

**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
очищення газів моноетаноламіном»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ХА-51

Лопаносов Ілля Юрійович _____

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. _____

(підпис)

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

(підпис)

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

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект		
2	A4	ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Пояснювальна записка	93	
3	A1	ДП ХА 5108 1490 002	Технологічна схема автоматизації	1	
4	A4	ДП ХА 5108 1490 003 СП	Специфікація до технологічної схеми автоматизації	4	
5	A1	ДП ХА 5108 1490 004	Кресленик монтажу технічного засобу автоматизації на об'єкті	1	
6	A1	ДП ХА 5108 1490 005	Алгоритм обчислювального модуля	1	
7	A1	ДП ХА 5108 1490 006	Результати економіко-організаційних розрахунків	1	
				ДП ХА 5108 1490 000	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Лопаносов			Відомість дипломного проекту	Лист
Керівн.	Бугаєва				1
Консульт.	Складанний				Листів
Н/контр.	Шахновський				1
Зав. каф.	Бойко				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КХТП Гр. ХА-51

**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

(підпис) Т.В.Бойко

«19» лютого 2019 р

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

Лопаносову Іллі Юрійовичу

1. Тема проекту Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу очищення газів моноетаноламіном, керівник проекту Бугасва 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 _____

Реферат

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ,
ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ МОНОЕТАНОЛАМІНОМ, МОДЕЛЮВАННЯ,
МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС.

Пояснювальна записка 93 с., 30 рис., 15 табл., 6 додатків, 16 джерел.

Темою даного проекту є комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу очищення газів моноетаноламіном.

Метою даного проекту є проектування установки очищення газів моноетаноламіном методами комп'ютерного моделювання, розробка обчислювального модуля та системи автоматизації.

Виконано комп'ютерне моделювання технологічного процесу в середовищі Hysys, визначено основні технологічні параметри та розраховано матеріальний баланс.

Розроблено алгоритм проектування із застосуванням математичної моделі реактора ідеального витіснення в стаціонарному ізотермічному режимі.

Розроблено обчислювальний модуль для проведення розрахунку в інтегрованому комп'ютерному середовищі C#.

Розроблено схему автоматизації процесу, яка містить 16 контурів для контролю, сигналізації і регулювання, витрати, температури, рівня і тиску. Обрані необхідні пристрої контролю і регулювання.

Представлено складальний кресленик монтажу термометру опору на об'єкті.

Проведено розрахунки основних техніко-економічних показників процесу очищення газу розчином моноетаноламіну із врахуванням автоматизації.

Виявлено основні небезпечні фактори на виробництві, розглянуто заходи з охорони праці. Наведено технічні рішення з техніки безпеки.

Реферат

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ОЧИСТКА ГАЗОВ МОНОЭТАНОЛАМИНОМ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС.

Пояснительная записка 93 с., 30 рис., 15 табл., 6 приложений, 16 источников.

Темой данного проекта является компьютерное моделирование и автоматизация процесса очистки газов моноэтаноломином.

Целью данного проекта является проектирование установки очистки газов моноэтаноломином методами компьютерного моделирования, разработка вычислительного модуля и системы автоматизации.

Выполнено компьютерное моделирование технологического процесса в среде Nysys, определены основные технологические параметры и рассчитан материальный баланс.

Разработан алгоритм проектирования с применением математической модели реактора идеального вытеснения в стационарном изотермическом режиме.

Разработан вычислительный модуль для проведения расчета в интегрированной компьютерной среде C#.

Разработана схема автоматизации процесса, которая содержит 16 контуров для контроля, сигнализации и регулирования, расхода, температуры, уровня и давления. Выбраны необходимые устройства контроля и регулирования.

Представлен сборочный чертеж монтажа термометра сопротивления на объекте.

Проведены расчеты технико-экономических показателей процесса очистки газа раствором моноэтаноломина с учетом автоматизации.

Выявлены основные опасные факторы на производстве, рассмотрены мероприятия по охране труда. Приведены технические решения по технике безопасности.

Abstract

COMPUTER MODELING, AUTOMATION, GAS CLEANING PROCESS WITH MONOETHANOLAMINE, MODELING, MATERIAL BALANCE.

Explanatory note 93 p., 30 figures., 15 tables., 6 appendixes, 16 sources.

The topic of this project is Computer modelling and automation of gas cleaning process with monoethanolamine.

The purpose of this project is to design plant of gas cleaning with monoethanolamine by computer modeling, development of a computing module and automation system.

Computer simulation of the technological process in the Hysys environment has been carried out, the main technological parameters have been determined and the material balance has been calculated.

The algorithm of designing with application of mathematical model a plug flow reactor in stationary isothermal mode is developed.

A computational module for calculating the C # programming language has been developed.

The process automation scheme, which contains 16 contours for monitoring, signaling and regulation, flow, temperature, level and pressure, is developed. The necessary control and control devices are selected.

Assembly drawing of the installation of a resistance thermometer at the facility is presented.

The calculations of the main technical and economic parameters of the gas cleaning process with monoethanolamine with the account of automation are carried out.

The basic dangerous factors on a production are revealed, considered measures for occupational safety. Technical safety solutions are given.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП	11
1 Опис процесу очищення газів розчином моноетаноламіну.....	12
1.1 Загальні відомості про процеси сіркоочистки газу	12
1.2 Основні технології очищення природного газу.....	13
1.3 Моноетаноламіновий спосіб очистки газу	16
1.4 Опис технології очищення газів водним розчином моноетаноламіна ...	19
1.5 Вибір параметрів амінової очистки.....	20
2 Розрахунок матеріальних балансів процесу очищення природного газу розчином моноетаноламіну.....	24
2.1 Моделювання технологічної схеми в програмі Hysys	24
2.1.1 Початок розрахунку.....	25
2.1.2 Аміновий абсорбер	26
2.1.3 Регенератор.....	28
2.2 Аналіз результатів.....	30
3 Розробка програмного модуля для абсорбційної колони	32
3.1 Розробка математичної моделі абсорбера	32
3.2 Метод Рунге-Кутта четвертого порядку.....	35
3.3 Алгоритм розрахунку	36
3.4 Розробка програмного модуля в інтегрованому комп'ютерному середовищі C#	37
3.5 Аналіз отриманих результатів	39
4 Автоматизація технологічної схеми процесу очищення газів розчином моноетанолініу	42
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	42

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лопаносов			Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу очищення газів розчином моноетаноламіну	Реценз.	Арк.	Аркушів
Перевір.							7	93
Реценз.								
Н. Контр.		Шахновський						
Затверд.		Бугаєва						

4.2	Визначення параметрів автоматизації	43
4.3	Опис схеми автоматизації	45
5	Економіко – організаційні розрахунки	47
5.1	Цех на підприємстві у промисловій структурі держави	47
5.2	Класифікація виробничих процесів в цеху та оптимальний вид руху предметів праці.....	48
5.3	Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції для синхронізованого ВРПП.	50
5.4	Розрахунок кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу явочну і за списком, графік змінності.....	51
5.5	Визначення порядку технічного контролю: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці.....	52
5.6	Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	53
5.6.1	Баланс споживання оборотних засобів цеху	53
5.6.2	Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень.....	55
5.7	Розрахунки з урахуванням автоматизації виробництва.....	57
5.7.1	Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень.....	59
6	Охорона праці	61
6.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів на об'єкті, що проектується	61
6.1.1	Виробниче освітлення	64
6.1.2	Повітря робочої зони	65
6.1.3	Електробезпека.....	67
6.1.4	Пожежна безпека	70
6.2	Засоби індивідуального захисту працівників.....	72
6.3	Заходи для забезпечення охорони праці.....	73
	ВИСНОВКИ.....	78
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ДОДАТКИ.....	81
Додаток А.....	82
Додаток Б	83
Додаток В	84
Додаток Г	88
Додаток Д.....	89
Додаток Е	93

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МЕА – Моноетаноламін;

ppm – Мільйонна частка;

D – Діаметр апарата, м;

A – Питома поверхня контакту фаз, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

ψ – Частка ефективної поверхні;

T – Температура процесу, К;

P – Тиск в апараті, МПа;

c – Концентрація речовини, кмоль/ м^3 ;

v – Витрата речовини в нормальних умовах, $\text{м}^3/\text{год}$;

β – Коефіцієнт масопереносу компонента, $\text{м}/\text{год}$;

k_2 – Константа швидкості бімолекулярної реакції, $\text{м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{год})$;

W – Об'ємна характеристика інтенсивності газорідинної хемосорбції;

F – Ефективна поверхня контакту фаз, м^2 ;

Φ – Коефіцієнт прискорення масопередачі;

S – Селективність поглинання компонента;

R – Кінетичний параметр реакції псевдо першого порядку.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Як відомо весь видобутий природний газ перед використанням в промисловості чи в якості пального в житлових будинках повинен бути очищений від шкідливих домішок, таких як сірководень та діоксид вуглецю. Вміст цих речовин в газі негативно впливає на стан технологічного обладнання, скорочуючи термін їх служби і підвищуючи корозію. При цьому сірководень є сильною нервово-паралітичною отрутою концентрація якого вище 1 мг/м³ смертельна.

Для очищення газу найбільш широкого застосування знайшли хемосорбційні методи, в тому числі очистка розчином моноетаноламіну.

Метою даної дипломної роботи є комп'ютерне моделювання процесу очищення газів розчином моноетаноламіном та проектування автоматизованої системи керування технологічним процесом. Також розраховується економічна доцільність застосування автоматизації на даному виробництві. Виявляються то аналізуються шкідливі та небезпечні фактори на виробництві, визначаються заходи для їх усунення.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 Опис процесу очищення газів розчином моноетаноламіну

1.1 Загальні відомості про процеси сіркоочистки газу

Сірководень – безбарвний газ із запахом тухлих яєць і солодкуватим смаком. Хімічна формула – H_2S . Густина при н.у. (0°C , 760 мм рт. ст.) $\rho_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{н.у.}} = 1,5392 \text{ г/см}^3$. Молярна маса $M_{\text{H}_2\text{S}} = 34,082 \text{ г/моль}$. Температура кипіння $T_{\text{кип}} = -60^\circ\text{C}$. Температура плавлення $T_{\text{пл.}} = -82^\circ\text{C}$. Розчинність у воді при н.у. – 3 об/об. Суміші сірководню з повітрям вибухонебезпечні в межах концентрацій H_2S (% об.) – 4÷45.

Сірководень сильна нервово-паралітична отрута: гостре отруєння настає при концентрації 0,2–0,3 мг/м³, концентрація вище 1 мг/м³ смертельна. Гранично-допустима максимально-разова концентрація сірководню в повітрі населених місць $\text{ГДК}_{\text{м.р.}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$.

Сірководень - кислота, що викликає хімічну і електрохімічну (в присутності води) корозію металів. При певних умовах відбувається сульфідне розтріскування металів.

Відзначається корозійна дія газу з вмістом 0,025 % H_2S і вище, цей відсоток вважається «порогом» корозійної концентрації сірководню, нижче якого присутність H_2S вважається «слідами». Однак наявність інших чинників (високий тиск, наявність H_2O , O_2) можуть призвести до корозії і при меншому вмісті сірководню.

Таким чином, очищення газу від сірководню потрібно не тільки за вимогами санітарно-гігієнічного контролю, але і диктується виробничою необхідністю:

- захистити труби, апаратуру і обладнання від корозії при транспортуванні, переробці та використанні газу;
- мати газ, придатний для побутового, енергетичного та промислового використання.
- отримати шляхом переробки очищених газів продукти належної

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

конденсації без домішки сірчистих сполук [2].

Допустимий вміст сірководню в очищеному вуглеводневому газі по ГОСТ 5542-87 «Гази горючі природні для промислового та комунально-побутового призначення. Технічні умови» п.1.1 не повинен перевищувати 0,02 г/м³ [8].

1.2 Основні технології очищення природного газу

Існує велика кількість методів очистки природного газу, які умовно відносять до трьох груп - абсорбційні, адсорбційні та каталітичні методи. Найбільш широко поширені абсорбційні методи, що допускають будь-який початковий вміст домішок в газі. Адсорбційні процеси використовують при невеликому початковому вмісту домішок (3-5% об.), проте вони дозволяють глибоко очистити газ.

Абсорбційні методи за характером абсорбенту що використовується ділять на методи хімічної абсорбції (хемосорбції), фізичної абсорбції, комбіновані і окисні.

Хемосорбційні процеси засновані на хімічній взаємодії сірководню з активним компонентом абсорбенту, в якості якого в цих процесах застосовують аміни. Процеси хімічної абсорбції характеризуються високою вибірковістю по відношенню до кислих компонентів і дозволяють досягати високого ступеня очищення від сірководню.

Процеси фізичної абсорбції засновані на фізичному розчиненні видобутих компонентів в різних абсорбентах. На відміну від хемосорбційних способів, метод фізичної адсорбції дозволяє разом з сірководнем і діоксидом вуглецю вилучати оксисульфід вуглецю, сірковуглець, меркаптани. Тому в деяких випадках (при високих парціальних тисках кислих компонентів і коли не потрібно тонке очищення газу) економічніше використовувати фізичні абсорбенти, які в порівнянні з хімічними відрізняються істотно нижчими витратами на регенерацію.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

У комбінованих процесах використовують зазвичай змішані поглиначі - хемосорбенти та абсорбенти. Комбінований метод дозволяє досягати тонкого очищення газу не тільки від сірководню і діоксиду вуглецю, а й від сірко-органічних з'єднань.

Окисні процеси засновані на незворотному перетворенні сірководню що поглинається сорбентом в елементну сірку. Сорбент в цьому випадку містить каталізатор окислення і являє собою водно-лужний розчин каталізатора, в якості якого, наприклад, використовують комплексне з'єднання хлориду заліза з динатрієвою сіллю етилендіамінтетраоцтової кислоти або гарячий розчин миш'якових солей лужних металів.

Адсорбційні методи очищення газу засновані на селективному вилученні сірководню твердими поглиначами - адсорбентами. При цьому сірководень може вступати в хімічну взаємодію з адсорбентом (хімічна адсорбція) або утримуватися фізичними силами взаємодії (фізична адсорбція). Хімічна адсорбція не знайшла широкого промислового застосування через складнощі, що виникають на стадії регенерації відпрацьованого адсорбенту. Фізична адсорбція відрізняється легкістю регенерації адсорбенту і широко використовується в промислових процесах для тонкого очищення газів від сірководню, діоксиду вуглецю і сіркоорганічних з'єднань. Як адсорбенти найбільшого поширення знайшли активне вугілля і синтетичні цеоліти.

Недоліками процесів адсорбційного очищення газу є відносно високі експлуатаційні витрати і полуперіодичність процесу, в зв'язку з чим ці процеси частіше використовують для тонкого очищення газу від залишкової кількості сірководню та інших кислих компонентів після попереднього очищення методом абсорбції.

Каталітичні методи очищення газу від кислих компонентів використовують в тих випадках, коли в газі присутні сірчані з'єднання, недостатньо повно видаляються за допомогою рідких поглиначів або

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

адсорбентів.

У промисловості застосовуються методи каталітичного гідрування, засновані на взаємодії сірчаних сполук з воднем (гідрування) або з водяною парою (гідроліз). В якості каталізаторів в цих процесах використовують оксиди кобальту, нікелю і молібдену, нанесені на оксид алюмінію.

Провідне місце в світовій практиці в області очищення газів від кислих компонентів займають амінові процеси. Вони застосовуються для очищення природного газу вже кілька десятиліть, але до теперішнього часу залишаються основними - приблизно 70% від загального числа установок [2].

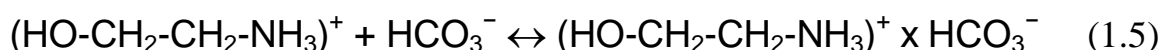
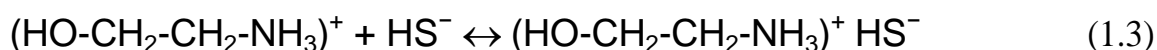
Для порівняння в таблиці наведено перелік основних процесів, що застосовуються для очищення різних газів.

