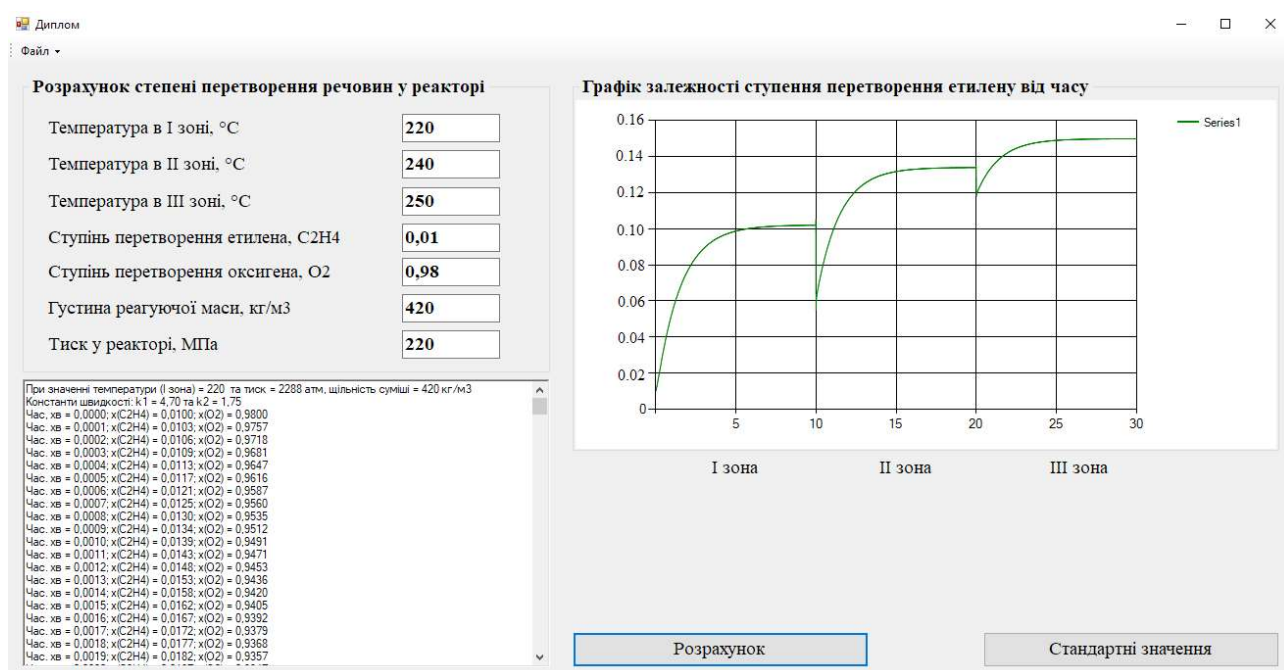


Рисунок 3.3 - Розрахунок процесу отримання поліетилену високого тиску

При натисканні на кнопку «Файл», випадає контекстне меню (рисунк 3.4) в яке входить: «Довідка», «Зберегти дані», «Очистити поля» та «Exit».

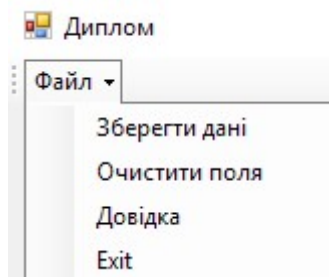


Рисунок 3.4 – Контекстне меню «Файл»

При натисканні на кнопку «Довідка» відкривається вікно, яке наведено на рисунку 3.5, в якому наведена коротка довідкова інформація.

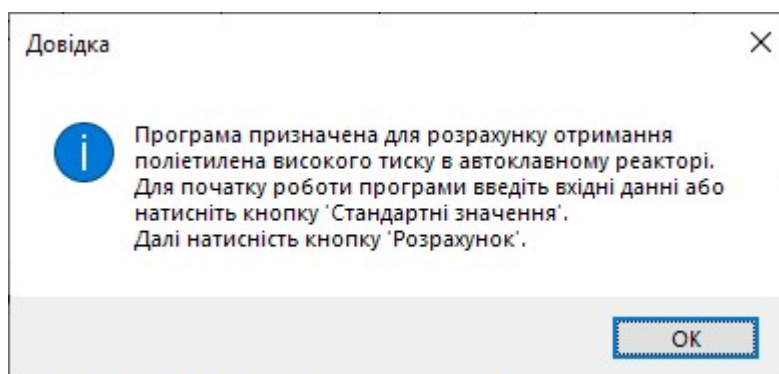


Рисунок 3.5 – Довідка

Якщо натиснути кнопку «Зберегти», програма зберігає графік та результати обчислювання у текстовому файлі (рисунок 3.6). У додатку Б наведено повний обчислювальний модуль.

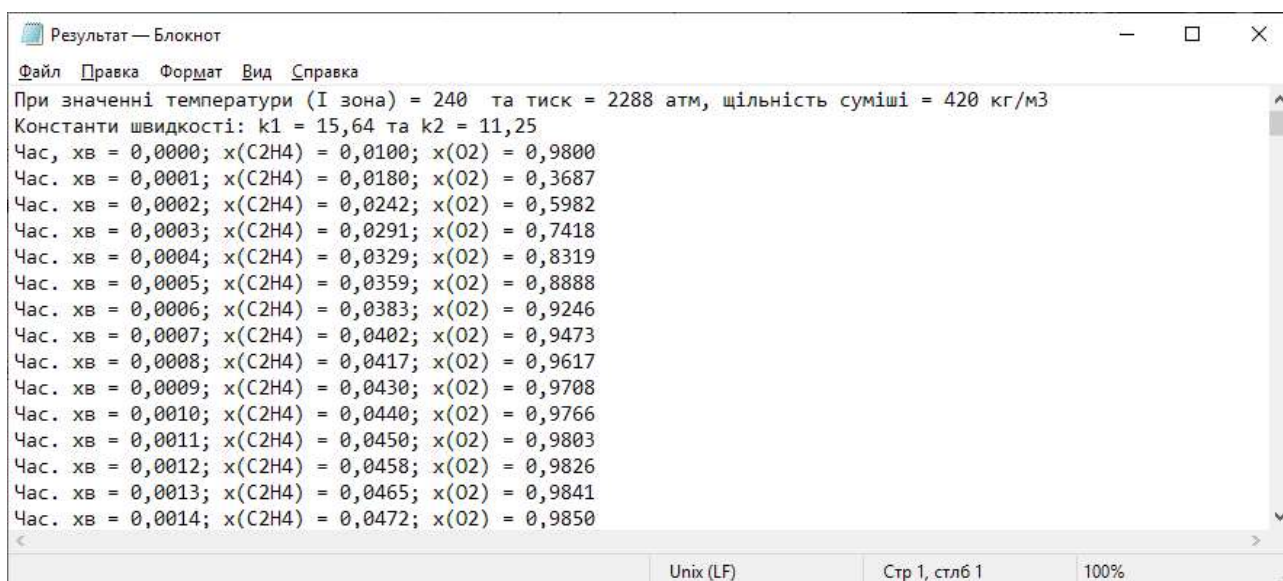


Рисунок 3.6 – Збережений результат

Отже, за результатами розробленого програмного модуля було виконано перевірочний розрахунок автоклавного реактора для отримання поліетилену високого тиску.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання поліетилену високого тиску

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково – технічного прогресу, розвиток якого має об'єктивний характер. Це пов'язане з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі підвищення продуктивності виробництва і покращення умов праці. Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко – технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря промисловими викидами.

Завдання технологічного процесу виробництва поліетилену полягає в отриманні заданого виходу кінцевого продукту – поліетилену високого тиску. Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного виходу поліетилену високого тиску та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати та контролювати наступні параметри: температура в трубопроводах подачі суміші етилену та кисню в реактор, температуру суміші в кожній секції реактора, температуру в теплообмінниках, тиску у ресивері, компресорі та дільниках, витрати етилену та кисню.

Крім контролю та регулювання є параметри, про значення яких необхідно сигналізувати. До них належать параметри, які можуть спричинити аварійну ситуацію. Таким параметром є температура в реакторі, оскільки перевищення спричинить вибух.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

4.2 Визначення параметрів автоматизації

Відповідно до обраних параметрів регулювання, контролю, сигналізації були вибрані місця для заміру параметру на технологічному об'єкті а номінальні значення параметрів, межі їх зміни. Всі данні знесемо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання так контролю виробництва поліетилену високого тиску

№ з/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід подачі кисню в ресивер 1	Витрата	$10 \pm 0,1$ кг/год	Контроль
2	Трубопровід подачі етилену в ресивер 1	Витрата	1030 ± 2 кг/год	Контроль
3	Ресивер 1	Тиск	$2 \pm 0,012$ МПа	Контроль
4	Компресор проміжного тиску 2	Тиск	$30 \pm 0,18$ МПа	Контроль
5	Компресор реакційного тиску 3	Тиск	$220 \pm 0,77$ МПа	Контроль
6	Трубопровід подачі суміші етилену та кисню в автоклавний реактор 7	Температура	$240 \pm 0,6$ °C	Регулювання
7	Автоклавний реактор 7	Температура	255 ± 6 °C	Регулювання
8	Автоклавний реактор 7	Температура	$275 \pm 0,7$ °C	Сигналізація

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
9	Трубопровід подачі суміші етилену та поліетилену в віддільник проміжного тиску 8	Витрата	1500 ± 3 кг/год	Контроль
10	Віддільник проміжного тиску 8	Тиск	$30 \pm 0,18$ МПа	Контроль
11	Охолоджувач 9	Температура	$35 \pm 0,09$ °C	Регулювання
12	Трубопровід подачі суміші етилену та поліетилену в циклон 13	Витрата	$200 \pm 0,4$ кг/год	Контроль
13	Трубопровід виходу низькомолекулярного поліетилену на обробку	Витрата	$50 \pm 0,1$ кг/год	Контроль
14	Трубопровід подачі кисню в автоклавний реактор 7	Витрата	$0,48 \pm 0,00096$ кг/год	Контроль
15	Віддільник низького тиску 10	Тиск	$0,5 \pm 0,003$ МПа	Контроль
16	Трубопровід подачі суміші етилену та поліетилену в віддільник низького тиску 10	Витрата	$1300 \pm 2,6$ кг/год	Контроль
17	Трубопровід виходу поліетилену на обробку	Витрата	1000 ± 2 кг/год	Контроль
18	Охолоджувач 12	Температура	$35 \pm 0,09$ °C	Регулювання

1	2	3	4	5
19	Трубопровід подачі суміші етилену та поліетилену в циклон 14	Витрата	$200 \pm 0,4$ кг/год	Контроль
20	Трубопровід подачі етилену в компресор рециркулюючого тиску 15	Витрата	$150 \pm 0,3$ кг/год	Контроль
21	Трубопровід подачі низькомолекулярного поліетилену на обробку	Витрата	$50 \pm 0,1$ кг/год	Контроль
22	Компресор реакційного тиску 3	Тиск	$30 \pm 0,18$ МПа	Контроль

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу отримання поліетилену високого тиску (додаток В), яка включає в себе чотири регулюючих контурів, один контур сигналізації та сімнадцять контурів контролю.

При виборі приладів та засобів автоматизації слід дотримуватись наступних правил:

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

Тому для автоматизації процесу виробництва поліетилену високого тиску були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників [7 – 10]. Специфікація до обраних засобів наведена у додатку В.

4.2.1 Контроль тиску

Для контролю тиску в контурах 13, 14, 16, 17 та 18 використано вимірювальний перетворювач тиску марки РС-28 (поз. 13-1, 14-1, 16-1, 17-1, 18-1) який може використовуватися для вимірювання тиску від -0,1 до 100 МПа в рідких і газоподібних середовищах, вихідний сигнал манометру 4 – 20 мА.

Для вимірювання тиску в компресорі реакційного тиску (контур 15), використовуємо датчик тиску марки DMP 334 (поз. 15-1), діапазон вимірювання 0 до 250 МПа, вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Отриманий сигнал з перетворювача та датчику тиску передається на показуючий П-регулятор марки ТРМ1, що відображає вимірюваний тиск.

4.2.2 Контроль та регулювання температури

В якості первинного перетворювача при вимірюванні температури з необхідною точністю для контурів 19, 20, 21, 22 та 23 термоелектричний перетворювач марки ТХА - 2388 з діапазоном вимірювання температури від -40 °С до 600 °С (поз. 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1), що призначений для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на показуючий ПД-регулятор марки ТРМ10 (поз. 19-2, 20-2, 21-2, 22-2, 23-2), який відображає вимірювану температуру і в контурі регулювання видає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 19-3, 20-3, 21-3, 22-3). В контурі 19 змінює подачу мастила, якщо температура суміші етилену та кисню не становить 240 °С на вході в реактор. В контурі 20 змінює подачу холодної води, якщо температура не становить 245 °С, тим самим охолоджую суміш в реакторі, при високій температурі 275 °С прилад подає сигнал на сигнальну лампу типу ЛС – 151. В контурі 21 та 22 змінює подачу води, тим самим знижуючи або підвищуючи температуру суміші етилену та поліетилену на вході в циклон.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.3 Контроль витрати

В якості вимірювальних приладів витрати для контурів з 1-го по 12-ий використовується звужуючий пристрій – діафрагма з діаметром 20 мм (поз. 1-1, 8-1, 10-1, 12-1), з діаметром 40 мм (поз. 2-1, 5-1, 3-1, 4-1) та з діаметром 25 мм (поз. 6-1, 9-1, 7-1, 11-1). Всі діафрагми виготовлені зі сталі марки 12Х18Н10Т.