Таблиця 1.1 - Основні процеси очищення природного газу

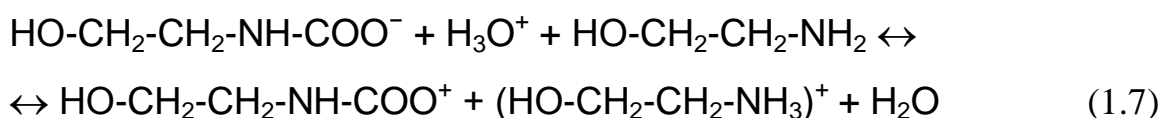
Процес	Абсорбент
1. Процеси з хімічними абсорбентами	
Амінові, в тому числі:	алканоламіни вода
амін-гард	діетаноламін (моноетаноламін) + вода
Адіп	діізопропаноламін (метилдіетаноламін) + вода
економін	діглікольамін + вода
Бенфілд	карбонат калію + вода + добавки бенфілд
Катакарб	розчин патоша + інгібітор корозії + каталізатор
Сульфурекс	Луг + вода
Бішофітно-содова	Луг + вода + каталізатор «Антисера»
Серокс-газ-1, Серокс-газ-2	Водно-лужний каталітичний комплекс
2. Процеси з фізичними абсорбентами	
Ректизол	холодний метанол
Пуризол	N- метилпіролідон
Флюор	Пропіленкарбонат
Селексол	Диметилловий ефір поліетіленкліколя
Сепасолв-МПЕ	Діалкіловий ефір поліетіленкліколя
Естасольван	Трибутилфосфат
3. Процеси з фізико-хімічними і змішаними абсорбентами	
Сульфінол	діізопропаноламін (метилдіетаноламін) + вода + сульфолан
Оптизол	амін + фізичний розчинник + вода
Флексорб	просторово ускладнений амін + (фізичний розчинник) + вода
Укарсол	вторинний або третинний амін + фізичний розчинник + вода
4. Адсорбційні процеси	
ГІАП-10	Адсорбент ГІАП-10

1.3 Моноетаноламіновий спосіб очистки газу

Для МЕА-способу хемосорбентом є водний розчин моноетаноламіна з вмістом 15-30% мас. Більш високий вміст МЕА застосовують тільки при використанні високоефективних інгібіторів корозії. Реакція МЕА з сірководнем і діоксидом вуглецю протікає за схемою:



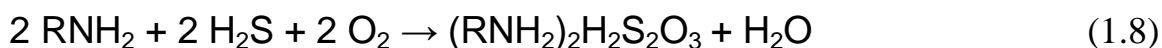
Первинні і вторинні аміни (МЕА і ДЕА), на відміну від третинних, здатні вступати в безпосередню взаємодію з CO_2 з утворенням карбомата за схемою:



Константи дисоціації МЕА, H_2S і H_2CO_3 у воді дорівнюють відповідно $3,2 \cdot 10^{-5}$; $6,1 \cdot 10^{-8}$; $4,5 \cdot 10^{-7}$. З цих даних випливає оборотність реакцій, тобто проходження їх не до кінця, що лімітується ступенем дисоціації.

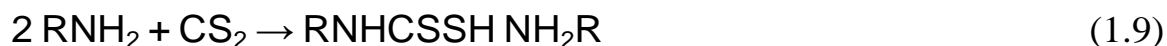
Розчини МЕА забезпечують тонку очистку газу від H_2S і CO_2 в широкому діапазоні концентрацій. МЕА легко регенерується, хімічно стабільний і в порівнянні з іншими амінами мало поглинає вуглеводні [4].

Істотними недоліками МЕА є його відносно висока реакційна здатність по відношенню до органічних сполук сірки, що містяться в газі, і висока корозійна активність його розчинів. Крім цього, відзначено, що реакція МЕА з H_2S може протікати в присутності слідів кисню з утворенням нерегенованого з'єднання тиосульфата етаноламіну:



					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Крім цього, якщо в очищуваному газі присутній CS_2 , то реакція з сірковуглецем йде з утворенням важко регенеруємої сполуки:



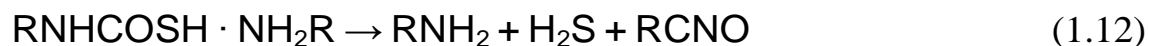
Утворений сульфід розкладається при кип'яченні на 45-50% з утворенням гірничного масла і MEA:



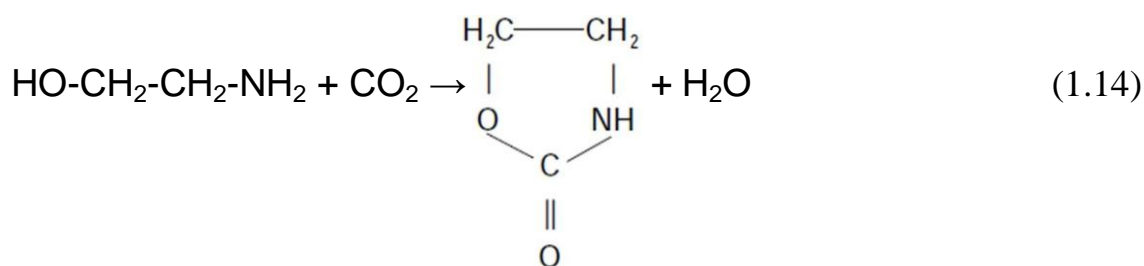
Реакція MEA з карбонілсульфід також йде з утворенням важко розкладаємої сполуки:



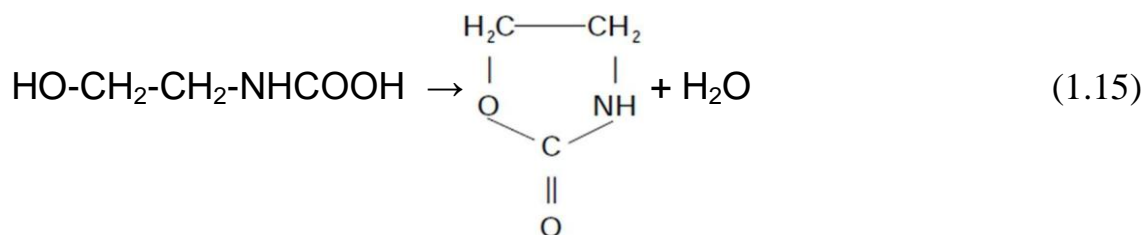
При кип'ятінні така сполука розкладається з утворенням лише 40% MEA, який брав участь в його утворенні:



При підвищених температурах MEA реагує з CO_2 з утворенням не розкладаємих сполук. Спочатку утворюється оксазолідон-2:

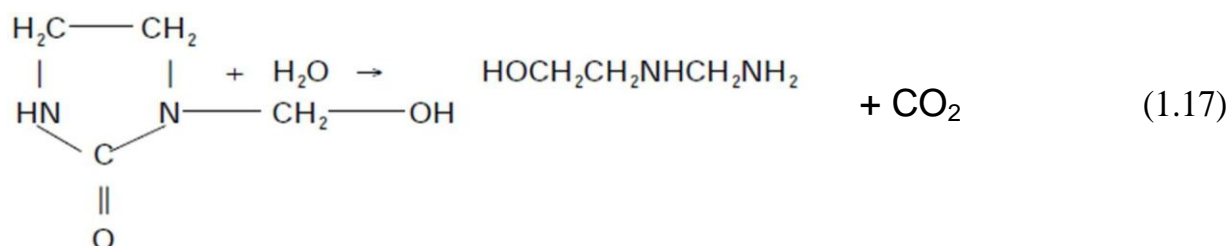
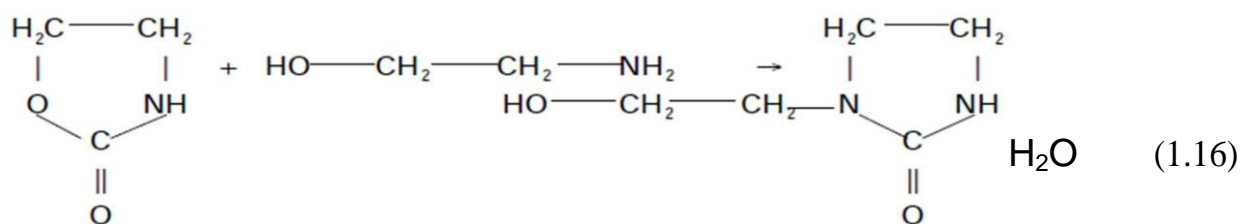


Він утворюється також при повільних перетвореннях N-оксіетілкарбамінової кислоти:



					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

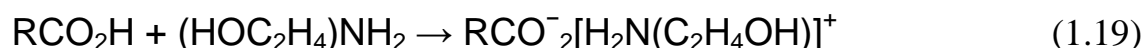
Далі може протікати цілий ряд хімічних реакцій:



Продукт реакції (1.16) - висококипляча, погано розчинна у воді кристалічна речовина. Тому вона може забивати апаратуру. Продукт реакції (1.17) - добре розчинна у воді рідина, що має лужну реакцією і викликає підсилену реакцію обладнання [4].

МЕА порівняно легко окислюється спочатку з утворенням α -аміноальдегіда, Потім гліцину, гліколевої, щавлевої і, нарешті, мурашиної кислот. Ці кислоти також призводять до корозії з утворенням нерозчинних сполук заліза.

Крім того, при попаданні в аміновий розчин органічних кислот в абсорбері на першій стадії утворюються за реакцією (1.18) амінові мила, що викликають сильне піноутворення. На другій стадії по реакції (1.19) утворюються малорозчинні аміді карбонових кислот:



Аміді карбонових кислот практично не піддаються регенерації і випадають з розчинів насиченого і регенованого амінів в зонах

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

оохолодження, тобто утворюють тверді опади на внутрішніх поверхнях теплообмінників. Крім того, розчини амідів також є однією з причин спінування в абсорбері. Відносно перетворень (1.18) і (1.19) розчини МЕА більш реакційноздатні, ніж розчини інших амінів. Це є одним з недоліків МЕА як абсорбентів H_2S і CO_2 .

Температурні умови регенерації розчинів МЕА обмежені, з одного боку, досить високим тиском насичених парів, прискоренням побічних реакцій і, з іншого боку, важкою для регенерації через низьку константи дисоціації сульфиду МЕА і інших з'єднань при відносно низьких температурах. Цим, в свою чергу, обумовлена відносно висока залишкова концентрація H_2S і CO_2 в регенованому розчині МЕА [4].

1.4 Опис технології очищення газів водним розчином моноетаноламіна

На рис. 2 представлена схема очищення газу розчином МЕА. Надходячий на очистку газ і абсорбент подаються в абсорбер А-1 протитоком. Насичений кислими компонентами газу розчин з низу абсорбера А-1 подається в верхню частину десорбера Д-1, попередньо підігріваючись в теплообміннику Т-2 регенованим розчином МЕА. Моноетаноламін, в свою чергу, додатково охолоджується водою або повітрям в теплообміннику Т-1, подається на верх абсорбера. Кислий газ з десорбера Д-1 охолоджується для конденсації водяної пари в Т-3, а конденсат- флегма безперервно повертається назад в систему для підтримки заданої концентрації розчину МЕА. Зазвичай в схемі передбачено експанзер Е-1, де за рахунок зниження тиску насиченого розчину виділяються фізично розчинені в абсорбенті вуглеводні. Експанзерний газ після очищення використовується в якості паливного або компримується і подається в потік вихідного газу [1].

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

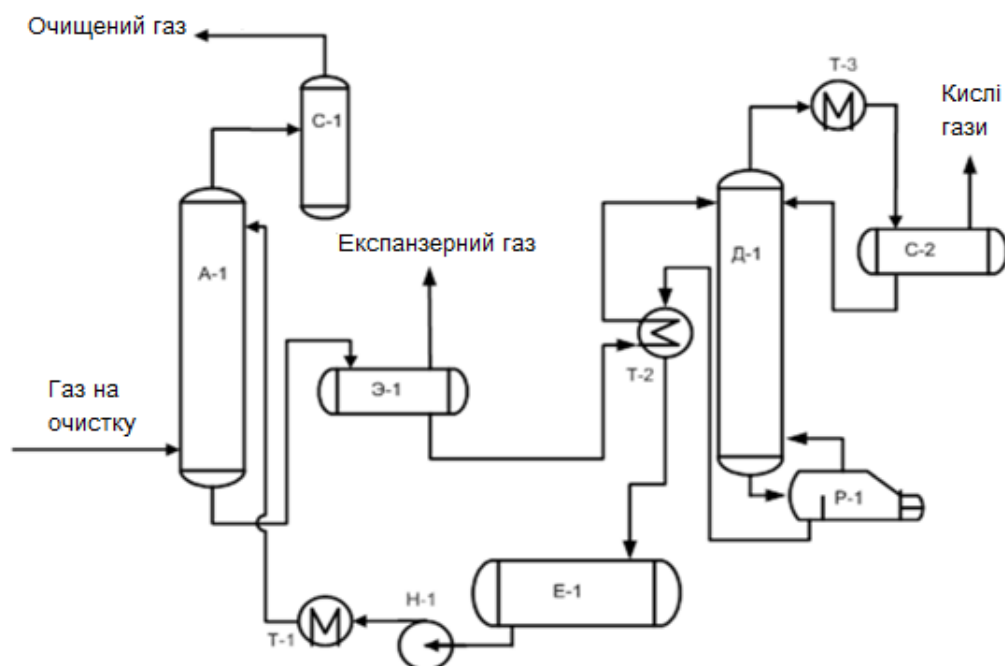


Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема очищення газів розчином моноетаноламіну:

А-1 – абсорбер; Д-1 – десорбер; Э-1 – експанзер; Е-1 – ємність для регенованого абсорбента; Т-1,2,3 – теплообмінники; Н-1 – насос; Р-1 – ребойлер; С-1,2 – сепаратор

1.5 Вибір параметрів амінової очистки

Вибір аміну.

При виборі параметрів абсорбційної очистки потрібно мати на увазі два основних механізми абсорбції CO_2 . Велика частина діоксиду вуглецю поглинається розчинами МЕА і ДЕА з утворенням карбамату з досягненням ступеня поглинання 0,5 моль/моль. Перетворення карбаматної структури в бікарбаматну з подальшим перебігом кислотно-основної реакції дозволяє досягти ступеня поглинання 1 моль/моль. При цьому підвищується рівноважна концентрація CO_2 в газовій фазі за рахунок сповільнення швидкості хемосорбції. З третинними амінами взаємодія CO_2 по карбаматні типу неможлива через відсутність рухомого атому водню у азоті, що обумовлює селективне вилучення CO_2 в присутності H_2S .

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Якщо в газі що очищається присутні COS і CS₂, то використовувати первинні аміни (MEA) недоцільно внаслідок утворення і накопичення в абсорбенті нерегенерованих і важко регенерованих з'єднань.

В цілому первинні аміни більш реакційноздатні та рівноважний тиск CO₂ и H₂S над їх розчинами нижче, ніж над розчинами вторинних амінів. Тому при загальному надмірному тиску нижче 0,7 МПа застосовують тільки первинні аміни.

Гранично допустима поглинальна здатність абсорбенту обмежується як нормами допустимої корозії апаратури, так і гранично допустимою теплою хемосорбції. Корозійні обмеження на концентрацію первинних амінів в розчині становлять 0,5 моль/л, вторинних амінів - 0,85 моль/л. Теплота реакції кислих газів з первинними амінами на 25% вище, ніж з вторинними, що визначає для кожного з амінів свої критичні обмеження при очищенні газів з високим вмістом кислих компонентів [3].

Вибір концентрації розчину аміну.