Отриманий сигнал з витратоміру в трубопроводі передається на П-регулятор марки ТРМ1 (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 12-2), який відображає вимірювану витрату.

4.2.4 Контур перемикавання

Контур 28 дистанційного регулювання двигуна використовує пост керування кнопочий марки ПКУ 15-21-131-УЗ, кнопки запобігання вимикання марки КМЕ – 5111 УЗ та магнітні пускачі марки ПМ12- 160210У2В.

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу в регламентованому режимі.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5 Економіко-організаційні розрахунки процесу виробництва поліетилену високого тиску

Поліетилен - найдешевший полімер, що займає перше місце в світовому виробництві поліолефінів. Цей унікальний матеріал поєднує в собі найцінніші властивості і здатність перероблятися усіма високопродуктивними методами, що існують для термопластів.

Одним з головних показників діяльності підприємства є собівартість продукції, яка комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів, рівень технічного розвитку виробництва, досконалість системи управління та значною мірою визначає кінцеві результати діяльності підприємства – прибуток і рентабельність.

Метою проведення економіко – організаційного обґрунтування процесу отримання поліетилену високого тиску є розрахунок його основних техніко – економічних показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності існування підприємства, що займається виготовленням даної продукції

5.1 Вид руху предметів праці

Послідовність проходження предметів праці всіма стадіями виробничого процесу називається видом руху предметів праці (ВРПП). Послідовний ВРПП – поопераційна, по одинична обробка на кожній стадії з наступним передаванням на чергову стадію всієї партії виробів одночасно. Послідовний ВРПП застосовується у періодичних процесах, за умов одиничного виробництва.

Одиничним виробом вважатимемо виготовлення однієї партії поліетилену (1000 кг).

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Тривалість обробки одиниці товару по апаратам

№	Технологічна стадія	Тривалість, хв
1	Ресивер	3
2	Компресор проміжного тиску	2
3	Компресор реакційного тиску	2
4	Реактор	10
5	Віддільник проміжного тиску	6
6	Теплообмінник	6
7	Циклон	2
8	Ємність для ініціатора	5
9	Дозувальний насос	3
10	Віддільник низького тиску	6
11	Теплообмінник	6
12	Циклон	2
13	Компресор рециркулюючого тиску	2
14	Екструдер - отримання поліетилену	8
15	Контроль якості продукту	5

На рисунку 5.1 зображений графік ВРПП.

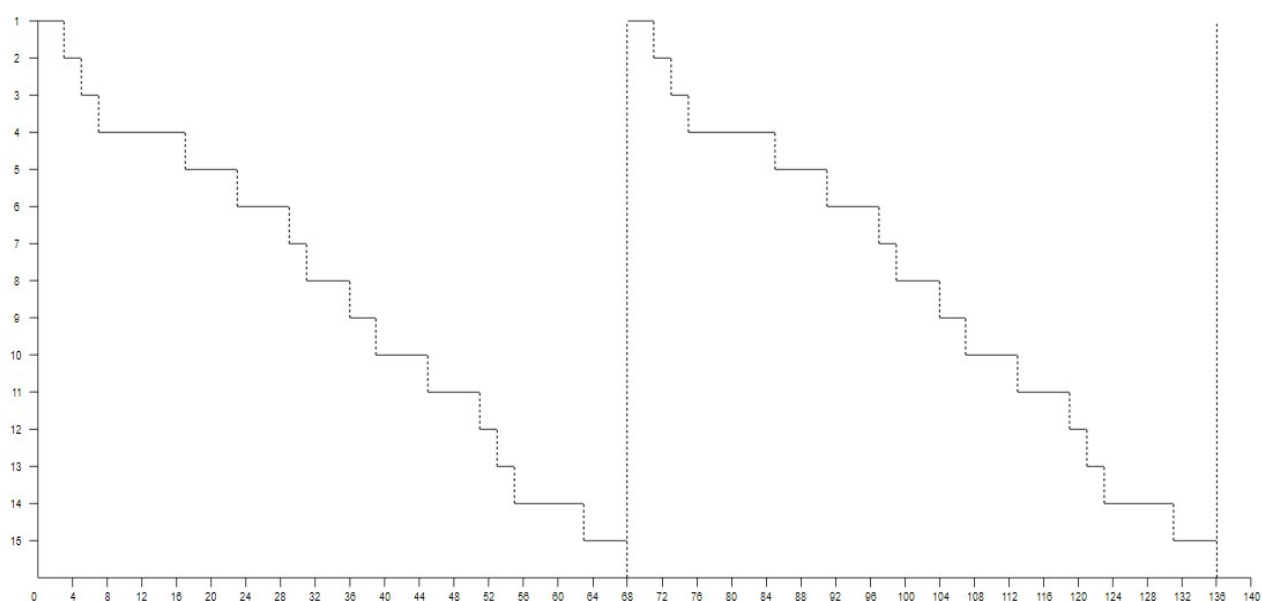


Рис. 5.1 - Послідовний вид руху предметів праці

Кількість робочих – 1 людина. Визначимо тривалість одного циклу:

$$t = \sum_{i=1}^m t_i = 3 + 2 + 2 + 10 + 6 + 6 + 2 + 5 + 3 + 6 + 6 + 2 + 2 + 8 + 5 = 68 \text{ хв}$$

$$n = \frac{T_{\text{зміни}}}{T_{\text{посл.}}} = \frac{8 \cdot 60}{68} \approx 7 \text{ партій}$$

де $T_{\text{зміни}}$ - тривалість однієї зміни, на даному підприємстві $T_{\text{зміни}} = 8$ год; n - кількість одиниць продукції, яка виготовляється за зміну.

Отже, за одну зміну, один робочий може виготовити 7 партій поліетилену (7000 кг).

5.2 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу та річного випуску продукції

Кількість календарних днів 365. Кількість робочих змін – 3, тривалість робочої зміни 8 годин. Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

- фактична тривалість виробничого циклу $T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = 7 \cdot 68 = 476 \text{ хв} = 7,93$ год;
- річна тривалість роботи підприємства $T_p = 365 \cdot 24 = 8760$;
- режим роботи цілодобово;
- виробництво поліетилену за 1 цикл - 7000 кг.

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{с.р.}} = \frac{24 \cdot 365}{T_p} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = \frac{24 \cdot 365}{8760} \cdot 7,93 = 7,93 \text{ год}$$

За зміну виготовляємо 7 партій, таким чином за день виготовляється 21 партію, визначимо випуск продукції за 1 день:

$$V_{\text{доба}} = 21 \cdot 1000 = 21\,000 \text{ кг/добу}$$

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Тоді за рік виготовляється:

$$B = 365 \cdot 21000 = 7\,665\,000 \text{ кг/рік}$$

Час, який залишається, виділяється на обслуговування, ремонт обладнання та прибирання території.

5.3 Кількості одиниць обладнання, чисельність персоналу та графік роботи підприємства

Кількість одиниць обладнання та його ціна наведена у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Кількість одиниці обладнання на один виробничий цикл

№	Апарат	Кількість, од.	Ціна, грн
1	Ресивер	1	20000
2	Компресор проміжного тиску	1	100000
3	Компресор реакційного тиску	1	100000
4	Реактор	1	600000
5	Віддільник проміжного тиску	1	65000
6	Теплообмінник	2	50000
7	Циклон	2	70000
8	Ємність для ініціатора	1	20000
9	Дозувальний насос	1	30000
10	Віддільник низького тиску	1	75000
11	Компресор рециркулюючого тиску	1	100000
12	Екструдер	1	150000

Кількість персоналу наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Кількість працюючих

Посада	Кількість чоловік
Директор	1
Заступник директора	1
Головний бухгалтер	1
Головний технолог	1
Головний інженер	1
Начальник заводу	1
Інженер	1·4=4
Технолог	1·4=4
Вантажник	2·4=8
Охорона	3·4=12

Підприємство працює 365 днів на рік в 3 зміни тривалістю 8 годин. Розрахуємо кількість бригад, для цього треба визначити нормативний час роботи, одиничного працівника:

$$T_{\text{прац.}}^{\text{н}} = \frac{(365 - T_{\text{св.}})}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св.}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{(365 - 11)}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1$$

$$= 2016 \text{ год/рік}$$

де $T_{\text{св}}$ – кількість святкових днів у році; 40 – кількість годин на тиждень, які повинні відпрацювати працівники; $T_{\text{св.}}^*$ - кількість святкових днів, які не співпадають з вихідними днями.

$$T_{\text{підприм.}}^{\text{рік}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік}$$

Кількість бригад:

$$N_{\text{бригад}} = \frac{T_{\text{підприм.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{н}}} = \frac{8760}{2016} \approx 4 \text{ бригади}$$

Отже, працюватиме 4 бригади. виробничого персоналу за графіком змінності наведеним у таблиці 5.4. Початок роботи о 6⁰⁰, кінець робочого дня – 14⁰⁰ (для першої зміни, відповідно друга - 14⁰⁰ - 22⁰⁰ та третя - 22⁰⁰ - 6⁰⁰).

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 5.4 – Графік змінності

№ бригади	Дні																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В

Директор, заст. директора, гол. бухгалтер, гол. технолог, гол. Інженер та начальник цеху працюватимуть з 8⁰⁰ до 16⁰⁰ та 5 днів на тиждень.

Знаходимо фактичний відпрацьований час кожним працівником:

$$T_{\text{факт.}}^{\text{роб.}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вих.}}) = \frac{365}{16} (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год}$$

Розрахуємо чисельність за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{365 \cdot 24}{T_{\text{факт.}}^{\text{роб.}}} + Ч_{\text{адміністрації}} = 7 \cdot \frac{365 \cdot 24}{2190} + 6 = 34 \text{ особи}$$

5.4 Калькуляція на вид продукції

До основних фондів даного підприємства належать:

- Приміщення = 81 000 000 грн.;
- Обладнання = 1 500 000 грн.;
- Транспорт = 15 000 грн.;
- Сертифікат = 5 000 грн. (терміном на 2 роки).

Сумарна вартість ОФ:

$$\text{ОФ} = 81000000 + 150000 + 15000 + 5000 = 82\,519\,000 \text{ грн./рік}$$

Розрахуємо фонд заробітної плати (прийmemo середню заробітну плату одиничного працівника $ЗП_{\text{сер.}} = 7000 \text{ грн/міс}$):

					ХА 5111 1490 001 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						47

$$ЗП = 12 \cdot ЗП_{сер.} \cdot Ч_{сп} = 12 \cdot 7000 \cdot 34 = 2\,856\,000 \text{ грн./рік}$$

Відрахування на соціальні заходи здійснюються за встановленими законодавством ставками від витрат на оплату праці і складає 22%:

$$ФОП = ЗП + 22\% = 2\,856\,000 + 22\% = 3\,454\,320 \text{ грн./рік}$$

Затрати на сировину приведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок вартості сировини

Найменування	Витрата, кг/добу	Ціна, грн./м ³	Сума витрат, грн./рік
Етилен	31200	30	341 640 000
Оксиген	240	5,6	490 560
Разом		346 545 600	

Отже, річні затрати на сировину складають: $З_c = 346\,545\,600 \text{ грн./рік}$.

Розрахуємо річні витрати на електроенергію приймаючи до уваги, що підприємство працює цілодобово, тариф за приєднану потужність: $T_{пр} = 1,68 \text{ грн/кВт}$; потужність обладнання: $H_{об} = 60 \text{ кВт/т}$; освітлення цілодобове $H_{ос} = 30 \text{ кВт/добу}$; кількість отриманого продукту за рік становить 7665 т.

$$\begin{aligned} З_{e/e} &= 1,68 \cdot \left(H_{об} \cdot V_{рік} + H_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left(H_{об} \cdot V_{рік} + H_{ос} \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ &= 1,68 \cdot \left(60 \cdot 7665 + 30 \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left(60 \cdot 7665 + 30 \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ &= 1\,174\,278 \text{ грн./рік} \end{aligned}$$

Розрахуємо витрати на опалення цеху приймаючи площу приміщення 1500 м² та тарифну ставку на опалення 10 грн/м² міс, сезон опалення 6 місяців:

$$З_{опал} = 1500 \cdot 10 \cdot 6 = 90\,000 \text{ грн./рік}$$

Вартість оборотних засобів:

- Закупівля сировини = 346 545 600 грн./рік
- Витрати на електроенергію = 1 174 278 грн./рік
- Опалення = 90 000 грн./рік
- ФОП = 3 454 320 грн./рік

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- Додаткові затрати = 500 000 грн

Оборотні засоби:

$$\begin{aligned} \text{Обз} &= \text{З}_c + \text{З}_{e/e} + \text{З}_{\text{опал}} + \text{ФОП} + \text{Додаткові затрати} \\ &= 346545600 + 1174278 + 90000 + 3454320 + 500000 \\ &= 351\,764\,198 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Амортизація

$$\begin{aligned} A &= A_{\text{прим.}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{ректор}} + A_{\text{транс}} + A_{\text{сер}} \\ &= \frac{81000000}{20} + \frac{900000}{5} + \frac{600000}{5} + \frac{15000}{20} + \frac{5000}{2} \\ &= 4\,353\,250 \text{ грн} \end{aligned}$$

Собівартість

$$C = A + \text{Обз} = 351\,764\,198 + 4353250 = 356\,117\,448 \text{ грн}$$

Обчислимо собівартість одного продукту:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{B} = \frac{356\,117\,448}{7665000} = 46,5 \text{ грн/кг}$$

Визначаємо за середніми цінами ринку та за прайслистами ціну на продукцію - 70 грн.