Використання амінових розчинів високих концентрацій дає можливість зменшити обсяг циркулюючого розчину і внаслідок цього скоротити витрати на перекачування розчину, проте призводить до ряду небажаних явищ:

- підвищується кількість поглинутих кислих компонентів в одиниці маси розчину, що призводить до надмірного підвищення температури аміну за рахунок збільшення сумарного теплового ефекту;

- підвищується температура кипіння розчину, а, отже, збільшується витрата пари на регенерацію;

- збільшується в'язкість розчину, внаслідок чого знижуються коефіцієнти масо-і теплопередачі і підвищуються енерговитрати на циркуляцію розчину. Більш того, в'язкі розчини амінів проявляють більшу схильність до спінювання;

- збільшується гнучкість парів амінового розчину, що призводить до зростання втрат за рахунок випаровування;

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

– концентровані розчини мають велику розчинну здатність по відношенню до вуглеводнів, що одночасно призводить до виділення додаткової кількості теплоти в абсорбері і підвищення навантаження на експансер.

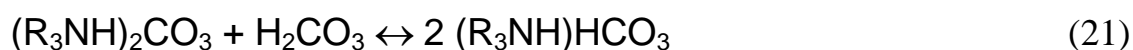
Оптимальна масова частка: МЕА - 12-25%, ДЕА - 20-30%, МДЕА - 30-50%. Вимоги до залишкового змісту кислих компонентів в регенованих амінах визначається природою використовуваного аміну і встановлюється в межах: для МЕА - 0,1 моль/моль, для ДЕА - 0,02 моль/моль, для МДЕА - 0,03 моль/моль [3].

Вплив температури абсорбції.

Зниження температури абсорбції призводить до підвищення вилучення цільових компонентів, але знижує селективність процесу внаслідок зростання розчинності вуглеводнів в амінових розчинах і збільшує ймовірність гідратуутворення.

Підвищення температури збільшує селективність процесу по відношенню до кислих компонентів, але може привести до зростання залишкового вмісту кислих компонентів в очищеному газі. Крім того, підвищення температури призводить до збільшення вмісту вологи очищеного газу, що призводить до зростання споживання гліколю на його осушення і збільшує енерговитрати на регенерацію осушувача. Ступінь впливу температури на селективність процесу визначається природою аміну і в більшій мірі помітна при використанні теоретичних амінів.

Взаємодія H_2S з будь-якими амінами протікає з утворенням гидросульфіда і сульфіді миттєво. Підвищення температури до певної межі (до 70 °C) буде насамперед позначатися на освіті малостійкою вугільної кислоти, що призводить до значного зниження ступеня вилучення CO_2 [3].



					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Вплив тиску.

Підвищення тиску при незмінних температурі і концентрації аміну збільшує ступінь очищення газу від кислих компонентів, так як зростає рушійна сила процесу. Тому якщо необхідно очищати газ низького тиску, то доцільно попередньо компримувати його. Зазвичай очищення газу розчинами аміну здійснюють при тиску від 2 до 7 МПа.

Аналіз вищеописаного матеріалу показує, що розроблені і успішно впроваджуються в світі технології сіркоочистки природного газу розраховані на високі продуктивності по сировині і далеко не завжди можуть бути адаптовані для підготовки ПНГ. Відносно невеликі обсяги і особливості складу (високий вміст важких вуглеводнів C_{5+} , співвідношення сірководню до вуглекислого газу) перешкоджають використанню класичних установок алканоламінової очищення для видалення сірководню з попутного газу.

Невід'ємною стадією амінової технології сіркоочищення газу є регенерація абсорбенту при його нагріванні до 110-130°C з утворенням кр нерірованного Аміновен розчину і «кислого газу», що містить переважно сірководень і діоксид вуглецю.

Переробка кислого газу вимагає додаткової технології утилізації сірководню перетворенням в елементну сірку в процесі високотемпературного каталітичного окислення на установці Клауса, яка через високу капіталомісткість і енергоспоживання діє тільки в складі великих газопереробних комплексів і має продуктивність не менше 5000 т/рік сірки [3].

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2 Розрахунок матеріальних балансів процесу очищення природного газу розчином моноетаноламіну

Моделювання і розрахунок технологічної схеми проводився в Aspen HYSYS, який являє собою програмний пакет, призначений для моделювання в стаціонарному і динамічному режимах технологічної схеми, проектування хіміко-технологічних виробництв, контролю продуктивності обладнання, оптимізації і бізнес-планування в області видобутку і переробки вуглеводнів і нафтохімії.

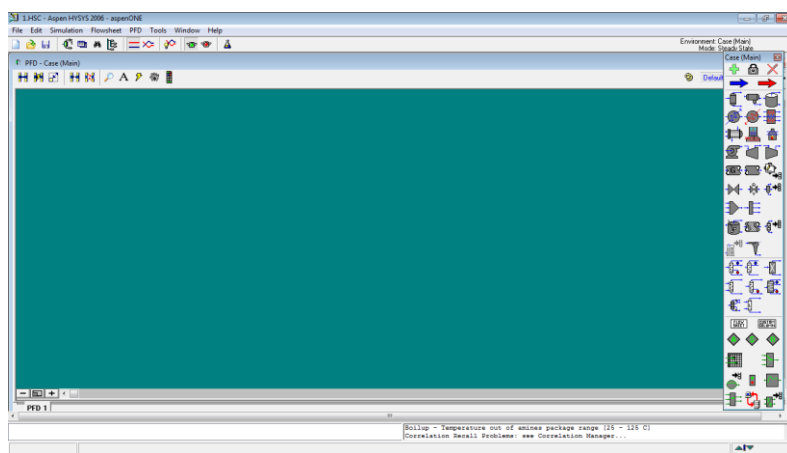


Рисунок 2.1 - Головне вікно програми HYSYS

2.1 Моделювання технологічної схеми в програмі Hysys

Природний газ надходить в аміновий абсорбер (Mea contactor), в якості абсорбуючого агента використовується водний розчин моноетаноламіна з вмістом аміну 28 ваг.%. Аміновий абсорбер має 20 реальних тарілок. Після абсорбції насичений розчин аміну дроселюється з 70 кг/см^2 до 6 кг/см^2 і підігрівається до 95°C , після чого надходить в регенератор. Регенератор також містить 20 реальних тарілок. Кислий газ виходить з регенератора з температурою 80°C , а регенований амін - з температурою 124°C . Потік регенованого аміну охолоджується і знову надходить у абсорбер.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.1.1 Початок розрахунку

Для розрахунку скористаємося стандартним пакетом амінів, який розробив Д. Б. Робінсон. Вікно вибору стандартних пакетів речовин показано на рисунку 2.2.

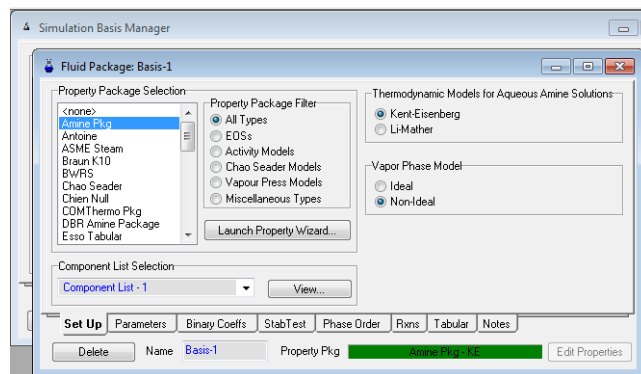


Рисунок 2.2 - Вибір стандартного пакету речовин

Обраний пакет використовується для моделювання систем аміні-вуглеводні-вода. Обираємо компоненти: N_2 , CO_2 , H_2S , C_1 , C_2 , C_3 , iC_4 , nC_4 , iC_5 , nC_5 , C_6 , C_7 , H_2O і моноетаноламін (MEA).

Склад і умови потоку природного газу наведені на рисунку 2.3.

	Mole Fractions		
Nitrogen	0.001613	Stream Name	SOUR GAS
CO2	0.041642	Vapour / Phase Fraction	1.0000
H2S	0.017343	Temperature [C]	30.00
Methane	0.876404	Pressure [kPa]	6895
Ethane	0.039626	Molar Flow [kgmole/h]	1245
Propane	0.009377	Mass Flow [kg/h]	2.391e+004
i-Butane	0.002622	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	69.53
n-Butane	0.002924	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	1.375e+004
i-Pentane	0.001412	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	191.8
n-Pentane	0.001210	Heat Flow [kJ/h]	1.713e+007
n-Hexane	0.001815	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	<empty>
n-Heptane	0.004013	Fluid Package	Basis-2
H2O	0.000000		
MEAmine	0.000000		

Рисунок 2.3 - Склад і умови потоку природного газу

Перед розрахунком амінового абсорбера слід задати склад і умови для потоку розчину аміну (Mea to contactor). Потім ці величини будуть перераховуватися системою в рециклі [16].

	Mole Fractions		
Nitrogen	0.000000	Stream Name	MEA TO CONT
CO2	0.023317	Vapour / Phase Fraction	0.0000
H2S	0.000000	Temperature [C]	35.00
Methane	0.000000	Pressure [kPa]	6860
Ethane	0.000000	Molar Flow [kgmole/h]	1863
Propane	0.000000	Mass Flow [kg/h]	4.312e+004
i-Butane	0.000000	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	43.27
n-Butane	0.000000	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.794e+004
i-Pentane	0.000000	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	85.75
n-Pentane	0.000000	Heat Flow [kJ/h]	-5.206e+007
n-Hexane	0.000000	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	42.09
n-Heptane	0.000000	Fluid Package	Basis-2
H2O	0.837194		
MEAmine	0.139490		

Рисунок 2.4 - Склад і умови потоку розчину МЕА

2.1.2 Аміновий абсорбер

Щоб встановити абсорбер обираємо операцію колона-абсорбер та встановлюємо параметри колони (рисунок 2.5). При використанні амінового пакета колони розраховуються на реальні тарілки. Абсорбційна ефективність тарілок розраховується системою, для цього необхідно задати розміри тарілок.

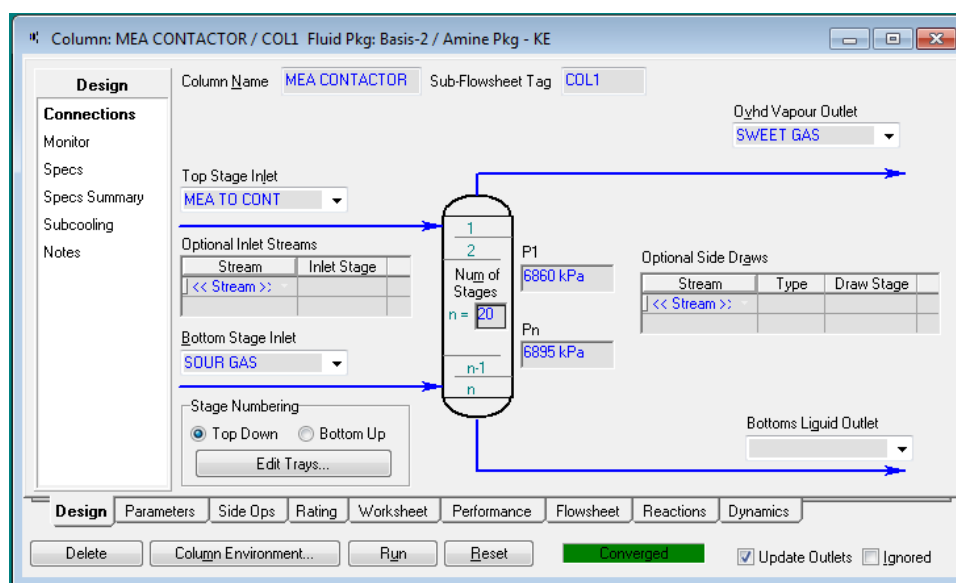


Рисунок. 2.5 - Параметри абсорбера

Задаємо розміри тарілок амінового абсорбера (Mea Contactor) як показано на рисунку 2.6. Ці параметри задаються на вкладці «Параметри», сторінка «Аміни». Абсорбційна ефективність тарілок буде розрахована виходячи з висоти шару рідини на тарілці і часу контакту пари і рідини.

Tray Section Dimensions for Amine Package	
Tray Section	TS-1
Weir Height [m]	5,000e-002
Weir Length [m]	1,200
Tray Volume [m3]	0,8836
Tray Diameter [m]	1,500

Рисунок 2.6 - Параметри тарілок абсорбера

Запускаємо колону на розрахунок. Після того, як розрахунок зійдеться, переходимо на сторінку «Профілі» вкладки «Параметри» щоб побачити результати по тарілках (рисунок 2.7).

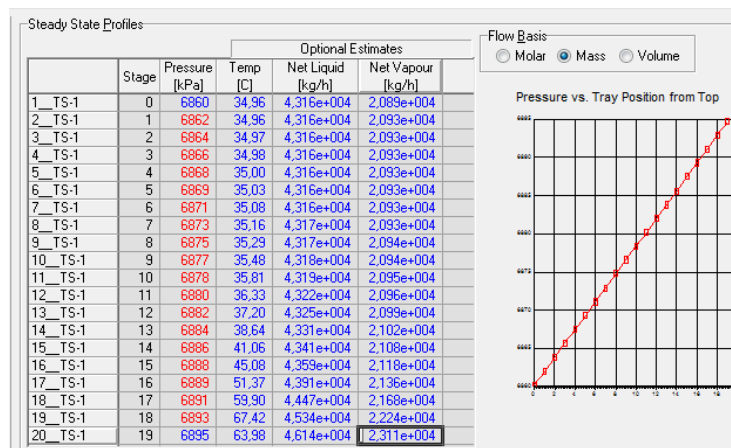


Рисунок 2.7 - Результати по тарілках абсорбера

Потік насиченого розчину аміну (Rich MEA) надходить з абсорбера в дросель (VLV-100), в якому тиск потоку знижується до 6 кг / см².

Name	RICH MEA	MEA TO FLASH
Vapour	0.0000	0.0009
Temperature [C]	63.98	63.92
Pressure [kPa]	6895	620.5
Molar Flow [kgmole/h]	1937	1937
Mass Flow [kg/h]	4.614e+004	4.614e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	47.04	47.04
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.663e+004	-2.663e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	87.04	87.15
Heat Flow [kJ/h]	-5.158e+007	-5.158e+007

Рисунок 2.8 - Налаштування дроселя

Відділення утвореного після дроселювання газу відбувається в ємності сепараторі (Flash TK).

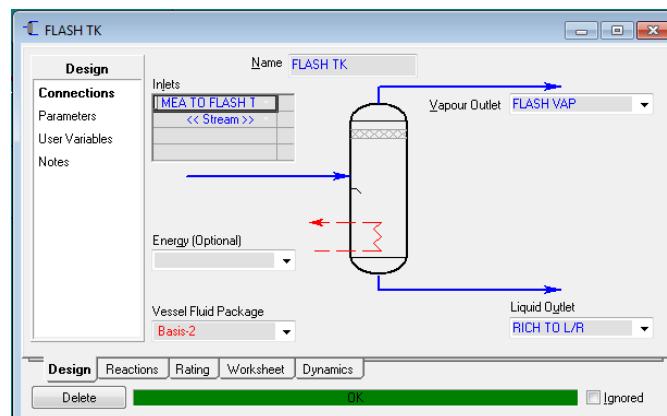


Рисунок 2.9 - Налаштування сепаратора

Рідкий продукт виходячи з сепаратора (Rich to L/R) підігрівається в теплообміннику (E-100) кубовим продуктом колони регенератора

(Regenerator) до температури 95 °C і надходить на регенерацію в колону (Regenerator) [16].

Name	RICH TO L/R	REGEN FEED	REGEN BTM	LEAN FROM L
Vapour	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Temperature [C]	63,92	93,33	124,6	95,42
Pressure [kPa]	620,5	551,6	217,2	148,2
Molar Flow [kgmole/h]	1935	1935	1834	1834
Mass Flow [kg/h]	4,611e+004	4,611e+004	4,259e+004	4,259e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	46,94	46,94	42,74	42,74
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,667e+004	-2,406e+004	-1,971e+004	-2,247e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	87,03	90,18	95,75	92,58
Heat Flow [kJ/h]	-5,160e+007	-4,656e+007	-3,615e+007	-4,119e+007

Рисунок 2.10 - Потіки теплообмінника

2.1.3 Регенератор

Регенератор моделюється як повна колона. Вона містить 20 реальних тарілок - 18 тарілок в тарільчатій секції, а також ребойлер і конденсатор.

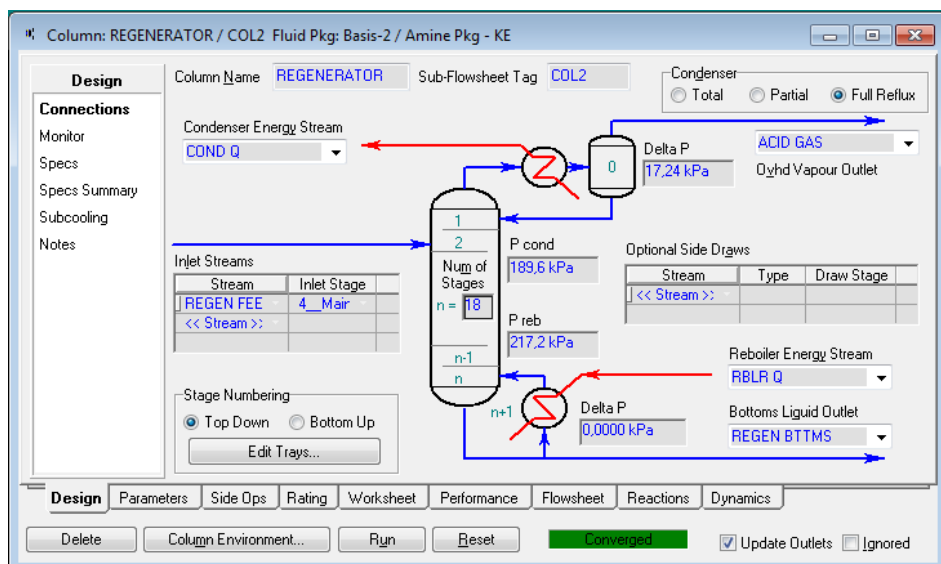


Рисунок 2.11 - Налаштування регенератора

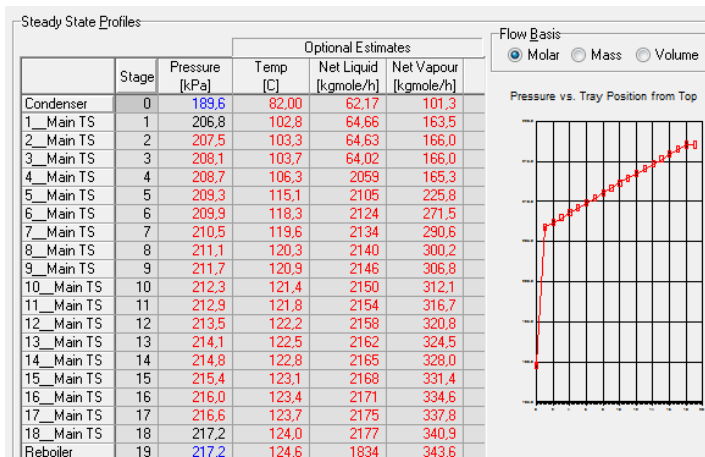


Рисунок 2.12 - Результати по тарілках регенератора

Передбачається, що ефективність тарілок цієї колони становить 0.8 для H_2S і 0.15 для CO_2 .

Невеликі кількості води втрачаються в схемі, тому необхідно передбачити підживлення водою. Спочатку додаємо новий потік води (Makeup H₂O), а потім встановлюємо змішувач (MIX-100). Задаємо склад і температуру потоку. Потік регенованого розчину аміну (Lean from L/R) і потік води (Makeup H₂O) змішуються при однаковому тиску. Задаємо об'ємну витрату потоку після змішувача (MEA to cool) рівною 43 м³/год – Hysys визначить необхідну кількість підживлення водою.

Name	MAKEUP H2O	LEAN FROM L	MEA TO COOL
Vapour	0,0000	0,0000	0,0000
Temperature [C]	20,00	95,42	94,43
Pressure [kPa]	148,0	148,2	148,0
Molar Flow [kgmole/h]	29,27	1834	1863
Mass Flow [kg/h]	527,3	4,259e+004	4,312e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	0,5284	42,74	43,27
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-3,448e+004	-2,247e+004	-2,265e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	73,80	92,58	92,30
Heat Flow [kJ/h]	-1,009e+006	-4,119e+007	-4,220e+007

Рисунок 2.13 - Налаштування змішувача

Потік регенованого аміну охолоджується в холодильнику (E-101).

Name	MEA TO COOL	MEA TO PUMI	COOLER Q
Vapour	0,0000	0,0000	<empty>
Temperature [C]	94,43	32,62	<empty>
Pressure [kPa]	148,0	113,5	<empty>
Molar Flow [kgmole/h]	1863	1863	<empty>
Mass Flow [kg/h]	4,312e+004	4,312e+004	<empty>
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	43,27	43,27	<empty>
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,265e+004	-2,815e+004	<empty>
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	92,30	85,49	<empty>
Heat Flow [kJ/h]	-4,220e+007	-5,244e+007	1,024e+007

Рисунок 2.14 - Налаштування холодильника

Потім насосом P-100 він подається в абсорбер (MEA Contactor).

Name	MEA TO PUMI	MEA TO REC	PUMP Q
Vapour	0,0000	0,0000	<empty>
Temperature [C]	32,62	35,00	<empty>
Pressure [kPa]	113,5	6860	<empty>
Molar Flow [kgmole/h]	1863	1863	<empty>
Mass Flow [kg/h]	4,312e+004	4,312e+004	<empty>
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	43,27	43,27	<empty>
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2,815e+004	-2,795e+004	<empty>
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	85,49	85,75	<empty>
Heat Flow [kJ/h]	-5,244e+007	-5,206e+007	3,799e+005

Рисунок 2.15 - Налаштування насоса

За допомогою операції «Уставка» (Set), задаємо тиск потоку регенованого розчину аміну на 0.05 кг/см² нижче, ніж тиск в потоці природного газу, що надходить в абсорбер.

Тепер, коли потік, що надходить в рецикл, повністю розрахований, обираємо операцію «Рецикл». Спочатку параметри потоку розчину аміну (MEA to contactor) були задані як початкові наближення. Тепер ці параметри розраховані системою. Розраховані значення з потоку регенованого розчину аміну (MEA to recy) будуть передані в початковий потік розчину аміну (MEA to contactor), вся схема буде перераховуватися до тих пір, поки рецикл не зійдеться [16].

Отримана схема очищення природного газу розчином моноетаноламіну показана на рисунку 2.16.

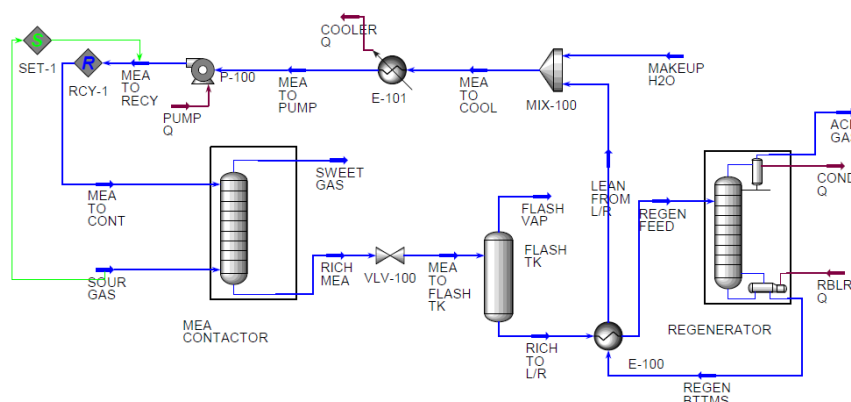


Рисунок 2.16 - Отримана схема очищення газу

2.2 Аналіз результатів

Вихідний природний газ містить 4.1% CO_2 і 1.7% H_2S . У моєму випадку, при використанні моноетаноламіну з концентрацією близько 32% ваг. видаляється практично весь H_2S і CO_2 . Склад і умови очищеного газу представлені на рисунку 2.17. Також на рисунку 2.15, 2.16 представленні склад і умови газів які виділилися з основного потоку. До природного газу, який надходить на перекачку в магістральні трубопроводи, висуваються такі вимоги до складу кислих газів: вміст CO_2 не більше 2.0 об.% і вміст H_2S не більше 4 ppm (об.). У нашому випадку ці вимоги виконуються повністю.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Stream Name	SWEET GAS		Mole Fractions
Vapour / Phase Fraction	0,9999	Nitrogen	0,001713
Temperature [C]	35,06	CO2	0,000005
Pressure [kPa]	6860	H2S	0,000000
Molar Flow [kgmole/h]	1171	Methane	0,930211
Mass Flow [kg/h]	2,089e+004	Ethane	0,042074
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	65,76	Propane	0,009960
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	1,421e+004	i-Butane	0,002787
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	190,9	n-Butane	0,003108
Heat Flow [kJ/h]	1,664e+007	i-Pentane	0,001501
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	<empty>	n-Pentane	0,001286
Fluid Package	Basis-2	n-Hexane	0,001928
		n-Heptane	0,004266
		H2O	0,001151
		MEAmine	0,000009

Рисунок 2.17 - Очищений газ що виходить з абсорбера

Stream Name	FLASH VAP		Mole Fractions
Vapour / Phase Fraction	1,0000	Nitrogen	0,000945
Temperature [C]	63,92	CO2	0,017368
Pressure [kPa]	620,5	H2S	0,044700
Molar Flow [kgmole/h]	1,804	Methane	0,865954
Mass Flow [kg/h]	32,57	Ethane	0,030122
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	9,569e-002	Propane	0,004989
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	1,435e+004	i-Butane	0,000108
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	216,3	n-Butane	0,000116
Heat Flow [kJ/h]	2,588e+004	i-Pentane	0,000069
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	<empty>	n-Pentane	0,000057
Fluid Package	Basis-2	n-Hexane	0,000580
		n-Heptane	0,000182
		H2O	0,034636
		MEAmine	0,000174

Рисунок 2.18 - Експанзерний газ що виходить з сепаратора

Stream Name	ACID GAS		Mole Fractions
Vapour / Phase Fraction	1,0000	Nitrogen	0,000001
Temperature [C]	82,03	CO2	0,511343
Pressure [kPa]	189,6	H2S	0,212323
Molar Flow [kgmole/h]	101,3	Methane	0,001619
Mass Flow [kg/h]	3518	Ethane	0,000053
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	4,204	Propane	0,000007
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	1,172e+004	i-Butane	0,000000
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	224,4	n-Butane	0,000000
Heat Flow [kJ/h]	1,187e+006	i-Pentane	0,000000
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	3,522	n-Pentane	0,000000
Fluid Package	Basis-2	n-Hexane	0,000001
		n-Heptane	0,000000
		H2O	0,274653
		MEAmine	0,000000

Рисунок 2.19 - Кислі гази що виходять з регенератора

Детальний склад і умови вихідних газових потоків представлені на рисунках 2.17 – 2.18. Загальний матеріальний баланс по основним компонентам представлений на таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальний матеріальний баланс

Компонент	Вхід кг/год		Вихід кг/год			Рецикл кг/год
	Природний газ	Розчин аміну	Очищений газ	Кислі гази	Експанзерний газ	Регенерований розчин аміну
CO ₂	2280	1800	0,2	2280	2	0
H ₂ S	735	0	0,0004	734	1	0
CH ₄	17510	0	17480	2	30	0
H ₂ O	0	26350	23	500	1,5	25850
C ₂ H ₇ NO	0	14930	0,8	0	0	14930

З таблиці 2.1 видно що розрахований матеріальний баланс зійшовся.

3 Розробка програмного модуля для абсорбційної колони

3.1 Розробка математичної моделі абсорбера

Постановка задачі: Розробити математичне і програмне забезпечення для розрахунку показників функціонування насадкової проти точної колони-реактора, в якій відбувається одночасне вилучення з газу сірководню H_2S і діоксиду вуглецю CO_2 .

Зазвичай приймається, що режим руху газового потоку в насадках колони близький до моделі ідеального витіснення, відповідно до цього математичний опис об'єкта при функціонуванні в стаціонарному ізотермічному режимі повинен містити рівняння матеріальних балансів для вилучених газоподібних компонентів H_2S і CO_2 в стаціонарному РІВ. Для будь-якого j -го компонента ці рівняння мають вигляд:

$$\frac{dc_j}{dl} = -\frac{S}{v_r} W_j \quad (3.1)$$

де об'ємна витрата газу в робочих умовах:

$$v_r = v_r^\circ \left[\frac{0,1}{p} \right] \left[\frac{T}{273} \right] \quad (3.2)$$

Об'ємна характеристика, інтенсивності газорідинної хемосорбції яка є поверхневим стоком вилученого з газу j -го компонента, відповідно до рівняння може бути представлена добутком:

$$W_j = W_{j,F} F_{\text{пит}} = \frac{F_{\text{еф}}}{V} W_{j,F} \quad (3.3)$$

Ефективна поверхня контакту фаз визначається за формулою:

$$F_{\text{еф}} = \psi \alpha V = \psi \alpha \frac{\pi D^2}{4} L \quad (3.4)$$

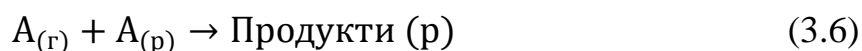
де ψ - задане значення частки ефективної поверхні контакту фаз (частки змоченої насадки); α - питома поверхня насадки становить за довідковими даними для нерегулярної насадки з кілець Рашига розміром 50x50 мм $90 \text{ м}^2/\text{м}^3$, V – об'єм насадки апарата, м^3 [1].