Визначимо рентабельність підприємства:

$$P = \frac{Ц - C_{\text{од}}}{C_{\text{од}}} \cdot 100\% = 50,5\%$$

Прибуток підприємства за рік:

$$\Pi = (Ц - C) \cdot B = (70 - 46,5) \cdot 7665000 = 180\,127\,500 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{481250580}{180\,127\,500} = 2,4 \text{ роки}$$

$$K = \text{ОФ} + \text{Обз} = 82519000 + 351\,764\,198 = 434\,283\,198 \text{ грн}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,4} = 0,415$$

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B \cdot Ц}{OF} = \frac{7665000 \cdot 70}{82519000} = 6,5$$

Фондоємність:

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{6,5} = 0,154$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр}} = \frac{OF}{Ч} = \frac{82519000}{34} = 2\,427\,029$$

Під час виконання даного дипломного проекту був розроблений програмний модуль, який розраховує та моделює процес отримання поліетилену високого тиску при різних початкових умовах. За допомогою програмного модуля можна підібрати найбільш відповідний реактор для даного процесу. Реактор купується у виробників, основні параметри розраховуються в програмному модулі.

Порівняння базового та нового реактора наведено у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Показники базового та нового реактора

Показники	Базовий реактор	Новий ректор
Собівартість реактора, грн	600000	1200000
Продуктивність праці, т/год	1	1
Експлуатаційні затрати споживача, грн	800000	400000
Супутні питомі капіталовкладення споживача, грн	70000	30000
Строк служби	5	10

Визначаємо питомі витрати по базовому і новому реактору:

$$З_6 = C_6 + E_H \cdot K_6 = 600000 + 0,15 \cdot 6000 = 610\,500 \text{ грн}$$

$$З_H = C_H + E_H \cdot K_H = 1200000 + 0,15 \cdot 9000 = 1\,204\,500 \text{ грн}$$

де $З_6, З_H$ – питомі затрати виробника на виробництво базового і нового засобів праці, C_6, C_H – собівартість базового і нового засобів праці, E_H – нормативний коефіцієнт ефективності для даного типу підприємства, K_H, K_6 – супутні питомі капіталовкладення споживача при застосуванні нового засобу праці (на одиницю продукції) без вартості самого засобу праці.

Доля нарахувань на реінновацію базового і нового засобу праці:

$$H_6^p = \frac{1}{T_6} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$H_H^p = \frac{1}{T_H} = \frac{1}{10} = 0,1$$

де H_6^p, H_H^p – доля нарахувань на реінновацію базового і нового засобу праці, T_6, T_H – строк служби базового і нового засобу праці.

Річний економічний ефект від запровадження нового реактора визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \epsilon &= З_6 \cdot \frac{ПП_H}{ПП_6} \cdot \frac{H_6^p + E_H}{H_H^p + E_H} + \frac{(I_6 - I_H) - E_H \cdot (K_H - K_6)}{H_H^p + E_H} - З_H \\ &= 610500 \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{0,2 + 0,15}{0,1 + 0,15} \\ &\quad + \frac{(800000 - 400000) - 0,15 \cdot (70000 - 30000)}{0,1 + 0,15} - 1204500 \\ &= 17\,816\,500 \text{ грн} \end{aligned}$$

де $ПП_6, ПП_H$ – продуктивність праці базового і нового засобів праці, I_H, I_6 – річні експлуатаційні затрати споживача при застосуванні базового засобу праці, супутні питомі капіталовкладення споживача при застосуванні базового засобу праці (на одиницю продукції) без вартості самого засобу праці.

З проведеного розрахунку можна сказати, що впровадження нової техніки є економічно вигідно.

Побудуємо ВРПП з новим реактором. Одиничним виробом вважатимемо

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

виготовлення однієї партії поліетилену (1000 кг).

Таблиця 5.7 - Тривалість обробки одиниці товару по апаратам

№	Технологічна стадія	Тривалість, хв
1	Ресивер	3
2	Компресор проміжного тиску	2
3	Компресор реакційного тиску	2
4	Реактор	2
5	Віддільник проміжного тиску	6
6	Теплообмінник	6
7	Циклон	2
8	Ємність для ініціатора	5
9	Дозувальний насос	3
10	Віддільник низького тиску	6
11	Теплообмінник	6
12	Циклон	2
13	Компресор рециркулюючого тиску	2
14	Екструдер - отримання поліетилену	8
15	Контроль якості продукту	5

Графік ВРПП зображений на рисунку 5.2.

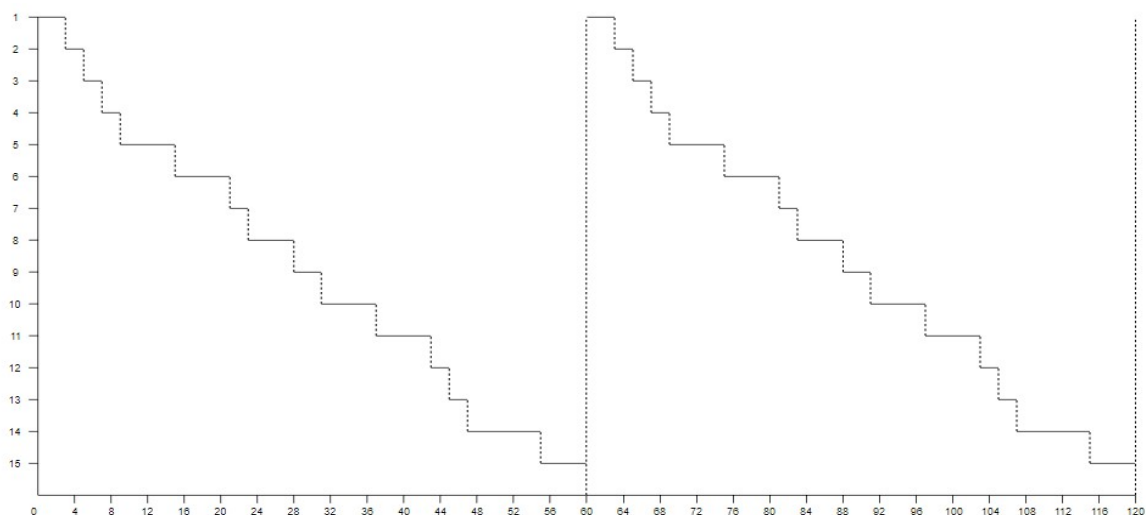


Рисунок 5.2 - Послідовний вид руху предметів праці

Кількість робочих – 1 людина. Визначимо тривалість одного циклу:

$$t = \sum_{i=1}^m t_i = 3 + 2 + 2 + 2 + 6 + 6 + 2 + 5 + 3 + 6 + 6 + 2 + 2 + 8 + 5 = 60 \text{ хв}$$

$$n = \frac{T_{\text{зміни}}}{T_{\text{посл.}}} = \frac{8 \cdot 60}{60} = 8 \text{ партій}$$

де $T_{\text{зміни}}$ - тривалість однієї зміни, на даному підприємстві $T_{\text{зміни}} = 8$ год; n - кількість одиниць продукції, яка виготовляється за зміну.

Отже, за одну зміну, один робочий може виготовити 7 партій поліетилену (8000 кг).

Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

- фактична тривалість виробничого циклу $T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = 8 \cdot 60 = 480 \text{ хв} = 8$ год;
- річна тривалість роботи підприємства $T_p = 365 \cdot 24 = 8760$;
- режим роботи цілодобово;
- виробництво поліетилену за 1 цикл - 8000 кг.

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{с.р.}} = \frac{24 \cdot 365}{T_p} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт}} = \frac{24 \cdot 365}{8760} \cdot 8 = 8 \text{ год}$$

Розрахуємо річний випуск продукції:

$$B = \frac{24 \cdot 365 \cdot B_{\text{ц}}}{T_{\text{вц}}^{\text{с.р.}}} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 8000}{8} \text{ кг/рік}$$

де $B_{\text{ц}}$ – випуск продукції за один виробничий цикл.

Розрахуємо вартість програми. Вартість роботи програміста складає 300 грн за годину роботи. На написання програмного модуля було витрачено 6 днів по 5 годин роботи кожного дня. Отже, зарплата програміста складатиме $ЗП_{\text{пр}} = 9000$ грн. Написання програмного модуля включає в себе витрати на світло. За годину роботи комп'ютер споживає 300 Вт. При розрахунку на 6 днів по 5 годин роботи отримуємо 9000 Вт або 9 кВт. Вартість електроенергії становить 1,68

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грн/кВт. Отже, вартість програми скрадає:

$$B_{\text{прогр}} = 3\Pi_{\text{пр}} + 3_e = 9000 + 9 \cdot 1,68 = 9011 \text{ грн}$$

Отже, ціна програмного модулю 9011 грн.

Основні фонди:

$$\text{ОФ} = 82\,519\,000 + 600\,000 + 9011 = 83\,128\,011 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо річні витрати на електроенергію приймаючи до уваги, що підприємство працює цілодобово, тариф за приєднану потужність: $T_{\text{пр}} = 1,68$ грн/кВт; потужність обладнання: $H_{\text{об}} = 60$ кВт /т; освітлення цілодобове $H_{\text{ос}} = 30$ кВт/добу; кількість отриманого продукту за рік становить 8760 т.

$$\begin{aligned} 3_{e/e} &= 1,68 \cdot \left(H_{\text{об}} \cdot B_{\text{рік}} + H_{\text{ос}} \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left(H_{\text{об}} \cdot B_{\text{рік}} + H_{\text{ос}} \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ &= 1,68 \cdot \left(60 \cdot 8760 + 30 \cdot 365 \cdot \frac{2}{3} \right) + 0,84 \cdot \left(60 \cdot 8760 + 30 \cdot 365 \cdot \frac{1}{3} \right) \\ &= 1\,339\,842 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Оборотні засоби:

$$\begin{aligned} \text{Обз} &= 3_c + 3_{e/e} + 3_{\text{опал}} + \text{ФОП} + \text{Додаткові затрати} \\ &= 346545600 + 1339842 + 90000 + 3454320 + 500000 \\ &= 351\,929\,762 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Амортизація

$$\begin{aligned} A &= A_{\text{прим.}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{ректор}} + A_{\text{транс}} + A_{\text{сер}} \\ &= \frac{81000000}{20} + \frac{900000}{5} + \frac{1200000}{10} + \frac{15000}{20} + \frac{5000}{2} \\ &= 4\,353\,250 \text{ грн} \end{aligned}$$

Собівартість

$$C = A + \text{Обз} = 351\,929\,762 + 4353250 = 356\,283\,012 \text{ грн}$$

Обчислимо собівартість одного продукту:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{B} = \frac{356\,283\,012}{8760000} = 40,7 \text{ грн/кг}$$

Визначаємо за середніми цінами ринку та за прайслистами ціну на продукцію - 70 грн.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо рентабельність підприємства:

$$P = \frac{Ц - C_{од}}{C_{од}} \cdot 100\% = 72\%$$

Прибуток підприємства за рік:

$$\Pi = (Ц - C) \cdot B = (70 - 40,7) \cdot 7665000 = 256\,668\,000 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{435\,057\,773}{256\,668\,000} = 1,7 \text{ років}$$

$$K = OF + Обз = 83\,128\,011 + 351\,929\,762 = 435\,057\,773 \text{ грн}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,7} = 0,6$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B \cdot Ц}{OF} = \frac{8760000 \cdot 70}{83\,128\,011} = 7,4$$

Фондоємність:

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{7,4} = 0,136$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{озбр} = \frac{OF}{\Psi} = \frac{83\,128\,011}{34} = 2\,444\,941,5$$

З розрахунків, наведених вище можна зробити висновок, що дане підприємство є рентабельним ($P = 50,5\%$), прибуток за рік може складати 180 127 500 грн. Також, можна зробити висновок, що реактор розрахований за допомогою програмного модуля, є більш економічно вигідним. Рентабельність збільшилась на 42,6 % та прибуток за рік збільшився на 42,5%, тому слід впроваджувати використання даного модуля на підприємстві.

6 Охорона праці

Виробництво поліетилену високого тиску містить в обігу шкідливі вибухонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва.

В даному розділі на підставі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектуваному об'єкті, розроблено заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення та аналіз ШНВФ в умовах виконання експериментальної частини науково-дослідної роботи. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються в цеху за важкістю, згідно ДСН 3.3.6.042-99, відносяться до категорії Па. Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні, наведені в таблиці 1.