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Підставивши (3.3) в (3.1), отримаємо рівняння матеріальних покомпонентних балансів:

$$\frac{dc_j}{dl} = -\frac{F_{\text{еф}}}{v_r L} W_{j,F} \quad (3.5)$$

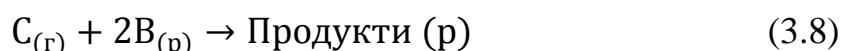
Процес поглинання H_2S розчином МЕА протікає за схемою:



і супроводжується, миттєвою майже необоротною реакцією при зазвичай надлишковій концентрації хемсорбента спостерігається режим поверхневої реакції на границі ГРФ з кінетичним рівнянням, перетворення якого відповідно до заданих розмірностей величин приводить до виразу:

$$W_{A,F} = \beta_{A_r} c_{A_r}^{\circ} \quad (3.7)$$

Процес поглинання CO_2 розчином МЕА протікає за схемою:



і супроводжується швидкою реакцією в рідкій фазі. При зазвичай надлишковій концентрації хемсорбентом бімолекуляра реакція (3.8) може розглядатися як реакція псевдопершого порядку яка приводить до кінетичного рівняння процесу. Перетворюючи відповідно до заданих розмірностей величин, отримаємо:

$$W_{C,F} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{C_r}} + \frac{H_C}{\Phi \beta_{C_p}}} c_{C_r}^{\circ} \quad (3.9)$$

В кінетичному рівнянні (3.9) коефіцієнт прискорення масопередачі визначається формулами:

$$\Phi = \frac{R}{thR} \quad (3.10)$$

$$thR = \frac{e^R - e^{-R}}{e^R + e^{-R}} \quad (3.11)$$

в яких кінетичний параметр R можна виразити співвідношенням:

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$R = \frac{\sqrt{k_2 \beta_{Cp}}}{\beta_{Cp}} \sqrt{c_B^\circ} \quad (3.12)$$

де k_2 константа швидкості бімолекулярної реакції яка визначається емпіричним рівнянням:

$$\lg k_2 = 11,07 - \left(\frac{2140}{T}\right) \quad (3.13)$$

c_B° - концентрація МЕА в рідкій фазі яка визначається рівнянням матеріального балансу в протиточному апараті:

$$v_{\text{ж}}(c_{B,\text{вх}}^\circ - c_B^\circ) = v_{\text{Г}} v_{\text{А}}(v_{\text{АГ}} - v_{\text{АГ,вих}}) + v_{\text{Г}} v_{\text{С}}(c_{\text{СГ}} - c_{\text{СГ,вих}}) \quad (3.14)$$

Нехтуючи для істотного спрощення розрахунку зазвичай малими в промислових умовах значеннями концентрацій H_2S і CO_2 на виході з апарату і перетворюючи (3.4), отримаємо наближено:

$$c_B^\circ \approx c_{B,\text{вх}}^\circ - \frac{v_{\text{Г}}}{v_{\text{ж}}}(c_{\text{АГ}} + 2c_{\text{СГ}}) \quad (3.15)$$

Селективність вилучення H_2S в порівнянні з CO_2 прийнято оцінювати співвідношенням:

$$S = \frac{\ln c_{\text{АГ}}/c_{\text{АГ,вих}}}{\ln c_{\text{СГ}}/c_{\text{СГ,вих}}} \quad (3.16)$$

Ввівши кінетичні рівняння (3.7) і (3.9) в рівняння (3.5), отримаємо для компонентів H_2S і CO_2 відповідно:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dc_{\text{АГ}}}{dl} &= \frac{1}{\frac{Lv_{\text{Г}}}{\beta_{\text{АГ}} F_{\text{еф}}}} c_{\text{АГ}}^\circ \end{aligned} \right. \quad (3.17)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dc_{\text{СГ}}}{dl} &= \frac{1}{\frac{Lv_{\text{Г}}}{\beta_{\text{СГ}} F_{\text{еф}}} + \frac{Lv_{\text{Г}}}{\beta_{\text{АЖ}} F_{\text{еф}}} H_{\text{С}} \frac{1}{\Phi}} c_{\text{СГ}}^\circ \end{aligned} \right. \quad (3.18)$$

Система рівнянь (3.17) і (3.18) спільно з (3.2), (3.4), (3.10), (3.13), (3.15), (3.16) утворює математичний опис протиточної насадкової колони-реактора для двокомпонентного вилучення H_2S і CO_2 розчином МЕА.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Рішення цієї системи чисельним методом Рунге-Кутта четвертого порядку з граничними умовами:

$$l = \begin{cases} c_{A_\Gamma} = c_{A_{\Gamma, \text{BX}}} \\ c_{C_\Gamma} = c_{C_{\Gamma, \text{BX}}} \end{cases} \quad (3.19)$$

дозволяє обчислити профілі $c_{A_\Gamma(l)}$, $c_{C_\Gamma(l)}$ і $S(l)$ які, є основними показниками ефективності функціонування апарату [1].

3.2 Метод Рунге-Кутта четвертого порядку

При вирішенні диференціального рівняння методом Ейлера на кожному кроці потрібно лише одне обчислення функції:

$$y_{i+1} = y_i + hf(x_i, y_i) \quad (3.20)$$

тоді як в алгоритмі Рунге-Кутта на кожному кроці проводиться обчислення декількох значень функції. Загальний вираз алгоритму Рунге-Кутта має вигляд:

$$y_{i+1} = y_i + Q(x, y, h) \quad (3.21)$$

де $Q(x, y, h)$ – апроксимація інтеграла:

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} F(x, y) dx \quad (3.22)$$

Для алгоритма Рунге-Кутта четвертого порядку:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (3.23)$$

де

$$k_1 = hf(x_i, y_i) \quad (3.24)$$

$$k_2 = hf\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1}{2}\right) \quad (3.25)$$

$$k_3 = hf\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_2}{2}\right) \quad (3.26)$$

$$k_4 = hf(x_i + h, y_i + k_3) \quad (3.27)$$

Таким чином, алгоритм четвертого порядку потребує на кожному кроці чотирьох обчислень функції.

Точність рішення, отриманого методом Рунге-Кутта четвертого порядку набагато перевищує точність рішення, отриманого методом Ейлера.

При вирішенні диференціальних рівнянь і їх систем слід звертати увагу на абсолютні значення постійних параметрів рівнянь. Якщо вони розрізняються між собою на кілька порядків, то система вважається жорсткою. Описані методи дозволяють отримати наближені рішення для не жорстких систем [1].

3.3 Алгоритм розрахунку

Блок-схема програмного алгоритму розрахунку насадок протиточної колони-реактора для проведення двокомпонентної хемосорбції H_2S і CO_2 з використанням методу Рунге-Кутта четвертого порядку наведена в додатку А.

В алгоритмі програми прийняті позначення близькі до позначень в математичному забезпеченні:

VG – витрата газу в робочих умовах $m^3/год$;

FEF - ефективна поверхня контакту фаз m^2 ;

FF – коефіцієнт прискорення масопередачі Φ ;

K_2 – константа швидкості реакції (3.8) $m^3/(кмоль \cdot год)$;

$Y(1), Y(2)$ – відповідно поточні концентрації C_{A_T} і C_{C_T} ;

X – поточне значення висоти колони.

Система звичайних диференціальних рівнянь (3.17), (3.18) вирішується в підпрограмі RUNKUT.

$VEC(1), VEC(2)$ - праві частини диференціальних рівнянь (3.17), (3.18) які розраховуються в підпрограмі FUNC, яка входить в RUNKUT.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.4 Розробка програмного модуля в інтегрованому комп'ютерному середовищі C#

Лістинг з реалізацією логіки програми

Точка старту програми

```
static void Main(string[] args)
```

```
{  
    Y[0] = CAN;  
    Y[1] = CCN;  
    VG = VGO * (0.01 / P) * (T / 273);  
    FEF = ksi * A * L * 3.14 * D * D / 4;  
    K2 = Math.Pow(10, 11.07 - 2140 / T);
```

Цикл розрахунку по координаті довжини

```
for (X = 0; X < XK; X++)  
{  
    Console.WriteLine(X + 1 + " " + Y[0].ToString("\t0.##E+0\t") + Y[1].ToString("\t0.##E+0\t")  
+ S.ToString("0.##E+0\t"));  
    FF();  
    RUNKUT();  
    S = Math.Log(Y[0] / CAN) / (Math.Log(Y[1] / CCN));  
}  
}
```

Підпрограма розрахунку коефіцієнта прискорення при хемосорбції
компонента С

```
static void FF()  
{  
    C = Y[0] + 2 * Y[1];  
    CBO = CBN - C * VG / VL;  
    R = Math.Sqrt(K2 * DCL * CBO) / BCL;  
    THR = (Math.Exp(R) - Math.Exp(-R)) / (Math.Exp(R) - Math.Exp(-R));  
    FFF = R / THR;  
}
```

Підпрограма розрахунку правих частин диференціальних рівнянь

```
static void FUNC()  
{  
    VEC[0] = -Y[0] * BAG * FEF / (L * VG);  
    VEC[1] = -Y[1] / (L * VG / FEF * (1 / BCG + HC / (BCL * FFF)));  
}
```

Підпрограма реалізації метода Рунге-Кутта

```
static void RUNKUT()  
{  
    double[] T1 = new double[2];  
    double[] T2 = new double[2];
```

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

```

double[] T3 = new double[2];
double[] T4 = new double[2];
for (int j = 0; j < 0.5; j++)
{
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        G[i] = Y[i];
    }
    FUNC();
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        T1[i] = H * VEC[i];
        Y[i] = G[i] + T1[i] / 2;
    }
    FUNC();
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        T2[i] = H * VEC[i];
        Y[i] = G[i] + T2[i] / 2;
    }
    FUNC();
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        T3[i] = H * VEC[i];
        Y[i] = G[i] + T3[i];
    }
    FUNC();
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        T4[i] = H * VEC[i];
        G[i] = G[i] + (T1[i] + 2 * (T2[i] + T3[i]) + T4[i]) / 6;
    }
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        Y[i] = G[i];
    }
}
}

```

На рисунку 3.2 показаний графічний інтерфейс програми: в лівій частині вікна знаходиться графік отриманих концентрацій по висоті колони, по середині таблиця розрахованих значень концентрацій, справа поля для введення користувачем вихідних даних а також кнопка розрахунку, довідки і перезапуску програми.

Довідка в свою чергу містить вікно з поясненнями до вихідних коефіцієнтів (рисунок 3.3).

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

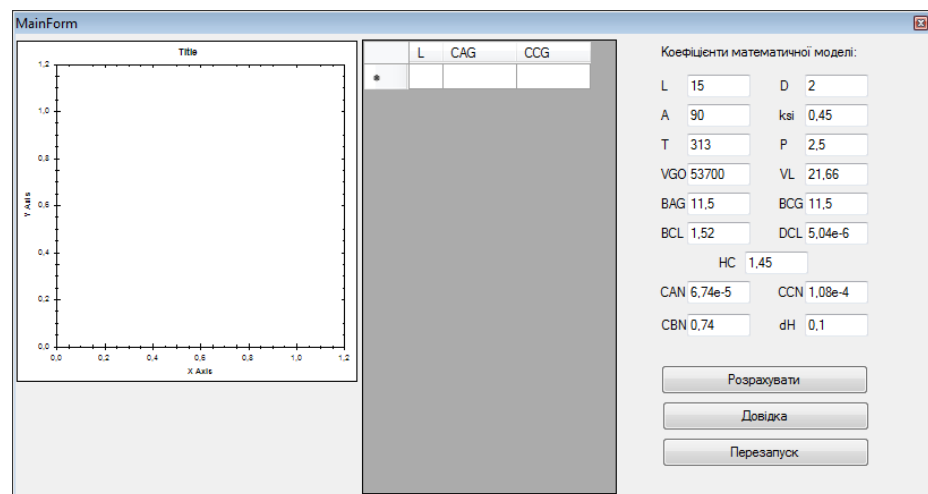


Рисунок 3.2 - Графічний інтерфейс програми

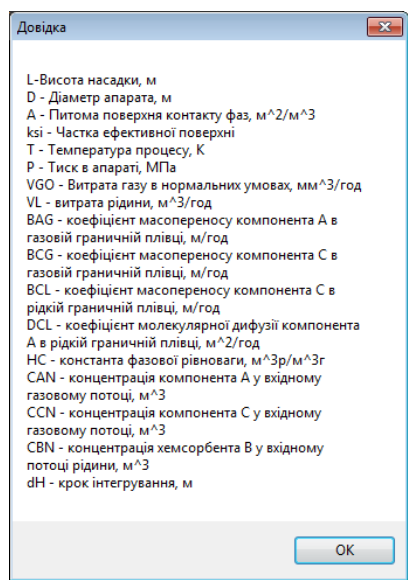


Рисунок 3.3 - Позначення коефіцієнтів програми

Повний код програми з реалізацією інтерфейсу користувача наведений в додатку Д.

3.5 Аналіз отриманих результатів

В результаті виконання програми отримана таблиця значень концентрацій та графічна інтерпретація результатів розрахунку у вигляді профіля концентрацій H_2S і CO_2 по висоті колони (рисунок 3.4). Очевидно,

що швидкість поглинання H_2S значно перевищує швидкість поглинання CO_2 , при зменшенні вмісту CO_2 у газі лише в 2 рази концентрація H_2S зменшується в 10000 разів.

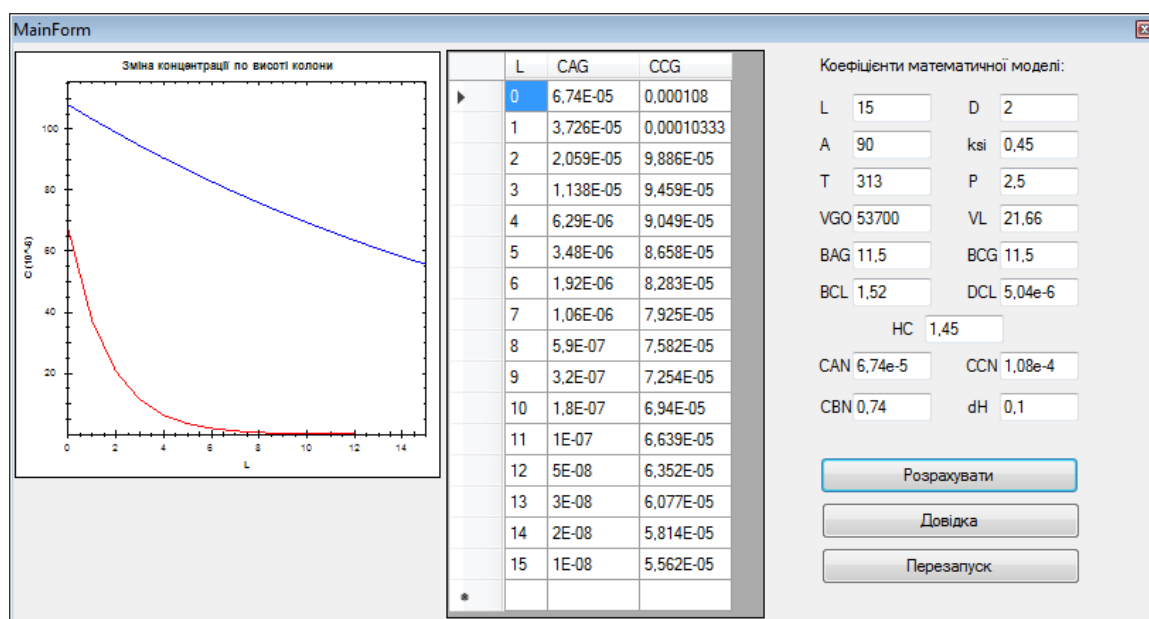


Рисунок 3.4 - Отримані результати розрахунку

Збільшення діаметру апарата, питомої поверхні контакту фаз, частку ефективної поверхні, тиску — прискорює поглинання обох компонентів (рисунок 3.5).

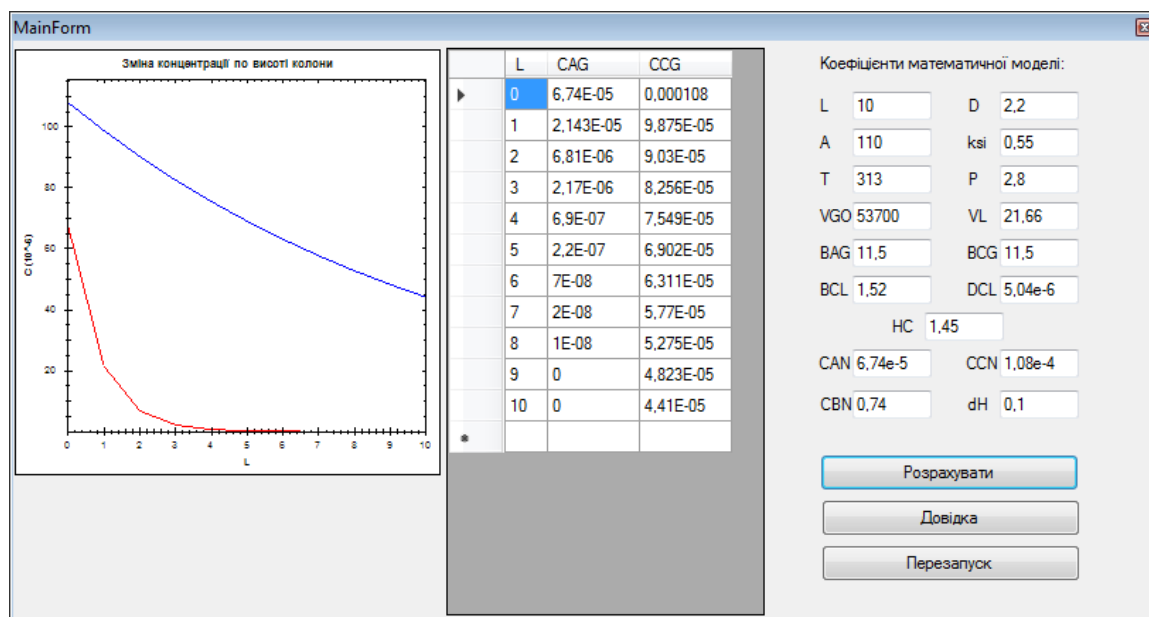


Рисунок 3.5 - Вплив збільшення параметрів

В свою чергу підвищення температури істотно пришвидшує лише швидкість поглинання компонента С (рисунк 3.6).

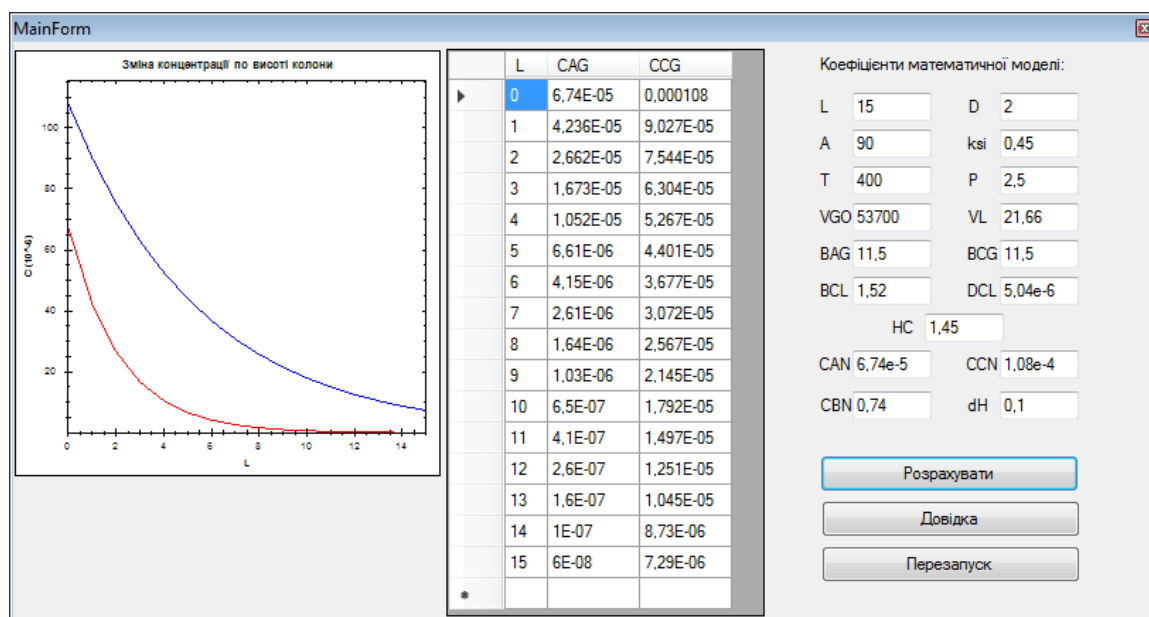


Рисунок 3.5 – Підвищення температури процесу

Тоді як підвищення константи фазової рівноваги навпаки сповільнює поглинання компонента С (рисунк 3.7).

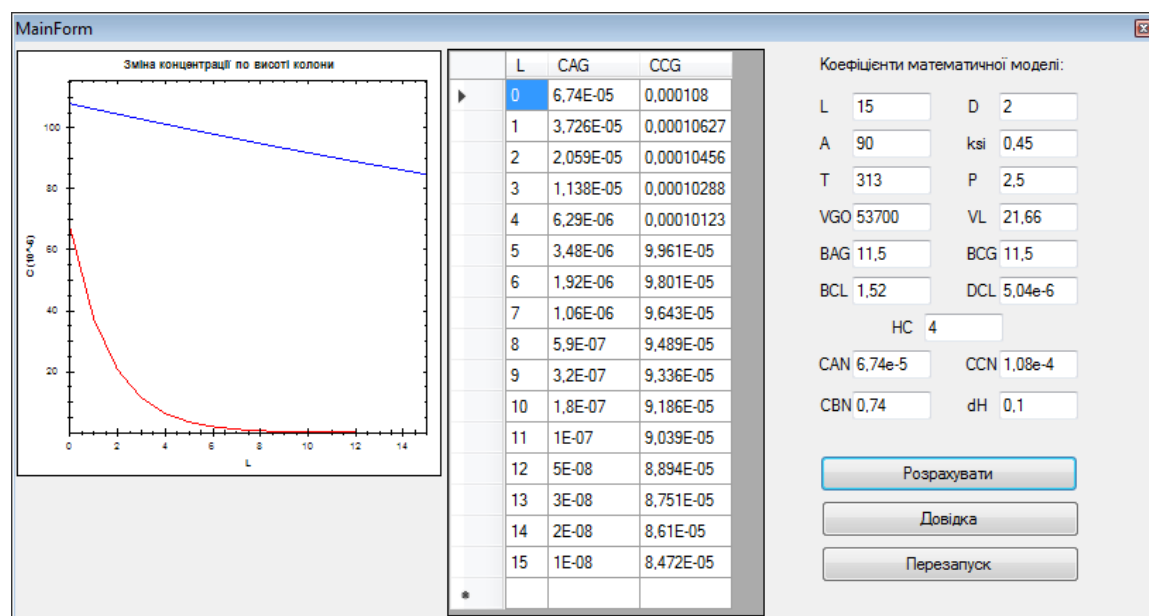


Рисунок 3.5 – Підвищення константи фазової рівноваги

Також за допомогою даної програми по експериментальним даним були визначені оптимальні налаштування колони реактора.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу очищення газів розчином моноетанолміну

Системи автоматизованого управління стали невід'ємною частиною технічного оснащення сучасного виробництва, забезпечуючи підвищення якості продукції та поліпшення економічних показників виробництва за рахунок вибору і підтримки оптимальних технологічних режимів.

Метою створення системи автоматизації є:

- забезпечення безаварійної роботи технологічного обладнання установок;
- підвищення рівня екологічної безпеки виробництва;
- зниження непродуктивних втрат матеріально-технічних і паливно-енергетичних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат;
- поліпшення умов управління виробництвом за рахунок організації автоматизованих робочих місць оперативного технологічного персоналу.

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Завдання технологічного процесу полягає в отриманні газу в якому концентрація CO_2 та H_2S не перевищує гранично допустиме значення. Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення виходу продукту необхідної якості, в необхідній кількості та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати та контролювати наступні параметри:

- температуру розчину МЕА в рециклі на вході в абсорбер, температуру розчину в десорбері, на виході з кип'ятильника та сепаратора;
- витрату вхідних потоків в абсорбер речовин, вихідного потоку абсорбера, флегми що повертається в десорбер;
- рівень в нижній частині абсорбера та десорбера;

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

– концентрацію газу на виході з абсорбера а також вміст токсичних речовин у виробничому цеху, концентрацію розчину МЕА після змішувача.

Аналіз технологічної схеми показав, що головними напрямками автоматизації є контроль вхідних (витрата, температура тиск) та вихідних параметрів (витрата, тиск) абсорбера та десорбера а також підтримка робочого рівня в них.

На підставі даного аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрано регульовані і регулюючі параметри, об'єкти автоматизації, а також визначено параметри контролю, реєстрації та регулювання.

Відповідно для обраних параметрів регулювання, були вибрані місця для заміру параметрів на технологічному об'єкті, номінальні значення параметрів та необхідну точність вимірювання і регулювання. Всі дані про необхідні параметри регулювання та контролю виробництва наведено нижче в таблиці 4.1.

4.2 Визначення параметрів автоматизації

Для безпечної роботи схеми, підтримання робочих параметрів, отримання цільового продукту і попередження аварійної ситуації було обрано наступні параметри регулювання, які наведені у таблиці 4.1.

На основі обраних параметрів обирають технічні засоби автоматизації. Засоби автоматизації підбирають, враховуючи особливості технологічного режиму. При цьому слід дотримуватися наступних правил:

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

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Місце заміру параметру на технологічному об'єкті	Параметр, що вимірюється та (або) регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Схема автоматизації
1	2	3	4	5
1	Трубопровід подачі газу	Витрата	24000 ± 600 кг/год	Контроль
2	Трубопровід подачі розчину МЕА в абсорбер	Витрата	46300 ± 1100 кг/год	Контроль та регулювання
3	Трубопровід виходу з абсорберу	Витрата	46100 ± 1100 кг/год	Контроль та регулювання
4	Трубопровід рецирку розчину МЕА	Температура	35 ± 1 °C	Контроль та регулювання
5	Трубопровід виходу з холодильника десорбера	Витрата	1110 ± 30 кг/год	Контроль та регулювання
6	Трубопровід виходу з кип'ятильника десорбера	Температура	118 ± 2 °C	Контроль та регулювання
7	Верхня частина десорбера	Температура	102 ± 2 °C	Контроль
8	Трубопровід виходу з холодильника абсорбера	Температура	82 ± 2 °C	Контроль та регулювання
9	Абсорбер	Рівень	$1 \pm 0,1$ м	Контроль та регулювання
10	Десорбер	Рівень	$1 \pm 0,1$ м	Контроль та регулювання
11	Виход з абсорбера	Концентрація CO_2 , H_2S	$2 \pm 0,1\%$, $0,0004 \pm 0,00002\%$	Контроль
12	Цех виробництва	Концентрація H_2S	10 мг/м^3	Контроль
13	Трубопровід після змішувача	Концентрація $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$	34%	Контроль та регулювання
14	Трубопровід на виході з абсорбера	Тиск	620 ± 15 КПа	Контроль та регулювання
15	Трубопровід входу з холодильника десорбера	Тиск	190 ± 5 КПа	Контроль та регулювання
16	Трубопровід рецирку розчину МЕА	Тиск	6860 ± 140 КПа	Контроль та регулювання

На основі наведених даних у таблиці 4.1 та правил зазначених вище, розроблена схема автоматизації процесу очищення газів розчином МЕА. Для даної схеми підібрані необхідні технічні засоби (первинні та проміжні перетворювачі, вторинні прилади, регулятори, виконавчі механізми тощо) за допомогою каталогів виробників технічних засобів автоматизації[11-14]. Засоби автоматизації представлені в специфікації, яка наведена в додатку В .

4.3 Опис схеми автоматизації

Контроль та регулювання витрати. Для контролю та регулювання витрати використовується звужуючий пристрій діафрагма камерна ДКС 10-150 (поз. 1-1, 2-1, 15-1) з діаметром умовного проходу 150 мм, та ДКС 10-50 (поз.14-1) з діаметром умовного проходу 50 мм, виготовлені зі сталі марки 12Х18Н10Т. З витратоміра сигнал поступає на дифманометр мембранний без шкальний ДМ-3583 М (поз. 1-2, 2-2, 14-2, 15-2), вихідний сигнал якого є вхідним на прилад контролю та регулювання витрати РП 120-30 (поз. 1-3, 2-3, 14-3, 15-3), після чого сигнал подається на виконавчий механізм МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 1-4, 2-4, 14-4).

Контроль та регулювання температури. Для вимірювання температури використовуються термоелектричні перетворювачі опору марки КТСМ 0193 (поз. 7-1, 8-1, 10-1, 13-1) з діапазоном вимірювання температури 0 до 150 °С, що призначені для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах шляхом перетворення опору в уніфікований сигнал 4-20 мА. Далі сигнал подається на електричний ПІД-регулятор марки МТМ 620 (поз. 7-2, 8-2, 10-2, 13-2), який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм, або посиляє корегуючий сигнал на регулятор керування витратою (поз. 7-3, 8-3,10-3).

Контроль та регулювання рівня. Для контролю рівня в ректифікаційних колонах, застосовується комплект регулювання рівня САУ-

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

М6, який включає в себе кондуктометричний датчик (поз. 3-1, 5-1) та електронний регулятор рівня рідини ЕРСУ-3 (поз. 3-2, 5-2). Даний комплект призначений для регулювання та підтримки в заданих межах рівня рідини в колонах. При занадто великій зміні рівня рідини в колонах прилад подає сигнал на регулятор, який змінює витрату потоків, і як наслідок стабілізує рівень рідини в колонах.

Контроль та регулювання концентрації. Для контролю вмісту CO_2 та H_2S в газовому потоці використовується двоканальна газоаналітична система КГО (поз. 11-1, 11-2) включає в себе пробовідбірник. Для регулювання концентрації МЕА в регенованому розчині використовується аналізатор рідких середовищ АЖК-3101 (поз. 9-1, 9-2) який подає сигнал на виконавчий механізм регулювання витрати (поз. 9-3).

Сигналізація концентрації. Для сигналізації про перевищення гранично допустимої норми H_2S використовують комплект для вимірювання концентрації ОКА-Т- H_2S (поз. 16-1, 16-2), до якого входять оптичний та електричний датчики, підсилювач сигналу, реєстратор та сигналізація ЛС-47 (поз. НЛ1).

Контроль та регулювання тиску. Для ефективного контролю та регулювання тиску було вибрано перетворювач тиску вимірювальний (поз. 4-1, 6-1, 12-1) САПФИР-22М, призначений для вимірювання перепаду тисків з верхніми межами вимірювань від 0,16 кПа до 100 МПа. На щиті розміщується промисловий ПД-регулятор з вбудованим показуючим пристроєм ТРМ-212-Н-РР (поз. 4-2, 6-2, 12-2). Для керування насосом встановлюється частотний перетворювач VFD015EL43A (поз. 6-3, 12-3). Для зниження тиску встановлюється регулятор тиску РДПВ ЭКФО (поз. 4-3).

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу очищення природного газу відповідно до технологічного регламенту.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

5 Економіко – організаційні розрахунки

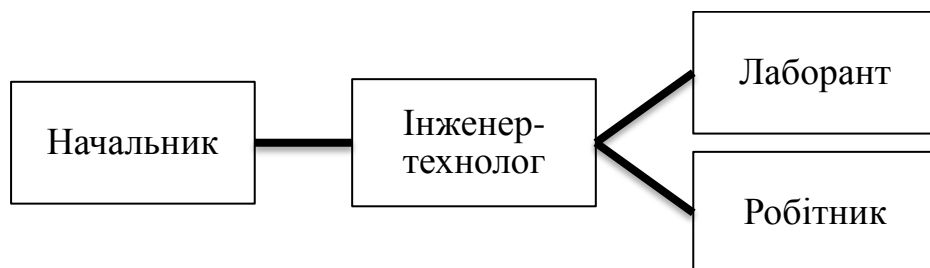
5.1 Цех на підприємстві у промисловій структурі держави

Класифікаційні ознаки підприємства на якому знаходиться цех:

- за формою власності – приватне підприємство;
- за організаційно-правовою формою – товариство з обмеженою відповідальністю;
- за власником – юридична особа;
- за масштабом виробництва – одиночне;
- за структурою виробництва – вузькоспеціалізовані;
- за ресурсами що споживаються – матеріаломісткі;
- за потужністю – середнє;
- за випуском продукції – середнє
- за чисельністю персоналу – мале
- за режимом роботи – позасезонне;
- за призначенням продукції – промислового призначення;
- сфера діяльності – очистка газу;

Головним завданням цеху є виробництво газу без перевищення заданої концентрації домішок.

Вид економічної діяльності: Виробництво газу (35.21) – виробництво газоподібного палива визначеної питомої теплоти згоряння з газу різного походження, у т.ч. природного газу, шляхом його очищення, змішування та інших процесів перероблення.



Рисункок 5.1 - Організаційна структура цеху

5.2 Класифікація виробничих процесів в цеху та оптимальний вид руху предметів праці

Основні виробничі процеси:

- 1) Подача та підготовка води
- 2) Підготовка моноетаноламіну
- 3) Очистка газу
- 4) Проведення аналізів очищеного газу

Допоміжні:

Закупівля абсорбенту, компресія, енергозбереження, обслуговування, ремонт технологічного обладнання.

Побічні:

Використання теплових ефектів реакцій для охолодження чи нагрівання апаратів (утилізація тепла), утилізація відходів.