З метою забезпечення нормативних рівнів параметрів мікроклімату і чистоти робочої зони передбачені наступні засоби та заходи: механізація і автоматизація тяжких і працемістких робіт; дистанційне управління процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів і т. п.; наявність теплоізоляції устаткування, агрегатів комунікації й інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період роботи	Категорія робіт	Температура, °С		Вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.
Холодний	Па	18-20	15-24	40-60	75	0,2	0,3
Теплий		21-23	17-29		65	0,3	0,2-0,4

В таблиці 6.2 наведено основні санітарні характеристики підприємства, а саме цеху отримання поліетилену високого тиску.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої дільниці	Цех полімеризації
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Етилен
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Речовини малої небезпечності. Загальнотоксична речовина викликає задуху, головний біль, ураження ЦНС
ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	100
Клас небезпечності шкідливої речовини	IV малотоксична речовина
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Респіратор фільтруючий РПГ-67, промисловий протигаз марки "СО", провітрювання приміщення.
Засоби долікарняної допомоги	Винести на свіже повітря, відновити прохідність дихальних шляхів, безперервна інгаляція кисню
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Автоматичний стаціонарний сигналізатор і газоаналізатор

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VII-б. У таблиці 6.3 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Природне освітлення використовується в світлий час доби, і створюється в виробничих приміщеннях через вікна або інші засклені прорізи. У вечірній і нічний час, згідно ДБН В.2.5-28-06, в корпусах виробництва використовується штучне освітлення, що створюється світильниками типу ВЗГ - 200, виконаними у вибухозахисному виконанні.

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 здорової роботи	VII-б			
Штучне освітлення	Освітленість, лк	При системі загального освітлення	100	
		При системі комбінованого освітлення	Всього	-
			Ут. ч. від загального	-
Природне освітлення	КПО, ен, %	При боковому освітленні	0,3	
		При верхньому освітленні	0,7	

Виробництво поліетилену оснащена освітлювальним обладнанням відповідно до зазначених вище норм. Проводка освітлювальної мережі виконується кабелем з алюмінієвими жилами в лотках. Освітленість виробничих приміщень становить 30 лк.

Освітлення побутових приміщень, лабораторій, приміщень КВП становить 200 лк і здійснюється люмінесцентними лампами денного освітлення типу Л.Д.

Передбачено також і аварійне освітлення. Аварійне освітлення має незалежні джерела живлення і включається або автоматично, або вручну. Аварійне освітлення повинно створювати освітлення на поверхнях не менше 5%

від мінімальної норми для цих поверхонь і не менше 0,5 лк, при евакуації людей всередині приміщень не менше 2 лк і на території 1 лк для продовження робіт.

Раз на рік здійснюється контроль освітленості люксометром ю-117.

6.1.3 Захист від шуму і вібрації

Джерелами вібрації на виробництві, що проектується, є вентилятор. Джерелами шуму на виробництві є реактор, сепаратори, дільники, компресори, насоси. 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 середньогометричними частотами, Гц									Рівні шуму еквівалентні і рівні шуму, дБА, дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Згідно ДСН 3.3.6.037-99, у виробничих приміщеннях рівень звуку не повинен перевищувати повинен 80 дБА. Згідно ДСН 3.3.6.039-99, допустимий

рівень вібрації в приміщенні 1-го ступеня – 3 дБ, а для 2-ї ступені шкідливості – до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості – більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості за вібрацією.

Основними організаційними заходами боротьби з шумом і вібрацією є: розташування відділення компресії етилену з підвищеним рівнем шуму на відстані від малошумних приміщень; дистанційне керування віброакустичним обладнанням з кабін; застосування індивідуальних засобів захисту від шуму і вібрацій, проведення санітарно - профілактичних заходів для робітників, зайнятих на віброакустичному активному обладнанні; ізоляція фундаменту під віброактивним обладнанням від несучих конструкцій та інженерних комунікацій; активна і пасивна віброізоляція компресорів і насосів, робочих місць операторів і машиністів.

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 допустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$; при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 3 \text{ В}$.

Порівняємо розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220 \cdot 10^3}{4000 + 4} = 0,05 \text{ А}$$

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

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга дотику розраховується за формулю:

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

Для захисту людей від ураження електричним струмом в умовах виробництва застосовуються такі заходи струмоведучих систем, всі електроустановки мають додаткове заземлення, захисне відключення та ізоляцію.

Застосовуваний в цеху етилен і одержуваний поліетилен мають високу об'ємне питомий опір, рівний в середньому 1015 Ом.

При переміщенні в апаратах і трубопроводах етилену, рідин, гранульованого поліетилену відбувається виникнення зарядів статичної електрики. У процесі транспортування і перемішування гранул поліетилену утворюється його пил. При наявності вибухонебезпечної концентрації етилену або поліетиленовою пилу в повітрі розряди статичної електрики можуть призвести до вибуху.

Для забезпечення надійності захисту від статичної електрики передбачаються наступні заходи:

- відведення статичної електрики здійснюється шляхом заземлення устаткування і комунікацій;
- обладнання, трубопроводи, вентиляційні короба і кожухи термоізоляції повинні представляти собою на всій довжині безперервний ланцюг, яка в межах цеху приєднана до контуру заземлення не менше, ніж в двох точках;
- для транспортування гранульованого поліетилену застосовуються труби з металу;
- для запобігання можливості виникнення вибухонебезпечних концентрацій етилену і поліетиленовою пилу здійснюється подача азоту в апарати і трубопроводи;
- проведення робіт усередині апаратів, де можливе виникнення вибухонебезпечної концентрації, забороняється працювати в одязі з синтетичних тканин;

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лабораторна перевірка справності пристроїв захисту від статичної електрики проводиться не рідше одного разу на рік за графіком, затвердженим головним інженером заводу.

6.1.5 Безпека технологічного процесу та обслуговування обладнання

До виконання робіт з етиленом допускаються особи, які досягли 18- років; пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці; за наявності розписки про небезпеку етилену. При роботі з етиленом можливе подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів, головний біль, дзвін у вухах, неврити, розлади зору.

Перед початком роботи передбачено:

- включити загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію. Перевірити: наявність і справність засобів індивідуального та колективного захисту; справність технологічного обладнання. При виявленні несправностей обладнання та засобів колективного захисту сповіщається керівник;
- транспортування етилену здійснюється засобом, який виключає можливість попадання його у виробниче та навколишнє середовище. Етилен зберігається у спеціальній залізній тарі;
- етилен зберігається у спеціальних приміщеннях з підлогами, що легко змиваються водою. Приміщення обладнано вентиляцією;
- по закінченню робіт передбачено: прибрати робоче місце. Залишок етилену (від добового запасу), що не повністю витратився під час роботи, здається на склад.

Безпека в цеху під час проведення технологічного процесу і ремонтних роботах забезпечується засобами колективного захисту в справному стані.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

6.2 Пожежна безпека

На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перенавантаження електроустаткування, нагріті стінки обладнання, іскри електрообладнання та від тертя деталей машин, виникнення електричної дуги при обриві ланцюгів високої напруги, перегріву електроустаткування.

На установці передбачені такі засоби пожежогасіння:

- дренажна установка для створення зрошення займистих предметів і конструкцій. Автоматичне включення відбувається при плавленні легкоплавкого замка троса дренчерній установки. Ручне включення установки відбувається відкриттям відповідної запірної арматури. У зимовий час колектор дренчерної арматури на зовнішній установці для уникнення заморожування, звільняється від води. За необхідністю, відкривають арматури загального трубопроводу пожежної води, заповнюють колектор водою і приводять секції в дію, як зазначено вище.
- на установці є вогнегасники ОУ-2, ОПУ-5 для гасіння локального займання, пожежний водопровід, пісок, лопати, носилки, пожежні сповіщувачі.
- для уникнення утворення вибухонебезпечних концентрацій етилену в повітрі на установці встановлені газоаналізатори з пристроєм світлової та звукової сигналізації СВК-3М, що сигналізує про наявність в повітрі горючих газів, парів і їх сумішей.

У таблиці 6.5 наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю.

Встановлюється охоронно – пожежна сигналізація автоматичного типу.

Перед початком роботи трубопроводи будуть продуватись повітрям з перевіркою результатів продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння використовують регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.5 - Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Ручовини, що мають обіг у виробництві		Етилен
Агрегатний стан речовин у н.у.		Газ
Горючість, займість		Вибухонебезпечна, горюча
Показники пожежної вибухонебезпечності	Температура спалаху, °C	135,1
	Температура займання, °C	136,1
	Температура самозайм., °C	540
Межа запалення	% об'ємних	3-34
	мг/м ³	3
Вибухонебезпечні суміші з повітрям	Категорія	II
	Група	T2
Вогнегасні засоби		Вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-2
Категорія приміщення за ОНТП 24-86		A
Клас приміщення / зона/ і зовнішніх установок згідно з ПУЕ		B-1a
Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштування блискавкозахисту згідно з СН 305-77		2А-Т2 2В-Т2

Небезпечні потенціали можуть виникати також в результаті прямих і вторинних проявів блискавки. Розряди атмосферної електрики здатні викликати вибухи, загоряння, руйнування наземної частини об'єктів, тому в проекті

передбачено систему захисних заходів безпеки від дії блискавок. Від прямих ударів блискавки, споруди захищають блискавковідводи стрижневого типу. Для захисту від вторинних проявів блискавок, все обладнання і апаратура з'єднуються між собою таким чином, щоб вони склали єдиний безперервний ланцюг, який заземлюється у кількох місцях. Перевірка заземлення та замір опору проводиться не рідше одного разу на рік, розтин заземлення - раз на 10 років. Опір заземлення не повинен перевищувати 20 Ом.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розглянуто процес отримання поліетилену високого тиску. Вирішено наступні задачі:

1. Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу отримання поліетилену високого тиску та було обрано реактор.
2. Розраховано матеріальний баланс схеми процесу отримання поліетилену високого тиску.
3. Відповідно до технологічного завдання розроблено обчислювальний модуль для комп'ютерного моделювання процесу отримання поліетилену високого тиску.
4. Розроблено схему автоматизації процесу отримання поліетилену високого тиску, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації.
5. Виявлено то проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, визначено шляхи їх усунення.
6. Розраховано техніко-економічні показники виробничого отримання поліетилену високого тиску, за яким визначено, що дане виробництво є доцільним.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Особенности технологии производства полиэтилена URL: <https://polimerinfo.com/polietilen/tehnologiya-proizvodstva-polietilena.html> (дата звернення 10.06.2019)
2. Бугаєва Л.М., Бойко Т.В., Безносик Ю.О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів. Київ, Інтерсервіс, 2017. 254 с.
3. Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad: Учебно-методическое пособие. Казан. гос. технол. ун-т., 2008. 160 с.
4. Бугаєва Л.М., Безносик Ю.О., Ткач В.В., Ілляшенко К.А. Моделювання реактора та схеми отримання поліетилену високого тиску безперервним методом. *Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку – КМХТ2016: П'ята міжнародна науково-практична конференція* (Київ 18-20 травня 2016 року). Київ, 2016. с. 110-118.
5. А.А. Безденежный. Инженерные методы составления уравнений скоростей реакции и расчета кинетических констант. Львов, Химия, 1973. 256 с.
6. В.А. Холоднов, В.П. Решетиловский, М.Ю. Лебедева, Е.С. Боровинская. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel. Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2007. 425 с.
7. Каталог ПАТ «Промприлад URL: <http://www.prylad.com.ua/index.php/ua/produktiia> (дата звернення 10.06.2019)
8. Каталог ООО «Енергопром Україна» URL: <http://manometr.net.ua/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3.html> (дата звернення 10.06.2019)
9. Каталог ООО «ОВЕН» URL: <https://owen.ua/ua/vymiryuvachi-reguljatory> (дата звернення 10.06.2019)
10. Каталог ПАТ «Електротермометрія» URL: <http://www.etm.org.ua/> (дата

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

звернення 10.06.2019)

11. В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. Загальна хімічна технологія. Львів: Львівська Політехніка, 2009. 552 с.
12. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. Москва: Химия, 1969. 848 с.
13. В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов. Санкт-Петербург: Профессионал, 2003. 480 с.
14. Г.И. Лапшенков, Л.М. Полоцкий. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Москва: Химия, 1988. 287 с.
15. Промышленное производство полиэтилена URL: <http://www.camelotplast.ru/info/history-polietilen.php>. (дата звернення 10.06.2019)
16. Промышленное производство полиэтилена URL: http://pro-okna.com/spravochnik/tekhnologiya_plastmass/proizvodstvo_polietilena_nizkoy_plotnosti (дата звернення 10.06.2019)
17. А. В. Поляков, Ф. И. Дунтов, А. Э. Софиев и др. Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза. Львов: Химия, 1988. 200 с.