Таблиця 5.1 - Час виконання технологічних операцій

№	Технологічна стадія	Час виконання, хв.
1	Подача та підготовка води	20
2	Підготовка моноетаноламіну	10
3	Очистка газу	60
4	Проведення аналізів	20

Так як очистка газу(3) відбувається без безпосередньої участі персоналу проведення аналізів(4) відбувається одночасно з очисткою 20 хвилин за кожен цикл очистки.

Послідовний ВРПП.

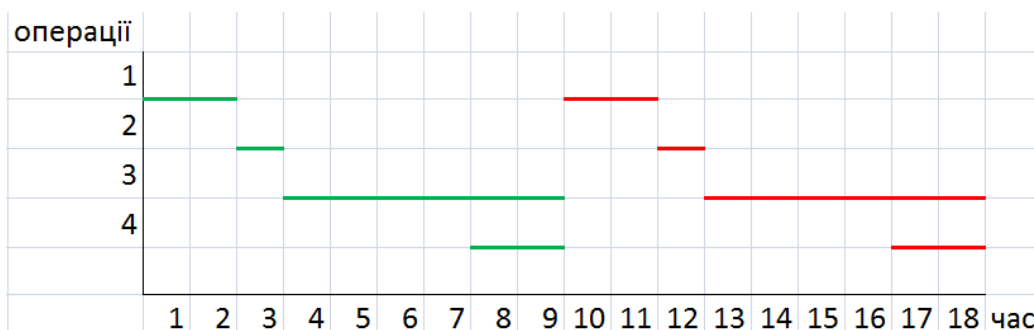


Рисунок 5.2 - Графік послідовного ВРПП

$$B = \frac{T_{\text{вц}}}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{24 \cdot 60}{90} = 16 \frac{\text{циклів}}{\text{день}}$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = B \sum_{i=1}^n t_i = 2 \cdot (10 + 20 + 60) = 1440 \text{ хв}$$

Так як 1-2 та 4 операції повинні виконувати робітники з різною кваліфікацією

$$\text{Ч} = 2 \quad N_{\text{обл}} = 1$$

Паралельний ВРПП

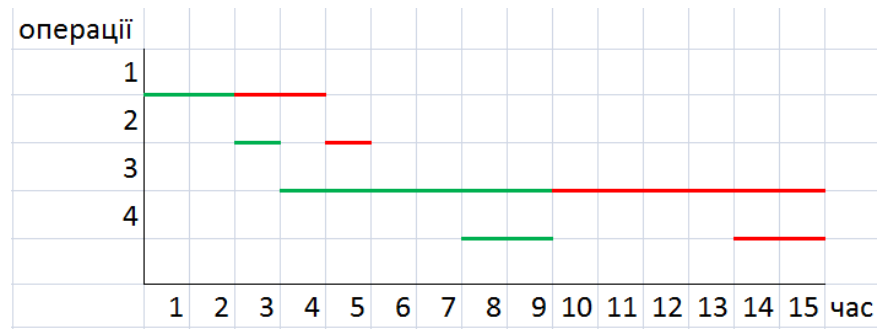


Рисунок 5.3 - Графік паралельного ВРПП

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \sum t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{24 \cdot 60 - 90}{60} = 22,5 \frac{\text{циклів}}{\text{день}}$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1)t_{\text{max}} = 100 + (2 - 1) \cdot 60 = 1440 \text{ хв}$$

$$N_{\text{обл}} = 2, \quad \text{Ч} = 4$$

Синхронізований ВРПП

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \sum t_i}{R} + 1 = \frac{24 \cdot 60 - 60}{60} + 1 = 24 \frac{\text{циклів}}{\text{день}} = 8760 \frac{\text{циклів}}{\text{рік}}$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1)R = 60 + (24 - 1) \cdot 60 = 1440 \text{ хв.} = 24 \text{ год}$$

$$N_{\text{обл}} = 1, \quad \text{Ч} = 2$$

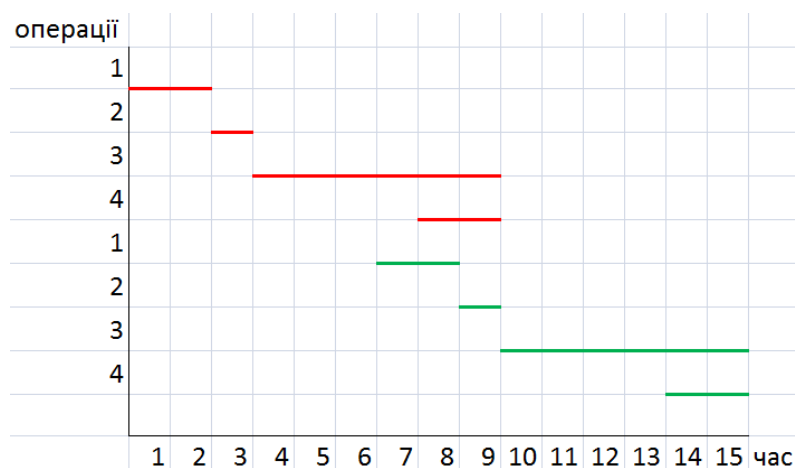


Рисунок 5.4 - Графік синхронізованого ВРПП

Оптимальним варіантом у моєму випадку є синхронізований ВРПП тому що в порівнянні з послідовним він раціональніше по часу, а в порівнянні з паралельним по кількості обладнання.

5.3 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції для синхронізованого ВРПП.

Цех працює 24 годин 7 днів на тиждень 365 днів у році. Робочий день - 3 зміни по 8 годин. За один виробничий цикл фільтрується – 1000 м³ газу. Тривалість виробничого циклу 60 хвилин.

Середньорічна тривалість роботи виробництва за обраним ВРПП:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср.р}} = \frac{D_{\text{к}} \cdot 24}{T_{\text{р}} \cdot D_{\text{р}}} \cdot T_{\text{вц}} = \frac{365 \cdot 24}{365 \cdot 24} \cdot 24 \cdot 365 = 8760 \text{ год}$$

де: 24 – кількість годин на добу; $D_{\text{к}}$ – кількість календарних днів у році, $T_{\text{р}}, D_{\text{р}}$ – тривалість роботи цеху протягом доби і кількість робочих днів цеху протягом року, $T_{\text{вц}}^{\text{ф}}$ – фактична тривалість.

Річний випуск продукції для обраного ВРПП:

$$V_{\text{річн}} = 8760 \cdot 1000 = 8760000 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

5.4 Розрахунок кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу явочну і за списком, графік змінності

Таблиця 5.2 - Необхідна кількість одиниць обладнання та людей по операціях за зміну

№	Назва операції	Кількість людей
1	Подача та підготовка води	2
2	Підготовка розчину МЕА	
3	Очистка газу	2
4	Проведення аналізів	
	Сума	Σлюд = 4

Таблиця 5.3 - Кількість персоналу в цеху

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Начальник	1
	Інженер-технолог	1
Промислово виробничий персонал	Лаборант	8
	Робітник	8

1 зміна: 24.00 – 8.00 год;

2 зміна: 8.00 – 16.00 год;

3 зміна: 16.00 – 24.00 год;

Таблиця 5.4 - Графік змінності виробничого персоналу

День Бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3

Тривалість роботи цеху на рік: $T_{\text{підп}} = 365 \cdot 24 = 8760$ год

Тривалість роботи працівника на рік:

$$T_{\text{прац}} = \frac{365}{T_{\text{зм/об}}} \cdot (T_{\text{зм/об}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зміни}} = \frac{365}{12} \cdot (12 - 3) \cdot 8 = 2190$$

Чисельність робочих явочна: $Ч_{\text{яв}} = 4$

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{підп}}}{T_{\text{прац}}} = 4 \cdot \frac{8760}{2190} = 16$$

Для робочого персоналу маємо – зміна складається з лаборантів (2) та робітників (2) – це ті які мають чотири-змінний графік роботи, а в одну зміну працюють – начальник(1) та головний інженер (1).

5.5 Визначення порядку технічного контролю: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці

Технічний контроль – сукупність методів, заходів і засобів, що забезпечують відповідність якості продукції вимогам стандартів і нормативів.

На даному виробництві технічний контроль поділяється на вхідний і заключний.

1) Вхідний контроль. Суб'єктом даного етапу контролю є лаборант. Об'єктом контролю є поступаючий газ, що перевіряється на початковий вміст домішок. Результати контролю вносять в журнал вхідного контролю.

2) Заключний контроль. Суб'єктом даного етапу контролю є лаборант. Об'єктом контролю очищений газ. Основна мета контролю визначення концентрації домішків. Аналіз готової продукції проводять за допомогою хроматографу. Результати досліджень записуються до журналу вихідного контролю, на підставі якого головним інженером заповнюється паспорт якості на продукцію, який передається на підпис безпосередньо начальнику цеху. За технічним рівнем всі види контролю є автоматичними.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

5.6 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

5.6.1 Баланс споживання оборотних засобів цеху

Основні засоби – це засоби праці, які багаторазово приймають участь в процесі виробництва зі збереженням своєї матеріальної форми.

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди
- машини і обладнання
- виробничий і господарський інвентар
- не матеріальні активи

Таблиця 5.5 - Вартість основних засобів

Вартість основних засобів		
1	Будівля	1500000
2	Абсорбційна колона	150000
3	Блок підготовки води	50000
4	Насосна станція	150000
5	Газовий аналізатор	300000
6	Контейнери під абсорбент	70000
7	Контейнер під ємнісне обладнання	40000

Вартість ОЗ:

$$\begin{aligned} \text{ОЗ} &= 1500000 + 150000 + 50000 + 150000 + 300000 + 70000 + 40000 \\ &= 2260000 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Амортизація.

$$\begin{aligned} A &= 1500000/20 + 150000/10 + 50000/10 + 150000/10 + 300000/20 \\ &\quad + 70000/5 + 40000/5 = 147000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \end{aligned}$$

Оборотні засоби – предмети праці, які повністю витрачаються в виробничому циклі і переносять свою вартість на вартість готової продукції повністю і одразу.

До оборотних засоби відносять:

- Моноетаноламін
- Вода
- Електроенергія.
- Заробітна плата.

1) Вартість сировини

$$\text{Витрати на воду} - 40 \cdot 60 \cdot 8760 = 6447360 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Витрати на моноетаноламін} - 16 \cdot 46 \cdot 8760 = 2102400 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Сумарні витрати на сировину} - 8549760 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

2) Витрати на електроенергію: Потужність обладнання $N = 20$ кВт/год.

Середня ціна на електроенергію – 2,5 грн кВт/год

$$\text{Витрати на електроенергію: } Z_{e/e} = 20 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2,5 = 438000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

3) Послуги спеціалізованої клінінгової компанії для мийки та очистки обладнання та промислової зони раз в неділю. Загалом в рік – 40000 грн

4) Заробітна плата:

$$ЗП_{\text{роб}}^{\text{міс}} = \frac{40 \cdot 1147 + 1,4 \cdot 40 \cdot 573 + 40 \cdot (2 \cdot 312 + 2 \cdot 1,4 \cdot 156)}{12} = 10000$$

$$ЗП_{\text{лаб}}^{\text{міс}} = \frac{48 \cdot 1147 + 1,4 \cdot 48 \cdot 573 + 48 \cdot (2 \cdot 312 + 2 \cdot 1,4 \cdot 156)}{12} = 12000$$

де 40 та 48 – заробітна плата за годину, 1147 – годин денного часу без урахування вихідних та святкових днів, 573 – годин нічного часу без урахування вихідних та святкових днів, 312 – годин денного часу роботи у вихідні та святкові дні, 156 – годин нічного часу роботи у вихідні та святкові дні.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 5.6 - Заробітна плата за місяць

Посада	Кількість працівників	Заробітна плата, грн/місяць	З/П за рік всіх працівників
Начальник	1	20000	240000
Інженер-технолог	1	18000	216000
Лаборант	8	12000	1152000
Робочий	8	10000	960000
Всього:		2568000	
Нарахування		564960	

$$\text{ФОП} = \text{Нарахування} + \text{ЗП} = 3132960 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

$$\text{Обз} = 3132960 + 40000 + 438000 + 8549760 = 12160720 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

5.6.2 Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень

$$\text{Собівартість: } C = A + \text{Обз} = 147000 + 12160720 = 12307720 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Ц}_{\text{од}} = 1,5 \text{ грн/м}^3$$

$$\text{В}_{\text{річн}} = 8760 \cdot 1000 = 8760000 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

$$\text{Ціна: } \text{Ц} = \text{В}_{\text{річн}} \cdot \text{Ц}_{\text{од}} = 13140000 \text{ грн/рік}$$

$$\text{Прибуток: } \text{П} = \text{Ц} - C = 13140000 - 12307720 = 832280 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Рентабельність: } \text{Р} = \frac{\text{П}}{C} = \frac{832280}{12307720} \cdot 100\% = 6,8\%$$

$$\text{Капіталовкладення: } K = \text{ОЗ} + \text{Обз} = 2260000 + 12160720 = 14420720 \text{ грн}$$

$$\text{Коефіцієнт економічної ефективності: } E = \frac{\text{П}}{K} = \frac{832280}{14420720} = 0.06$$

$$\text{Термін повернення капіталовкладення: } T_{\text{пов}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0.06} = 17 \text{ роки}$$

$$\text{Фондовіддача: } \text{ФВ} = \frac{\text{В} \cdot \text{Ц}_{\text{од}}}{\text{ОЗ}} = \frac{13140000}{2260000} = 5,8$$

$$\text{Фондоємність: } \text{ФЄ} = \frac{1}{\text{ФВ}} = \frac{1}{5,8} = 0.17$$

Таблиця 5.7 - Калькуляція на вид продукції

№	Витрати	Ціна, грн./рік
1	Сировина	8549760
2	Електроенергія	438000
3	Заробітна плата персоналу.	2568000
4	Нарахування на зарплату, 22%	564960
5	Амортизація	147000
6	Очистка обладнання	40000
	Разом	12307720

Таблиця 5.8 - Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Річний випуск продукції, м ³	$B = 8760000$
Чисельність персоналу за списком, чол.	$\text{Ч}_{\text{сп}} = 18$
Капіталовкладення, грн.	$K = 14420720$
Загальна собівартість продукції, грн/рік	$C = 12307720$
Відносний прибуток грн/рік	$\Pi = 832280$
Рентабельність продукту %	$P = 6,8$
Термін повернення капіталовкладень, років	$T_{\text{пов}} = 17$
Коефіцієнт економічної ефективності	$E = 0.06$
Вартість виробничих засобів: - Основних засобів, грн - Оборотних засобів, грн.	$OЗ = 2260000$ $OбЗ = 12160720$
Фондовіддача виробничих засобів.	$\Phi B = 5,8$
Фондоємність продукції	$\Phi C = 0,17$

5.7 Розрахунки з урахуванням автоматизації виробництва

Під час виконання даного дипломного проекту був розроблений програмний модуль, який має на меті розрахунок та моделювання процесу очищення природного газу розчином моноетаноламіну. Проведена автоматизація виробництва, що має на меті керування процесом без втручання людини. Отже, при застосуванні вище перерахованих комплексів, можна скоротити кількість персоналу на виробництві, що, в свою чергу, відобразиться на техніко-економічних показниках. Розрахуємо техніко-економічні показники виробництва при використанні програмного модуля та контурів автоматизації на виробництві.