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ДОДАТКИ

Додаток А

А.1 Матеріальний та тепловий баланс

Overall Mass Balance	kmol/h		kg/h	
	Input	Output	Input	Output
Ethylene	36.715	3.107	1030.000	87.169
Oxygen	0.313	0.313	10.000	10.000
2-2-[2-(2-ethyl	0.000	2.343	0.000	943.142
Total	37.027	5.763	1040.000	1040.311

Overall Energy Balance	MJ/h	
	Input	Output
Feed Streams	1926.89	
Product Streams		-2807.64
Total Heating	0	
Total Cooling	-4735.73	
Power Added	0	
Power Generated	0	
Total	-2808.84	-2807.64

STREAM PROPERTIES

Stream No.	1	2	3	4
Name	C2H4	O2		
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	36.7149	0.3125	37.9794	39.7645
Mass flow kg/h	1030.0000	10.0000	1211.8870	1534.1752
Temp C	30.0000	30.0000	51.2412	67.0353
Pres MPa	0.1200	0.1200	1.2000	220.0000
Vapor mole fraction	1.000	1.000	0.9898	0.0000
Enth MJ/h	1926.8	0.040781	1382.4	361.54
Tc C	9.2600	-118.5700	59.4307	130.1580
Pc MPa	5.0318	5.0764	10.0139	16.2791
Std. sp gr. wtr = 1	0.350	1.128	0.384	0.434
Std. sp gr. air = 1	0.969	1.105	1.102	1.332
Degree API	272.7858	-6.0011	236.8967	194.6874
Average mol wt	28.0540	31.9990	31.9090	38.5816
Actual dens kg/m3	1.3446	1.5246	15.1185	278.3484
Actual vol m3/h	766.0062	6.5591	80.1590	5.5117
Std liq m3/h	2.9429	0.0089	3.1552	3.5366
Std vap 0 C m3/h	822.9149	7.0045	851.2575	891.2664
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h	36.7149	0.3125	37.5921	
Mass flow kg/h	1030.0000	10.0000	1056.0446	
Average mol wt	28.0540	31.9990	28.0922	
Actual dens kg/m3	1.3446	1.5246	13.2015	
Actual vol m3/h	766.0062	6.5591	79.9945	
Std liq m3/h	2.9429	0.0089	2.9943	
Std vap 0 C m3/h	822.9149	7.0045	842.5754	
Cp J/kmol-K	43465.8281	29372.3242	45434.4414	
Z factor	0.9934	0.9994	0.9469	
Visc Pa-sec	1.037e-005	2.067e-005	1.142e-005	
Th cond W/m-K	0.0213	0.0267	0.0247	

- - Liquid only - -

Molar flow kmol/h			0.3874	39.7645
Mass flow kg/h			155.8424	1534.1750
Average mol wt			402.3275	38.5816
Actual dens kg/m3			947.3365	278.3483
Actual vol m3/h			0.1645	5.5117
Std liq m3/h			0.1608	3.5366
Std vap 0 C m3/h			8.6820	891.2664
Cp J/kmol-K			803450.4375	162347.5156
Z factor			0.2544	4.9241
Visc Pa-sec			0.005835	5.939e-005
Th cond W/m-K			0.1328	0.0779
Surf. tens. N/m			0.0282	0.0000

Flow rates in kg/h

Ethylene	1030.0000	0.0000	1044.3997	1071.3988
Oxygen	0.0000	10.0000	11.6519	14.7493
2-2-[2-(2-ethyl	0.0000	0.0000	155.8355	448.0270

Stream No.	5	6	7	8
Name				

- - Overall - -

Molar flow kmol/h	8.5001	5.9501	4.7601	2.5500
Mass flow kg/h	1534.7052	1074.2937	859.4348	460.4116
Temp C	280.0000	280.0000	280.0000	280.0000
Pres MPa	220.0000	220.0000	220.0000	220.0000
Vapor mole fraction	0.5395	0.5395	0.5395	0.5395
Enth MJ/h	-3990.6	-2793.4	-2234.7	-1197.2
Tc C	480.9861	480.9861	480.9861	480.9861
Pc MPa	18.0877	18.0877	18.0877	18.0877
Std. sp gr. wtr = 1	0.845	0.845	0.845	0.845
Std. sp gr. air = 1	6.234	6.234	6.234	6.234
Degree API	35.9697	35.9697	35.9697	35.9697
Average mol wt	180.5513	180.5513	180.5513	180.5513
Actual dens kg/m3	739.1256	739.1256	739.1255	739.1257
Actual vol m3/h	2.0764	1.4535	1.1628	0.6229
Std liq m3/h	1.8164	1.2715	1.0172	0.5449
Std vap 0 C m3/h	190.5184	133.3629	106.6903	57.1555

- - Vapor only - -

Molar flow kmol/h	4.5854	3.2098	2.5678	1.3756
Mass flow kg/h	130.4624	91.3237	73.0589	39.1387
Average mol wt	28.4516	28.4516	28.4516	28.4516
Actual dens kg/m3	508.0936	508.0937	508.0937	508.0937
Actual vol m3/h	0.2568	0.1797	0.1438	0.0770
Std liq m3/h	0.3441	0.2409	0.1927	0.1032
Std vap 0 C m3/h	102.7759	71.9431	57.5545	30.8328
Cp J/kmol-K	63588.5898	63588.5898	63588.5898	63588.5859
Z factor	2.6790	2.6790	2.6790	2.6790
Visc Pa-sec	9.215e-005	9.215e-005	9.215e-005	9.215e-005
Th cond W/m-K	0.1562	0.1562	0.1562	0.1562

- - Liquid only - -

Molar flow kmol/h	3.9147	2.7403	2.1922	1.1744
Mass flow kg/h	1404.2428	982.9699	786.3760	421.2729
Average mol wt	358.7110	358.7110	358.7110	358.7110
Actual dens kg/m3	771.7269	771.7269	771.7269	771.7269
Actual vol m3/h	1.8196	1.2737	1.0190	0.5459
Std liq m3/h	1.4723	1.0306	0.8245	0.4417
Std vap 0 C m3/h	87.7425	61.4198	49.1358	26.3228
Cp J/kmol-K	1004852.7500	1004852.6250	1004852.6250	1004852.7500

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Stream No.	9	10	11	12
Name				
- - Overall - -				
Molar flow kmol/h	2.5500	1.7850	0.7650	1.1900
Mass flow kg/h	460.4116	322.2881	138.1235	214.8587
Temp C	35.0000	35.0000	35.0000	280.0000
Pres MPa	219.8000	219.8000	219.8000	220.0000
Vapor mole fraction	0.5309	0.5309	0.5309	0.5395
Enth MJ/h	-1458.4	-1020.9	-437.52	-558.68
Tc C	480.9861	480.9861	480.9861	480.9861
Pc MPa	18.0877	18.0877	18.0877	18.0877
Std. sp gr. wtr = 1	0.845	0.845	0.845	0.845
Std. sp gr. air = 1	6.234	6.234	6.234	6.234
Degree API	35.9697	35.9697	35.9697	35.9697
Average mol wt	180.5513	180.5513	180.5513	180.5513
Actual dens kg/m3	885.8632	885.8632	885.8633	739.1257
Actual vol m3/h	0.5197	0.3638	0.1559	0.2907
Std liq m3/h	0.5449	0.3814	0.1635	0.2543
Std vap 0 C m3/h	57.1555	40.0089	17.1467	26.6726
- - Vapor only - -				
Molar flow kmol/h	1.3538	0.9476	0.4061	0.6420
Mass flow kg/h	38.5061	26.9543	11.5518	18.2647
Average mol wt	28.4434	28.4434	28.4434	28.4516
Actual dens kg/m3	610.0957	610.0956	610.0958	508.0937
Actual vol m3/h	0.0631	0.0442	0.0189	0.0359
Std liq m3/h	0.1016	0.0711	0.0305	0.0482
Std vap 0 C m3/h	30.3432	21.2402	9.1030	14.3886
Cp J/kmol-K	42523.9102	42523.9102	42523.9102	63588.5898
Z factor	4.0002	4.0002	4.0002	2.6790
Visc Pa-sec	0.0001503	0.0001503	0.0001503	9.215e-005
Th cond W/m-K	0.1800	0.1800	0.1800	0.1562
- - Liquid only - -				
Molar flow kmol/h	1.1963	0.8374	0.3589	0.5481
Mass flow kg/h	421.9055	295.3338	126.5716	196.5940
Average mol wt	352.6898	352.6898	352.6899	358.7111
Actual dens kg/m3	923.9804	923.9804	923.9805	771.7270
Actual vol m3/h	0.4566	0.3196	0.1370	0.2547
Std liq m3/h	0.4433	0.3103	0.1330	0.2061
Std vap 0 C m3/h	26.8123	18.7686	8.0437	12.2839
Cp J/kmol-K	702276.3750	702276.3750	702276.3750	1004852.6875
Z factor	41.3437	41.3437	41.3437	23.8513
Visc Pa-sec	0.1142	0.1142	0.1142	0.001347
Th cond W/m-K	0.1316	0.1316	0.1316	0.0946
Surf. tens. N/m	0.0244	0.0244	0.0244	0.0119
Flow rates in kg/h				
Ethylene	38.5704	26.9993	11.5711	17.9995
Oxygen	4.4248	3.0973	1.3274	2.0649
2-2-[2-(2-ethyl	417.4164	292.1915	125.2249	194.7943

Stream No.	13	14	15
Name			
- - Overall - -			
Molar flow kmol/h	1.1900	0.2380	0.9520
Mass flow kg/h	214.8587	42.9717	171.8870
Temp C	35.0000	35.0000	35.0000
Pres MPa	219.8000	219.8000	219.8000
Vapor mole fraction	0.5309	0.5309	0.5309
Enth MJ/h	-680.59	-136.12	-544.47
Tc C	480.9861	480.9861	480.9861
Pc MPa	18.0877	18.0877	18.0877
Std. sp gr. wtr = 1	0.845	0.845	0.845
Std. sp gr. air = 1	6.234	6.234	6.234
Degree API	35.9697	35.9697	35.9697
Average mol wt	180.5513	180.5513	180.5513
Actual dens kg/m3	885.8631	885.8631	885.8631
Actual vol m3/h	0.2425	0.0485	0.1940
Std liq m3/h	0.2543	0.0509	0.2034
Std vap 0 C m3/h	26.6726	5.3345	21.3381
- - Vapor only - -			
Molar flow kmol/h	0.6318	0.1264	0.5054
Mass flow kg/h	17.9695	3.5939	14.3756
Average mol wt	28.4434	28.4434	28.4434
Actual dens kg/m3	610.0956	610.0957	610.0958
Actual vol m3/h	0.0295	0.0059	0.0236
Std liq m3/h	0.0474	0.0095	0.0379
Std vap 0 C m3/h	14.1601	2.8320	11.3281
Cp J/kmol-K	42523.9063	42523.9063	42523.9063
Z factor	4.0002	4.0002	4.0002
Visc Pa-sec	0.0001503	0.0001503	0.0001503
Th cond W/m-K	0.1800	0.1800	0.1800
- - Liquid only - -			
Molar flow kmol/h	0.5583	0.1117	0.4466
Mass flow kg/h	196.8892	39.3778	157.5114
Average mol wt	352.6899	352.6898	352.6899
Actual dens kg/m3	923.9804	923.9804	923.9804
Actual vol m3/h	0.2131	0.0426	0.1705
Std liq m3/h	0.2069	0.0414	0.1655
Std vap 0 C m3/h	12.5124	2.5025	10.0099
Cp J/kmol-K	702276.3750	702276.3750	702276.3750
Z factor	41.3437	41.3437	41.3437
Visc Pa-sec	0.1142	0.1142	0.1142
Th cond W/m-K	0.1316	0.1316	0.1316
Surf. tens. N/m	0.0244	0.0244	0.0244
Flow rates in kg/h			
Ethylene	17.9995	3.5999	14.3996
Oxygen	2.0649	0.4130	1.6519
2-2-[2-(2-ethyl	194.7943	38.9589	155.8354

Б.1 Моделювання реактора отримання поліетилену високого тиску

ORIGIN = 1

$$\tau := \frac{60}{3600} \quad t1 := 240 \quad T := t1 + 273.15 \quad \rho := 420$$

$$k10 := 1.2 \cdot 10^{14} \quad k20 := 9.7 \cdot 10^{20} \quad a1 := \ln(k10) = 32.419 \quad a2 := \ln(k20) = 48.324$$

$$P := 2288 \quad ga0 := 0.987 \quad gO0 := 160 \cdot 10^{-6}$$

$$x0 := \begin{pmatrix} 0.01 \\ 0.98 \end{pmatrix}$$

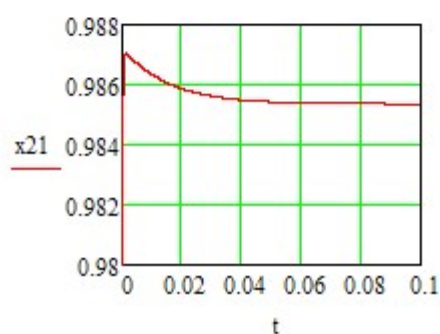
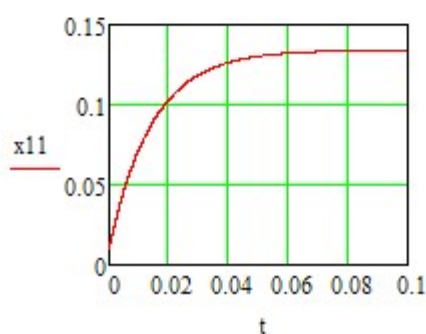
$$k1(P, T) := \exp \left[a1 + \frac{0.1485 \cdot (P - 1000) - 15415.6}{T} \right]$$

$$k2(P, T) := \exp \left[a2 + \frac{0.095 \cdot (P - 1000) - 23677.6}{T} \right]$$

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{-1}{\tau} \cdot x_1 + k1(P, T) \cdot [\rho \cdot ga0^{0.5} \cdot gO0^{0.5} \cdot (1 - x_1)^{1.5} \cdot (1 - x_2)^{0.5}] \\ \frac{-1}{\tau} \cdot x_2 + k2(P, T) \cdot \rho \cdot (1 - x_1) \cdot (1 - x_2) \cdot ga0 \end{bmatrix}$$

Z := rkfixed(x0, 0, 0.1, 10000, D)

$$t := Z^{(1)} \quad x11 := Z^{(2)} \quad x21 := Z^{(3)} \quad n := 0..10$$



$$t1 := 255 \quad T := t1 + 273.15$$

$$x0 := \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.98 \end{pmatrix}$$

$$k1(P, T) := \exp \left[a1 + \frac{0.1485 \cdot (P - 1000) - 15415.6}{T} \right]$$

$$k2(P, T) := \exp \left[a2 + \frac{0.095 \cdot (P - 1000) - 23677.6}{T} \right]$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ХА 5111 1490 001 ПЗ

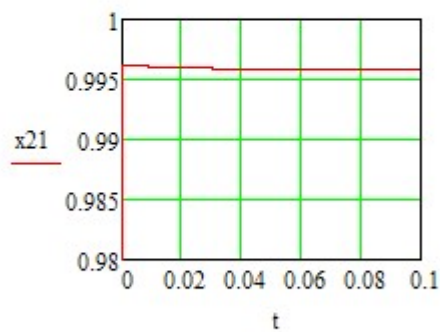
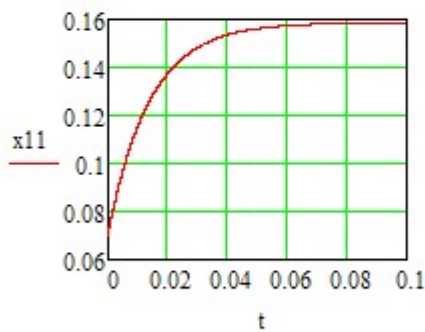
Арк.

73

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{-1}{\tau} \cdot x_1 + k1(P, T) \cdot \left[\rho \cdot ga0^{0.5} \cdot gO0^{0.5} \cdot (1 - x_1)^{1.5} \cdot (1 - x_2)^{0.5} \right] \\ \frac{-1}{\tau} \cdot x_2 + k2(P, T) \cdot \rho \cdot (1 - x_1) \cdot (1 - x_2) \cdot ga0 \end{bmatrix}$$

$Z := \text{rkfixed}(x0, 00, 0.1, 10000, D)$

$t := Z^{(1)} \quad x11 := Z^{(2)} \quad x21 := Z^{(3)} \quad n := 0..10$



$t1 := 275 \quad T := t1 + 273.15$

$x0 := \begin{pmatrix} 0.12 \\ 0.98 \end{pmatrix}$

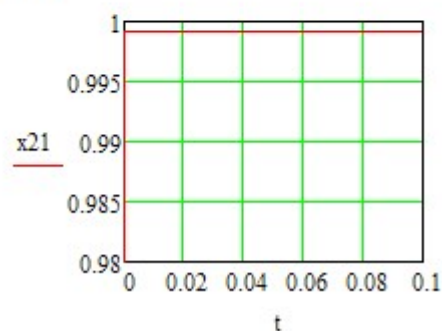
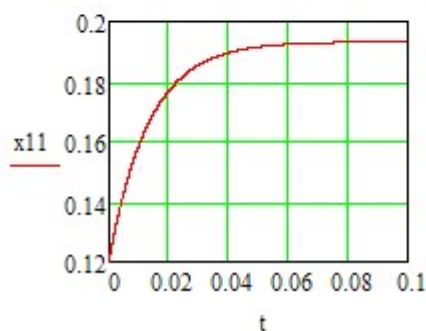
$k1(P, T) := \exp \left[a1 + \frac{0.1485 \cdot (P - 1000) - 15415.6}{T} \right]$

$k2(P, T) := \exp \left[a2 + \frac{0.095 \cdot (P - 1000) - 23677.6}{T} \right]$

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \frac{-1}{\tau} \cdot x_1 + k1(P, T) \cdot \left[\rho \cdot ga0^{0.5} \cdot gO0^{0.5} \cdot (1 - x_1)^{1.5} \cdot (1 - x_2)^{0.5} \right] \\ \frac{-1}{\tau} \cdot x_2 + k2(P, T) \cdot \rho \cdot (1 - x_1) \cdot (1 - x_2) \cdot ga0 \end{bmatrix}$$

$Z := \text{rkfixed}(x0, 00, 0.1, 10000, D)$

$t := Z^{(1)} \quad x11 := Z^{(2)} \quad x21 := Z^{(3)} \quad n := 0..10$



Б.2 Програмний розрахунок реактора отримання поліетилену високого тиску

Код форми MyForm.cpp

```
#include "MyForm.h"
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <iostream>
#include <string>
#include <iterator>
#include <algorithm>
#include <array>

using namespace std;
using namespace System;
using namespace System::Windows::Forms;

[STAThread]
void main(cli::array<String^>^ args) {
    Application::EnableVisualStyles();
    Application::SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
    Diplom::MyForm form;
    Application::Run(% form);
}
```

Код файлу заголовку MyForm.h

```
#pragma once

#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <iostream>
#include <string>
#include <iterator>
#include <algorithm>
#include <array>

using namespace std;

namespace Diplom {

    using namespace System;
    using namespace System::ComponentModel;
    using namespace System::Collections;
    using namespace System::Windows::Forms;
    using namespace System::Data;
    using namespace System::Drawing;

    /// <summary>
    /// Сводка для MyForm
```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

/// </summary>
public ref class MyForm : public System::Windows::Forms::Form
{
public:
    MyForm(void)
    {
        InitializeComponent();
        //
        //TODO: добавьте код конструктора
        //
    }

protected:
    /// <summary>
    /// Освободить все используемые ресурсы.
    /// </summary>
    ~MyForm()
    {
        if (components)
        {
            delete components;
        }
    }

protected:
private: System::Windows::Forms::RichTextBox^ richTextBox1;
private: System::Windows::Forms::GroupBox^ groupBox1;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxP;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxxO2;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxt3;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxt2;
private: System::Windows::Forms::Label^ label7;
private: System::Windows::Forms::Label^ label6;
private: System::Windows::Forms::Label^ label5;
private: System::Windows::Forms::Label^ label4;
private: System::Windows::Forms::Label^ label3;
private: System::Windows::Forms::Label^ label2;
private: System::Windows::Forms::Label^ label1;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxt1;
private: System::Windows::Forms::Button^ button1;
private: System::Windows::Forms::Button^ button2;
private: System::Windows::Forms::GroupBox^ groupBox3;
private: System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Chart^ chart1;
private: System::Windows::Forms::ToolStrip^ toolStrip1;
private: System::Windows::Forms::ToolStripDropDownButton^
toolStripDropDownButton1;
private: System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem^ зберегтиДаніToolStripMenuItem;
private: System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem^
очиститиПоляToolStripMenuItem;
private: System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem^ exitToolStripMenuItem;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxpo;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBoxx1;

```

```

private: System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem^ довідкаToolStripMenuItem;
private: System::Windows::Forms::Label^ label8;
private: System::Windows::Forms::Label^ label9;
private: System::Windows::Forms::Label^ label12;
protected:
private:
    /// <summary>
    /// Обязательная переменная конструктора.
    /// </summary>
    System::ComponentModel::Container ^components;

#pragma region Windows Form Designer generated code
    /// <summary>
    /// Требуемый метод для поддержки конструктора — не изменяйте
    /// содержимое этого метода с помощью редактора кода.
    /// </summary>
    void InitializeComponent(void)
    {
        System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartArea^
chartArea1 = (gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartArea());
        System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Legend^ legend1 =
(gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Legend());
        System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series^ series1 =
(gcnew System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Series());
        System::ComponentModel::ComponentResourceManager^ resources =
(gcnew System::ComponentModel::ComponentResourceManager(MyForm::typeid));
        this->richTextBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::RichTextBox());
        this->groupBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::GroupBox());
        this->textBoxpo = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->textBoxx1 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->textBoxP = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->textBoxxO2 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->textBoxt3 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->textBoxt2 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->label7 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label6 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label5 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label4 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label3 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label2 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label1 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->textBoxt1 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
        this->button1 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
        this->button2 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
        this->groupBox3 = (gcnew System::Windows::Forms::GroupBox());
        this->chart1 = (gcnew
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::Chart());
        this->toolStrip1 = (gcnew System::Windows::Forms::ToolStrip());
        this->toolStripDropDownButton1 = (gcnew
System::Windows::Forms::ToolStripDropDownButton());
        this->збергтиДаніToolStripMenuItem = (gcnew
System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem());

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

```

        this->очиститиПоляToolStripMenuItem = (gcnew
System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem());
        this->довідкаToolStripMenuItem = (gcnew
System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem());
        this->exitToolStripMenuItem = (gcnew
System::Windows::Forms::ToolStripMenuItem());
        this->label8 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label9 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->label12 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
        this->groupBox1->SuspendLayout();
        this->groupBox3->SuspendLayout();
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this-
>chart1))->BeginInit();
        this->toolStrip1->SuspendLayout();
        this->SuspendLayout();
        //
        // richTextBox1
        //
        this->richTextBox1->Location = System::Drawing::Point(16, 347);
        this->richTextBox1->Name = L"richTextBox1";
        this->richTextBox1->Size = System::Drawing::Size(538, 294);
        this->richTextBox1->TabIndex = 29;
        this->richTextBox1->Text = L"";
        //
        // groupBox1
        //
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxpo);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxx1);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxP);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxxO2);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxt3);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxt2);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label7);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label6);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label5);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label4);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label3);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label2);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->label1);
        this->groupBox1->Controls->Add(this->textBoxt1);
        this->groupBox1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New
Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(204)));
        this->groupBox1->Location = System::Drawing::Point(16, 37);
        this->groupBox1->Name = L"groupBox1";
        this->groupBox1->Size = System::Drawing::Size(538, 304);
        this->groupBox1->TabIndex = 31;
        this->groupBox1->TabStop = false;
        this->groupBox1->Text = L"Розрахунок степені перетворення речовин у
реактори";
        //
        // textBoxpo

```

```

//
this->textBoxpo->Location = System::Drawing::Point(387, 223);
this->textBoxpo->Name = L"textBoxpo";
this->textBoxpo->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxpo->TabIndex = 30;
//
// textBoxx1
//
this->textBoxx1->Location = System::Drawing::Point(387, 151);
this->textBoxx1->Name = L"textBoxx1";
this->textBoxx1->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxx1->TabIndex = 29;
//
// textBoxP
//
this->textBoxP->Location = System::Drawing::Point(387, 260);
this->textBoxP->Name = L"textBoxP";
this->textBoxP->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxP->TabIndex = 28;
//
// textBoxxO2
//
this->textBoxxO2->Location = System::Drawing::Point(387, 186);
this->textBoxxO2->Name = L"textBoxxO2";
this->textBoxxO2->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxxO2->TabIndex = 27;
//
// textBoxt3
//
this->textBoxt3->Location = System::Drawing::Point(387, 114);
this->textBoxt3->Name = L"textBoxt3";
this->textBoxt3->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxt3->TabIndex = 25;
//
// textBoxt2
//
this->textBoxt2->Location = System::Drawing::Point(387, 76);
this->textBoxt2->Name = L"textBoxt2";
this->textBoxt2->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
this->textBoxt2->TabIndex = 23;
//
// label7
//
this->label7->AutoSize = true;
this->label7->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label7->Location = System::Drawing::Point(22, 264);
this->label7->Name = L"label7";
this->label7->Size = System::Drawing::Size(183, 21);
this->label7->TabIndex = 22;
this->label7->Text = L"Тиск у реакторі, МПа";

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

```

//
// label6
//
this->label6->AutoSize = true;
this->label6->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label6->Location = System::Drawing::Point(22, 227);
this->label6->Name = L"label6";
this->label6->Size = System::Drawing::Size(258, 21);
this->label6->TabIndex = 21;
this->label6->Text = L"Густина реагуючої маси, кг/м3";
//
// label5
//
this->label5->AutoSize = true;
this->label5->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label5->Location = System::Drawing::Point(22, 190);
this->label5->Name = L"label5";
this->label5->Size = System::Drawing::Size(298, 21);
this->label5->TabIndex = 20;
this->label5->Text = L"Ступінь перетворення кисню, O2";
//
// label4
//
this->label4->AutoSize = true;
this->label4->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label4->Location = System::Drawing::Point(22, 155);
this->label4->Name = L"label4";
this->label4->Size = System::Drawing::Size(308, 21);
this->label4->TabIndex = 19;
this->label4->Text = L"Ступінь перетворення етилену, C2H4";
//
// label3
//
this->label3->AutoSize = true;
this->label3->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label3->Location = System::Drawing::Point(22, 118);
this->label3->Name = L"label3";
this->label3->Size = System::Drawing::Size(217, 21);
this->label3->TabIndex = 18;
this->label3->Text = L"Температура в III зоні, °C";
//
// label2
//
this->label2->AutoSize = true;

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

```

        this->label2->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
            static_cast<System::Byte>(204)));
        this->label2->Location = System::Drawing::Point(22, 80);
        this->label2->Name = L"label2";
        this->label2->Size = System::Drawing::Size(211, 21);
        this->label2->TabIndex = 17;
        this->label2->Text = L"Температура в II зоні, °C";
        //
        // label1
        //
        this->label1->AutoSize = true;
        this->label1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
            static_cast<System::Byte>(204)));
        this->label1->Location = System::Drawing::Point(22, 43);
        this->label1->Name = L"label1";
        this->label1->Size = System::Drawing::Size(205, 21);
        this->label1->TabIndex = 16;
        this->label1->Text = L"Температура в I зоні, °C";
        //
        // textBox1
        //
        this->textBox1->Location = System::Drawing::Point(387, 39);
        this->textBox1->Name = L"textBox1";
        this->textBox1->Size = System::Drawing::Size(100, 29);
        this->textBox1->TabIndex = 15;
        //
        // button1
        //
        this->button1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New
Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
            static_cast<System::Byte>(204)));
        this->button1->Location = System::Drawing::Point(577, 605);
        this->button1->Name = L"button1";
        this->button1->Size = System::Drawing::Size(302, 36);
        this->button1->TabIndex = 33;
        this->button1->Text = L"Позрахунок";
        this->button1->UseVisualStyleBackColor = true;
        this->button1->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::Button1_Click);
        //
        // button2
        //
        this->button2->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New
Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
            static_cast<System::Byte>(204)));
        this->button2->Location = System::Drawing::Point(996, 605);
        this->button2->Name = L"button2";
        this->button2->Size = System::Drawing::Size(302, 36);
        this->button2->TabIndex = 34;
        this->button2->Text = L"Стандартні значення";

```

```

        this->button2->UseVisualStyleBackColor = true;
        this->button2->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::Button2_Click);
        //
        // groupBox3
        //
        this->groupBox3->Controls->Add(this->chart1);
        this->groupBox3->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New
Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(204)));
        this->groupBox3->Location = System::Drawing::Point(577, 37);
        this->groupBox3->Name = L"groupBox3";
        this->groupBox3->Size = System::Drawing::Size(721, 384);
        this->groupBox3->TabIndex = 35;
        this->groupBox3->TabStop = false;
        this->groupBox3->Text = L"Графік залежності ступення перетворення
етилену від часу";
        //
        // chart1
        //
        chartArea1->Name = L"ChartArea1";
        this->chart1->ChartAreas->Add(chartArea1);
        this->chart1->Dock = System::Windows::Forms::DockStyle::Fill;
        legend1->Name = L"Legend1";
        this->chart1->Legends->Add(legend1);
        this->chart1->Location = System::Drawing::Point(3, 25);
        this->chart1->Name = L"chart1";
        this->chart1->Palette =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartColorPalette::Bright;
        series1->ChartArea = L"ChartArea1";
        series1->ChartType =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Spline;
        series1->Legend = L"Legend1";
        series1->Name = L"Series1";
        this->chart1->Series->Add(series1);
        this->chart1->Size = System::Drawing::Size(715, 356);
        this->chart1->TabIndex = 31;
        this->chart1->Text = L"chart1";
        //
        // toolStrip1
        //
        this->toolStrip1->Items->AddRange(gcnew cli::array<
System::Windows::Forms::ToolStripItem^ >(1) { this->toolStripDropDownButton1 });
        this->toolStrip1->Location = System::Drawing::Point(0, 0);
        this->toolStrip1->Name = L"toolStrip1";
        this->toolStrip1->Size = System::Drawing::Size(1312, 25);
        this->toolStrip1->TabIndex = 36;
        this->toolStrip1->Text = L"toolStrip1";
        //
        // toolStripDropDownButton1
        //

```

```

        this->toolStripDropDownButton1->DisplayStyle =
System::Windows::Forms::ToolStripItemDisplayStyle::Text;
        this->toolStripDropDownButton1->DropDownItems->AddRange(gcnew
cli::array< System::Windows::Forms::ToolStripItem^ >(4) {
            this->зберегтиДаніToolStripMenuItem,
            this->очиститиПоляToolStripMenuItem, this-
>довідкаToolStripMenuItem, this->exitToolStripMenuItem
        });
        this->toolStripDropDownButton1->Image =
(cli::safe_cast<System::Drawing::Image^>(resources-
>GetObject(L"toolStripDropDownButton1.Image")));
        this->toolStripDropDownButton1->ImageTransparentColor =
System::Drawing::Color::Magenta;
        this->toolStripDropDownButton1->Name = L"toolStripDropDownButton1";
        this->toolStripDropDownButton1->Size = System::Drawing::Size(49, 22);
        this->toolStripDropDownButton1->Text = L"Файл";
        //
        // зберегтиДаніToolStripMenuItem
        //
        this->зберегтиДаніToolStripMenuItem->Name =
L"зберегтиДаніToolStripMenuItem";
        this->зберегтиДаніToolStripMenuItem->Size = System::Drawing::Size(157,
22);
        this->зберегтиДаніToolStripMenuItem->Text = L"Зберегти дані";
        this->зберегтиДаніToolStripMenuItem->Click += gcnew
System::EventHandler(this, &MyForm::зберегтиДаніToolStripMenuItem_Click);
        //
        // очиститиПоляToolStripMenuItem
        //
        this->очиститиПоляToolStripMenuItem->Name =
L"очиститиПоляToolStripMenuItem";
        this->очиститиПоляToolStripMenuItem->Size =
System::Drawing::Size(157, 22);
        this->очиститиПоляToolStripMenuItem->Text = L"Очистити поля";
        this->очиститиПоляToolStripMenuItem->Click += gcnew
System::EventHandler(this, &MyForm::ОчиститиПоляToolStripMenuItem_Click);
        //
        // довідкаToolStripMenuItem
        //
        this->довідкаToolStripMenuItem->Name = L"довідкаToolStripMenuItem";
        this->довідкаToolStripMenuItem->Size = System::Drawing::Size(157, 22);
        this->довідкаToolStripMenuItem->Text = L"Довідка";
        this->довідкаToolStripMenuItem->Click += gcnew
System::EventHandler(this, &MyForm::ДовідкаToolStripMenuItem_Click);
        //
        // exitToolStripMenuItem
        //
        this->exitToolStripMenuItem->Name = L"exitToolStripMenuItem";
        this->exitToolStripMenuItem->Size = System::Drawing::Size(157, 22);
        this->exitToolStripMenuItem->Text = L"Exit";
        this->exitToolStripMenuItem->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::ExitToolStripMenuItem_Click);

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83


```

//
// label8
//
this->label8->AutoSize = true;
this->label8->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label8->Location = System::Drawing::Point(715, 427);
this->label8->Name = L"label8";
this->label8->Size = System::Drawing::Size(57, 21);
this->label8->TabIndex = 37;
this->label8->Text = L"I зона";
//
// label9
//
this->label9->AutoSize = true;
this->label9->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman",
14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label9->Location = System::Drawing::Point(886, 427);
this->label9->Name = L"label9";
this->label9->Size = System::Drawing::Size(63, 21);
this->label9->TabIndex = 38;
this->label9->Text = L"II зона";
//
// label12
//
this->label12->AutoSize = true;
this->label12->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New
Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Regular, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(204)));
this->label12->Location = System::Drawing::Point(1060, 427);
this->label12->Name = L"label12";
this->label12->Size = System::Drawing::Size(69, 21);
this->label12->TabIndex = 39;
this->label12->Text = L"III зона";
//
// MyForm
//
this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);
this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;
this->ClientSize = System::Drawing::Size(1312, 653);
this->Controls->Add(this->label12);
this->Controls->Add(this->label9);
this->Controls->Add(this->label8);
this->Controls->Add(this->toolStrip1);
this->Controls->Add(this->groupBox3);
this->Controls->Add(this->button2);
this->Controls->Add(this->button1);
this->Controls->Add(this->groupBox1);
this->Controls->Add(this->richTextBox1);
this->Name = L"MyForm";

```

```

        this->Text = L"Диплом";
        this->groupBox1->ResumeLayout(false);
        this->groupBox1->PerformLayout();
        this->groupBox3->ResumeLayout(false);
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this-
>chart1))->EndInit();
        this->toolStrip1->ResumeLayout(false);
        this->toolStrip1->PerformLayout();
        this->ResumeLayout(false);
        this->PerformLayout();

    }
#pragma endregion
    DataTable^ TablePr;
    DataSet^ DataPr;
    OpenFileDialog^ openFileDialog1 = gcnew OpenFileDialog;

private: System::Void Button1_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    setlocale(LC_ALL, "Ukrainian");
    richTextBox1->Clear();
    chart1->Series["Series1"]->Points->Clear();
    double h, k1, m1, k2, m2, k3, m3, k4, m4, dx1, dx2, x1, t1, t2, t3, P, po, xO2, time;
    TablePr = gcnew DataTable();
    DataPr = gcnew DataSet();
    if (textBox1->Text != "" && textBox2->Text != "" && textBox3->Text != "" &&
textBoxP->Text != "" && textBoxpo->Text != "" && textBoxx1->Text != "" && textBoxxO2-
>Text != "")
    {
        t1 = double::Parse(textBox1->Text);
        t2 = double::Parse(textBox2->Text);
        t3 = double::Parse(textBox3->Text);
        P = int::Parse(textBoxP->Text);
        po = int::Parse(textBoxpo->Text);
        x1 = double::Parse(textBoxx1->Text);
        xO2 = double::Parse(textBoxxO2->Text);
        TablePr->Columns->Add("Time");
        TablePr->Columns->Add("X(C2H4)");
        DataRow^ RowPr = TablePr->NewRow();
        RowPr = TablePr->NewRow();
        RowPr["Time"] = (0).ToString("F0");
        RowPr["X(C2H4)"] = x1.ToString("F5");
        h = 0.02;
        double k10 = 1.2 * pow(10.0, 14);
        double k20 = 9.7 * pow(10.0, 20);
        double a1 = log(k10);
        double a2 = log(k20);
        double Temp1 = t1 + 273.15;
        P = P * 10.4;
        double step1 = x1;
        double ga0 = 0.987, gO0 = 160 * pow(10.0, -6);
        double vot1 = a1 + ((0.1485 * (P - 1000) - 15415.6) / Temp1);
        double vot2 = a2 + ((0.095 * (P - 1000) - 23677.6) / Temp1);
    }
}

```

```

double kont1 = exp(vot1);
double kont2 = exp(vot2);
double tau = -1 / (60.0 / 3600);
double fp1 = po * pow(ga0, 0.5) * pow(gO0, 0.5);
h = 0.0001;
String^ rez1;
rez1 = rez1 + String::Format("При значенні температури (І зона) = {0:F0}
", t1) + String::Format(" та тиск = {0:F0} атм", P) + String::Format(", щільність суміші = {0:F0}
кг/м3", po) + "\r\n";
rez1 = rez1 + String::Format("Константи швидкості: k1 = {0:F2}", kont1) +
String::Format(" та k2 = {0:F2}", kont2) + "\r\n";
rez1 = rez1 + String::Format("Час, хв = 0,0000") + String::Format(";
x(C2H4) = {0:F4}", x1) + String::Format("; x(O2) = {0:F4}", xO2) + "\r\n";
double i = 0.0001;
//xO2 = 0;
for (double i = 0.0001; i <= 0.1; i = i + h)
{
    k1 = h * (tau * x1 + kont1 * (fp1 * pow((1 - x1), 1.5) * pow((1 - xO2),
0.5)));
    k2 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k1) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k1)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k3 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k2) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k2)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k4 = h * (tau * (x1 + k3) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + k3)), 1.5) *
pow((1 - (xO2 + h)), 0.5)));
    dx1 = (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6;
    m1 = h * (tau * xO2 + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - xO2) * ga0);
    m2 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m1) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m1)) * ga0);
    m3 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m2) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m2)) * ga0);
    m4 = h * (tau * (xO2 + m3) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 + m3))
* ga0);
    dx2 = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6;
    x1 = x1 + dx1;
    xO2 = xO2 + dx2;
    rez1 = rez1 + String::Format("Час. хв = {0:F4}", i) +
String::Format("; x(C2H4) = {0:F4}", x1) + String::Format("; x(O2) = {0:F4}", xO2) + "\r\n";
    time = i * 100;
    RowPr = TablePr->NewRow();
    RowPr["Time"] = time.ToString("F0");
    RowPr["X(C2H4)"] = x1.ToString("F5");
    //RowPr["X(O2)"] = (xO2/5000).ToString("F5");
    TablePr->Rows->Add(RowPr);
}
k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0; k4 = 0, m1 = 0, m2 = 0, m3 = 0, m4 = 0;
//xO2 = double::Parse(textBoxxO2->Text);
double step2 = x1;
x1 = (x1 + step1) / 2;
double Temp2 = t2 + 273.15;
vot1 = a1 + ((0.1485 * (P - 1000) - 15415.6) / Temp2), vot2 = a2 + ((0.095 *
(P - 1000) - 23677.6) / Temp2);

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

kont1 = exp(vot1), kont2 = exp(vot2);
rez1 = rez1 + String::Format("При значенні температури (II зона) = {0:F0}
", t2) + "\r\n";
for (double i = 0.1001; i <= 0.2; i = i + h)
{
    k1 = h * (tau * x1 + kont1 * (fp1 * pow((1 - x1), 1.5) * pow((1 - xO2),
0.5)));
    k2 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k1) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k1)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k3 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k2) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k2)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k4 = h * (tau * (x1 + k3) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + k3)), 1.5) *
pow((1 - (xO2 + h)), 0.5)));
    dx1 = (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6;
    m1 = h * (tau * xO2 + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - xO2) * ga0);
    m2 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m1) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m1)) * ga0);
    m3 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m2) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m2)) * ga0);
    m4 = h * (tau * (xO2 + m3) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 + m3))
* ga0);
    dx2 = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6;
    x1 = x1 + dx1;
    xO2 = xO2 + dx2;
    rez1 = rez1 + String::Format("Час. xB = {0:F4}", i) +
String::Format("; x(C2H4) = {0:F4}", x1) + String::Format("; x(O2) = {0:F4}", xO2) + "\r\n";
    time = i * 100;
    RowPr = TablePr->NewRow();
    RowPr["Time"] = time.ToString("F0");
    RowPr["X(C2H4)"] = x1.ToString("F5");
    //RowPr["X(O2)"] = (xO2/5000).ToString("F5");
    TablePr->Rows->Add(RowPr);
}
k1 = 0, k2 = 0, k3 = 0; k4 = 0, m1 = 0, m2 = 0, m3 = 0, m4 = 0;
//xO2 = double::Parse(textBoxxO2->Text);
x1 = (x1 + step2) / 2;
double Temp3 = t3 + 273.15;
vot1 = a1 + ((0.1485 * (P - 1000) - 15415.6) / Temp3), vot2 = a2 + ((0.095 *
(P - 1000) - 23677.6) / Temp3);
kont1 = exp(vot1), kont2 = exp(vot2);
rez1 = rez1 + String::Format("При значенні температури (III зона) =
{0:F0} ", t3) + "\r\n";
for (double i = 0.2001; i <= 0.3001; i = i + h)
{
    k1 = h * (tau * x1 + kont1 * (fp1 * pow((1 - x1), 1.5) * pow((1 - xO2),
0.5)));
    k2 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k1) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k1)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k3 = h * (tau * (x1 + 0.5 * k2) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + 0.5 *
k2)), 1.5) * pow((1 - (xO2 + h * 0.5)), 0.5)));
    k4 = h * (tau * (x1 + k3) + kont1 * (fp1 * pow((1 - (x1 + k3)), 1.5) *
pow((1 - (xO2 + h)), 0.5)));

```

					ХА 5111 1490 001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

dx1 = (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6;
m1 = h * (tau * xO2 + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - xO2) * ga0);
m2 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m1) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m1)) * ga0);
m3 = h * (tau * (xO2 + 0.5 * m2) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 +
0.5 * m2)) * ga0);
m4 = h * (tau * (xO2 + m3) + kont2 * po * (1 - x1) * (1 - (xO2 + m3))
* ga0);

dx2 = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6;
x1 = x1 + dx1;
xO2 = xO2 + dx2;
rez1 = rez1 + String::Format("Час. хВ = {0:F4}", i) +
String::Format("; x(C2H4) = {0:F4}", x1) + String::Format("; x(O2) = {0:F4}", xO2) + "\r\n";
time = i * 100;
RowPr = TablePr->NewRow();
RowPr["Time"] = time.ToString("F0");
RowPr["X(C2H4)"] = x1.ToString("F5");
//RowPr["X(O2)"] = (xO2/5000).ToString("F5");
TablePr->Rows->Add(RowPr);
}
chart1->DataSource = TablePr;
chart1->Series["Series1"]->XValueMember = "Time";
chart1->Series["Series1"]->YValueMembers = "X(C2H4)";
chart1->DataBind();
/*chart2->DataSource = TablePr;
chart2->Series["Series2"]->XValueMember = "Time";
chart2->Series["Series2"]->YValueMembers = "X(O2)";
chart2->DataBind();*/
rez1 = rez1 + "Параметри ректора" + "\r\n";
rez1 = rez1 + "Довжина = 8 м; ємність = 0.250 м3; радіус = 0.4 м;
кількість обертів за хвилину 1500." + "\r\n";
richTextBox1->Text = rez1;
}
else MessageBox::Show("Можливо, не всі поля заповнені.\nПеревірте дані і
спробуйте ще раз.");
}
private: System::Void Button2_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
richTextBox1->Clear();
textBox1->Text = "220";
textBox2->Text = "240";
textBox3->Text = "250";
textBoxP->Text = "220";
textBoxpo->Text = "420";
textBoxx1->Text = "0,01";
textBoxxO2->Text = "0,98";
}
private: System::Void ExitToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender, System::EventArgs^
e) {
Close();
}
private: System::Void ЗберегтиДаніToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {

```

```

SaveFileDialog^ saveFileDialog1 = gcnew SaveFileDialog();
saveFileDialog1->Filter = "Зображення Jpeg|*.jpg|Зображення Bitmap|*.bmp|Зображення
Gif|*.gif";
saveFileDialog1->Title = "Зберегти файл зображення";
saveFileDialog1->ShowDialog();
if (saveFileDialog1->FileName != "")
{
    System::IO::FileStream^ fs = safe_cast<System::IO::FileStream^>(saveFileDialog1-
>OpenFile());
    switch (saveFileDialog1->FilterIndex)
    {
        case 1:
            this->chart1->SaveImage(fs,
System::Drawing::Imaging::ImageFormat::Jpeg);
            break;
        /*case 2:
            this->chart2->SaveImage(fs,
System::Drawing::Imaging::ImageFormat::Jpeg);
            break;*/
    }
    fs->Close();
}
auto f = System::IO::File::CreateText("D:\\Результат.txt");
f->WriteLine(richTextBox1->Text);
f->Close();
}
private: System::Void ОчиститиПоляToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    textBox1->Text = "";
    textBox2->Text = "";
    textBox3->Text = "";
    textBoxP->Text = "";
    textBoxpo->Text = "";
    textBoxx1->Text = "";
    textBoxxO2->Text = "";
    richTextBox1->Clear();
    chart1->Series["Series1"]->Points->Clear();
}
private: System::Void ДовідкаToolStripMenuItem_Click(System::Object^ sender,
System::EventArgs^ e) {
    MessageBox::Show("Програма призначена для розрахунку отримання
поліетилену високого тиску в автоклавному реакторі.\r\nДля початку роботи програми
введіть вхідні данні або натисніть кнопку 'Стандартні значення'. \r\nДалі натисніть кнопку
'Розрахунок'.", "Довідка", MessageBoxButtons::OK, MessageBoxIcon::Asterisk);
}
};
}

```

Додаток В

В.1 Специфікація устаткування

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Витрата	Кисень, трубопровід	10 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 20 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-20-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	1 од.
2-1	Витрата	Етилен, трубопровід	1 030 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 40 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-40-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	1 од.
3-1, 4-1	Витрата	Суміш етилену та поліетилену, трубопровід	1 500, 1 200 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 40 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-40-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	2 од.
5-1	Витрата	Поліетилен, трубопровід	1 000 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 40 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-40-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	1 од.
6-1, 9-1	Витрата	Суміш етилену та поліетилену, трубопровід	300, 200 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 25 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-25-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	2 од.
8-1, 10-1	Витрата	Низькомолекулярний поліетилен, трубопровід	100, 50 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, P _y = 10 МПа; D _{тр} = 20 мм; сталь 12X18H10T	ДФК-10-20-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	2 од.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-1, 10-1	Витрата	Низькомолекулярний поліетилен, трубопровід	100, 50 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 20$ мм; сталь 12Х18Н10Т	ДФК-10-20-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	2 од.
7-1, 11-1	Витрата	Етилен, трубопровід	200, 150 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 25$ мм; сталь 12Х18Н10Т	ДФК-10-25-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	2 од.
12-1	Витрата	Кисень, трубопровід	5 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10$ МПа; $D_{тр} = 20$ мм; сталь 12Х18Н10Т	ДФК-10-20-А/Б	ПАТ Івано-Франківський завод «Промприлад»	1 од.
1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 12-2	— — —	— — —	— — —	Щит керування	Вимірювальний П-регулятор двопозиційний Вх. сигнал 4 - 20 мА; вих. 4 - 20 мА; клас точності 0,25. Напруга живлення 0 - 1В, від -50 до +50 мВ. Максимальна похибка вимірювань 0,15 %. Діапазон робочих температур від -20 до +50 °С	ТРМ1	ВАТ «ОВЕН» м. Харків	12 од.
13-1, 14-1, 16-1, 17-1, 18-1	Тиск	Мембранний	0,5, 2, 30 МПа	Місцевий	Вимірювальний перетворювач з мембранним розділювачем; Робочий тиск від -0,1 до 100 МПа; Вихідний сигнал 4-20 мА; Клас точності 1	РС-28	«ГК Європрилад» с. Софіївська Борщагівка	5 од.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15-1	— — —	— — —	220 МПа	Місцевий	Датчик тиску, діапазон надлишкового тиску: від 0 до 250 МПа; основна похибка: 0,35%; I _{вх} = 4...20 мА; I _{вих} = 4...20 мА	DMP 334	ГК «Промприбор» м. Москва	1 од.
13-2, 14-2, 15-2, 16-2, 17-2, 18-2	— — —	— — —	— — —	Щит керування	Вимірювальний П-регулятор двопозиційний Вх. сигнал 4 - 20 мА; вих. 4 - 20 мА; клас точності 0,25. Напруга живлення 0 - 1В, від -50 до +50 мВ. Максимальна похибка вимірювань 0,15 %. Діапазон робочих температур від -20 до +50 °С	TRM1	ВАТ «ОВЕН», м. Харків	6 од.
19-1	Темпера тура	Суміш кисню та етилену, підігрівач	240 °С	Місцевий	Термоелектричний перетворювач; T _{вх} = -40 °С ... +600 °С; Довжина монтажною частини 50 мм; Інерційність 5 с; I _{вхк} = 4...20 мА	ТХА-2388	НВО «Електротермія» », м. Луцьк	1 од.
20-1	Темпера тура	Суміш етилену та поліетилену, реактор	255 °С	Місцевий	Термоелектричний перетворювач; T _{вх} = -40 °С ... +600 °С; Довжина монтажною частини 50 мм; Інерційність 5 с; I _{вхк} = 4...20 мА	ТХА-2388	НВО «Електротермія» », м. Луцьк	1 од.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23-1	Температура	Суміш етилену та поліетилену, реактор	275 °C	Місцевий	Термоелектричний перетворювач; $T_{\text{эк}} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +600\text{ }^{\circ}\text{C}$; Довжина монтажною частини 50 мм; Інерційність 5 с; $I_{\text{вхк}} = 4 \dots 20\text{ мА}$	ТХА-2388	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.
19-1, 20-1	Температура	Суміш етилену та поліетилену, охолоджувач	35 °C	Місцевий	Термоелектричний перетворювач; $T_{\text{эк}} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +600\text{ }^{\circ}\text{C}$; Довжина монтажною частини 50 мм; Інерційність 5 с; $I_{\text{вхк}} = 4 \dots 20\text{ мА}$	ТХА-2388	НВО «Електротермія», м. Луцьк	2 од.
17-2, 18-2, 19-2, 20-2	— — —	— — —	— — —	Щит керування	Вимірювальний ПІД-регулятор одноканальний Вх. сигнал 4 - 20 мА; вих. 4 - 20мА; клас точності 0,25. Напруга живлення 0 - 1В, від -50 до +50мВ. Максимальна похибка вимірювань 0,15 %. Діапазон робочих температур від -20 до +50 °C	ТРМ10	«ОВЕН», м. Харків	4 од.
17-3, 18-3, 19-3, 20-3	— — —	— — —	— — —	Трубопровід	Електричний одновитковий виконавчий механізм, номінальний обертовий момент на валу - 16 Н·м; Номінальний час повного ходу - 25 с	МЭО 16/25-0,25-82	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан	4 од.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13-2	— —	— —	— —	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад, $I_{ex} = 4 \dots 20$ мА;	ДИСК-250	ЗАО «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ	1 од.
HL1	— —	— —	— —	— —	Лампа електрична сигнальна, $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц	ЛС-151	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.
SB1, SB2	— —	Двигун	— —	Щит керування	Пост керування кнопковий, кількість елементів управління – 2 Номинальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номинальний тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15-21-131-УЗ	ЗАТ «Променергоавтоматика», м. Київ	2 од.
SA1	— —	— —	— —	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання Номинальна робоча напруга: змінна (частота 50...60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номинальний тепловий струм – 10А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам'янецьПодільський електромеханічний завод», м. Кам'янець Подільський	1 од.
МП1	— —	— —	— —	Місцевий	Пускач магнітний безконтактний нереверсивний $I = 160$ А, робоча напруга 220...380 В, потужність 45 кВт	ПМ-12160210 УЧВ	ВО «Електро-прибор», м. Чебоксари	1 од.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ХА 5111 1490 001 ПЗ

Арк.

95