Кількість працівників, що працюватимуть в автоматизованому цеху приведені в таблиці 5.9

Таблиця 5.9 - Персонал цеху при автоматизованому виробництві

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Начальник	1
	Інженер-технолог	1
Промислово виробничий персонал	Лаборант	4
	Робітник	4

Чисельність робочих явочна: $Ч_{\text{яв}} = 2$

Чисельність робочих за списком: $Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{підп}}}{T_{\text{прац}}} = 2 \cdot \frac{8760}{2190} = 8$

Перерахуємо фонд заробітної плати

Таблиця 5.10 - Заробітна плата за місяць

Посада	Кількість працівників	Заробітна плата, грн/місяць	З/П за рік всіх працівників
Начальник	1	20000	240000
Інженер-технолог	1	18000	216000
Лаборант	4	12000	576000
Робочий	4	10000	480000
Всього:		1512000	
Нарахування		332640	

$$\text{ФОП} = \text{Нарахування} + \text{ЗП} = 1844640 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Розрахуємо вартість програми. Вартість роботи програміста складає 600 грн за годину роботи. На написання програмного модуля було витрачено 5 днів по 6 годин роботи кожного дня. Написання програмного модуля включає в себе витрати на світло. За годину роботи комп'ютер споживає 500 Вт. При розрахунку на 6 днів по 5 годин роботи отримуємо – 15 кВт. Вартість електроенергії становить 2,5 грн/кВт. Отже, вартість програми складає:

$$15 \cdot 2,5 + 600 \cdot 5 \cdot 6 = 18040 \text{ грн}$$

Перерахуємо річні витрати на електроенергію з урахуванням використання комп'ютерів:

$$З_{e/e} = (20 + 5) \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2,5 = 547500 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Перерахуємо вартість оборотних засобів

$$\text{Обз} = 1844640 + 40000 + 547500 + 8549760 = 10981900 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

До розрахованої раніше вартості основних фондів додаємо вартість програми та комп'ютерів:

Таблиця 5.11 - Вартість основних засобів

Вартість основних засобів		
1	Будівля	1500000
2	Абсорбційна колона	150000
3	Блок підготовки води	50000
4	Насосна станція	150000
5	Газовий аналізатор	300000
6	Контейнери під абсорбент	70000
7	Контейнер під ємнісне обладнання	40000
8	Вартість програми	18040
9	Вартість комп'ютерів	30000

Перерахуємо вартість ОЗ:

$$\text{ОЗ} = 1500000 + 150000 + 50000 + 150000 + 300000 + 70000 + 40000 + 18040 + 30000 = 2308040 \text{ грн.}$$

Перерахуємо амортизацію. До розрахованої раніше амортизації додаємо вартість програми та комп'ютерів.

$$A = \frac{1500000}{20} + \frac{150000}{10} + \frac{50000}{10} + \frac{150000}{10} + \frac{300000}{20} + \frac{70000}{5} + \frac{40000}{5} + \frac{18040}{5} + \frac{30000}{5} = 156608 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таблиця 5.12 - Калькуляція на вид продукції

№	Витрати	Ціна, грн./рік
1	Сировина	8549760
2	Електроенергія	547500
3	Заробітна плата персоналу.	1512000
4	Нарахування на зарплату, 22%	324720
5	Амортизація	156608
6	Очистка обладнання	40000
	Разом	11148409

5.7.1 Розрахунок собівартості, прибутку та часу повернення капіталовкладень

$$\text{Собівартість: } C = A + \text{ОЗ} = 156608 + 10981900 = 11138508 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Ц}_{\text{од}} = 1,5 \text{ грн/м}^3$$

$$\text{В}_{\text{річн}} = 8760 \cdot 1000 = 8760000 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

$$\text{Ціна: } \text{Ц} = \text{В}_{\text{річн}} \cdot \text{Ц}_{\text{од}} = 13140000 \text{ грн/рік}$$

$$\text{Прибуток: } P = C - S = 13140000 - 11138508 \frac{\text{грн}}{\text{рік}} = 2001492 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

$$\text{Рентабельність: } R = \frac{P}{C} = \frac{2001492}{11138508} \cdot 100\% = 18\%$$

$$\text{Капіталовкладення: } K = O_3 + O_{63} = 2308040 + 10981900 = 13289940 \text{ грн}$$

$$\text{Коефіцієнт економічної ефективності: } E = \frac{P}{K} = \frac{2001492}{13289940} = 0,15$$

$$\text{Термін повернення капіталовкладення: } T_{\text{пов}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,15} = 6,6 \text{ років}$$

$$\text{Фондовіддача: } FV = \frac{B \cdot Ц_{\text{од}}}{O_3} = \frac{13140000}{2308040} = 5,7$$

$$\text{Фондоємність: } FE = \frac{1}{FV} = \frac{1}{5,7} = 0,18$$

Порівняння техніко-економічних показників виробництва без автоматизації та з автоматизацією приведені в додатку Г.

Висновок за розділом

Як видно з вище приведених розрахунків, автоматизоване виробництво, що керується отриманими розрахунками за допомогою програмного модуля, є значно ефективнішим. Період повернення капіталовкладень в таке виробництво скорочується з 17 років до 6,6. Відносний прибуток збільшився з 832280 грн/рік до 2001492 грн/рік. Загалом економічні показники цеху значно зростають.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

6 Охорона праці

В цьому дипломному проекті розроблений розділ «Охорона праці» для теми: «Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу очищення природного газу розчином моноетаноламіну».

Згідно з темою дипломного проекту оператор знаходиться в приміщенні, яке містить два робочих місця та має розміри: загальна площа – 50 м^2 та об'єм – 150 м^3 , на одного оператора приходить 25 м^2 площі та 75 м^3 об'єму, що цілком відповідає нормам ДНАОП 0.00-1.31-99.

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів на об'єкті, що проектується

На персонал зайнятий експлуатацією установки очищення природного газу від кислих компонентів впливають небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори:

1. Рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання.

До цієї категорії відноситься внутрішньозаводський транспорт, вантажопідйомні крани, обертові частини насосного обладнання, вентиляторів, апаратів повітряного охолодження.

2. Підвищена загазованість і запиленість повітря робочої зони.

Навіть при нормальній роботі технологічної установки в повітря робочої зони виділяються шкідливі речовини: при проведенні газонебезпечних робіт, через нещільності у фланцевих з'єднаннях.

В аварійних ситуаціях (руйнування обладнання) виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони збільшується в сотні і тисячі разів.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Для захисту обслуговуючого персоналу від шкідливих речовин застосовуються засоби індивідуального та колективного захисту: протигази марки БКФ, шлангові протигази - ПШ-1, ПШ-2, ізолюючі апарати АД-342.

3. Підвищена або понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів.

Висока температура (до + 200 ° С) створює загрозу важких опіків, низька температура (до -30 ° С) створює загрозу обморожень.

Для захисту персоналу від пониженої або підвищеної температури застосовується теплоізоляція поверхонь трубопроводів і апаратів, огорожу гарячих ділянок.

4. Підвищений рівень шуму на робочому місці.

На території підприємства (на робочому місці, в робочих зонах, в виробничих приміщеннях) встановлено допустимий рівень шуму і еквівалентний рівень звуку - 85 дБ.

У зв'язку із застосуванням насосно-компресорного устаткування великої одиничної потужності, еквівалентний рівень звуку досягає 95-100 дБ.

Для захисту від підвищеного рівня шуму застосовуються:

- колективні засоби захисту (протишумні кабінки, шумопоглинаючі перегородки, ізоляція);
- індивідуальні засоби захисту (навушники, вкладиші «Беруші»).

5. Підвищений рівень статичної електрики.

При русі газу і рідин по металевих трубах, всередині технологічного обладнання, накопичується статична електрика з високим потенціалом 10000-15000 В. Розряд статичної електрики може призвести до вибухів, пожеж, аварій.

Основним методом зняття статичної електрики є: надійне заземлення, виключення вільного струменя при завантаженні і вивантаженні продуктів.

6. Підвищений рівень вібрації.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

З метою профілактики несприятливого впливу локальної вібрації робітники повинні використовувати індивідуальні засоби захисту: рукавиці, спеціальне віброзахисне взуття.

Для захисту від загальної вібрації використовуються прокладки з вібропоглинаючого матеріалу; масивні фундаменти під трубопроводи, апарати, машини, механізми.

Хімічні фактори:

В робочу зону установки можуть виділитися наступні речовини: вуглеводні, меркаптани, сірководень, діоксид сірки, окис вуглецю.

1. Вуглеводні - речовини 4 класу небезпеки. Впливає на організм людини через дихальні шляхи, через шкіру. ГДК вуглеводнів - 300 мг/м^3 , в суміші з сірководнем - 3 мг/м^3 .

Газоподібні вуглеводні (C_1 - C_3) - впливаючи через дихальні шляхи викликають збудження, головний біль; при концентраціях вище 1,5% об'ємних - смерть від задухи.

Рідкі вуглеводні (C_5 і вище) - викликають почервоніння, алергічну реакцію шкіри. При прийомі всередину отруєння організму.

2. Сірководень (H_2S) - речовина 2 класу небезпеки. На організм людини діє через дихальні шляхи. Нервово-паралітичний газ із запахом тухлих яєць. ГДК в робочій зоні - 10 мг/м^3 , а в суміші з вуглеводнями - 3 мг/м^3 . Поріг сприйняття нюхом людини - 0,0001% об'ємних. Найбільша небезпека сірководню полягає в тому, що при концентрації 40 мг/м^3 притупляється нюх. Дія H_2S на організм людини залежить від концентрації в повітряному середовищі. При концентрації 100-300 мг/м^3 - головний біль, нудота, блювота; 500-900 мг/м^3 - втрата свідомості, клінічна смерть; 1000 мг/м^3 і вище - миттєва смерть від зупинки дихання.

Основна властивість сірководню - накопичення в низьких вентильованих приміщеннях з витісненням кисню. Ефект отруєння в таких місцях поєднується з кисневим голодуванням (асфіксією).

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

3. Меркаптани - леткі безбарвні рідини з щільністю менше одиниці. Речовини 2 класу небезпеки. ГДК в повітрі робочої зони -1 мг/м. Меркаптани викликають рефлекторну нудоту і головний біль внаслідок поганого запаху. Наркотичним ефектом, що характеризується особливою м'язової скутістю. У великих концентраціях діють на центральну нервову систему, викликаючи судоми і параліч, смерть настає від зупинки дихання.

4.МЭА (моноетаноламін) - за ступенем впливу на організм людини є помірно небезпечними речовинами і відносяться до 3 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007.76. ГДК в повітрі робочої зони 5 мг/м. МЕА не утворює вибухонебезпечних сумішей з повітрям, по ГОСТ 12.1.044.89 відносяться до групи горючих рідин.

Температура самозаймання - 270 °С, спалаху - 120 °С.

Вдихання парів абсорбенту може викликати кашель і неприємні відчуття в горлі. Контакт зі шкірою - слабе подразнення шкіри. Контакт з очима - сильне подразнення, набрякання кон'юнктивів очей з можливим хімічним опіком. Прийом всередину - подразнення ротової порожнини, горла, стравоходу і шлунка, нудота, блювота, непритомний стан.

При попаданні абсорбенту на шкіру - вимити це місце з милом, одяг випрати. При вдиханні парів - вивести постраждалого на свіже повітря. При попаданні в очі - промити очі великою кількістю води і промивати їх не менше 15 хвилин. При прийомі всередину випити не менше двох склянок молока або води. Викликати лікаря.

6.1.1 Виробниче освітлення

У денний час в операторській передбачене денне освітлення згідно ДНБ В 25.28-2006. Роботи, виконувані в операторській, пов'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

У приміщенні КВП і А є вікна розміром 3300x2300 мм. Вони забезпечують значення коефіцієнта природного освітлення 7 - 9 %.

КПО для даного розряду робіт при верхньому і комбінованому освітленні складає 5 %. Отже, фактичне значення КПО відповідає нормам.

У темний час доби використовують штучне висвітлення. По ДНБ В 25.28- 2006 освітленість відповідна III розряду зорових робіт при газорозрядних лампах повинна бути $E_n=250$ Лк, $F_n=2800$ Лм світловий потік газорозрядних ламп. Прийmemo лампи типу ЛДЦ15-4 кількістю $N=16$ штук. При цьому $E_{\text{факт}}=260$ Лк.

Освітленість приміщення відповідає нормам ДНБ В 25.28-2006.

6.1.2 Повітря робочої зони

До засобів нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць ставляться пристрої вентиляції, кондиціонування й очищення повітря, опалення, автоматичного контролю довибухових концентрацій і сигналізації.

Речовини що являються відходами в процесі очистки води є в тій чи іншій мірі шкідливими (або промисловими отрутами).

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по гранично допустимих концентраціях (ГДК, мг/м^3) у відповідності з нормативними документами: для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – ГДК_{рз} (ГОСТ 12.1.00588/98). Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК ($C_{\text{факт}} \leq 1$).

ГДК_{рз} – це максимальна концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі у продовження 8 год чи при іншій тривалості, але не більш 41 год у тиждень, протягом усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- 1) температура повітря;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) швидкість руху повітря;
- 4) інтенсивність теплового випромінювання.

Фактичні метеорологічні умови в операторській для роботи середньої важкості.

– Температура повітря, °С. Перехідний та холодний період року – 18-24 °С. Теплий період року – 19-28 °С. Фактичні метеорологічні умови – 21-24 °С.

– Відносна вологість повітря, %. Холодний період року – 45-65%. Теплий період року – 40-75 %. Фактичні метеорологічні умови – 35-60%.

– Швидкість руху повітря, м/с. Холодний період року – 0,15 м/с. Теплий період року – 0,25 м/с. Фактичні метеорологічні умови – 0,08 м/с.

Для очищення робочого середовища від шкідливих речовин що можуть у нього потрапляти а також для подачі свіжого повітря використовується припливно-витяжна вентиляція.

До засобів нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць ставляться освітлювальні прилади, світлові прорізи.

Додатково до технологічних заходів системами опалення й вентиляції повітряне середовище в приміщеннях доводиться до вимог санітарних норм і правил техніки безпеки. Опалення виробничих приміщень – повітряне, сполучене із приточною вентиляцією.

Фактичні метеорологічні умови задовольняють допустимим нормам ДСНЗ.3.6.042-99.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

6.1.3 Електробезпека

Організація електропостачання здійснюється через дві незалежні лінії по 20 кВ, на території розміщено дві підстанції.

Приміщення операторської відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою по ступеню враження електричним струмом, так як на струмопровідний і можливо одночасний дотик людини до металевих конструкцій будинку, що має з'єднання з землею і металевим корпусом електроустаткування і приладів.

У операторській встановлені прилади, що працюють під напругою 220 В, частотою 50 Гц. Мережа з ізолюованою нейтраллю.

У операторській при експлуатації електроустаткування і приладів можлива поява небезпеки ураження електричним струмом у наслідок наступних причин:

- 1) ушкодження струмопровідних ліній електрокабелів, порушення ізоляції і заземлення щитів, пультів і електроустаткування;
- 2) неправильна експлуатація переносного освітлення;
- 3) порушення правил електробезпечності при експлуатації електричного устаткування і освітлення (спроби самовільного усунення несправностей, заміни світильників);
- 4) робота на несправному устаткуванні;
- 5) дотик до відкритих проводок струмоведучих частин;
- 6) пробій на установці (напруга дотику);
- 7) крокова напруга;
- 8) електрична дуга.

Згідно ГОСТ 12.1.038–92 допустимі рівні напруг дотику (U_0) і струму, що проходить через тіло людини (I_n) рівні: при нормальному режимі роботи електричного встаткування $U_0 = 2$ В, а $I_n = 0,3$ мА; при аварійному $U_0 = 36$ В, а $I_n = 6$ мА.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Сила струму, що проходить через людину, розраховується як:

$$I_{\text{л}} = U_{\text{ф}} 10^3 / (R_{\text{л}} + R_0), \text{ мА};$$

де $U_{\text{ф}}$ — 220 – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 3000$ – загальний опір тіла людини, Ом;

$$R_0 = 4 – \text{опір робочого заземлення нейтралі, Ом};$$

$$I_{\text{л}} = 220 / (3000 + 4) = 73 \cdot 10^3 \text{ А} = 73 \text{ мА};$$

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{ В};$$

$$U_{\text{д}} = 73 \cdot 10^3 \cdot 3000 = 219 \text{ В}.$$

Порівнявши розрахункові значення з нормативними, можна зробити висновок, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

До заходів щодо захисту від поразки електричним струмом відносяться:

1) Ізоляція в електроустановках.

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

Використовується ізоляція двох видів (робоча та додаткова).

Робоча ізоляція - електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом.

Додаткова ізоляція - електрична ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від ураження електричним струмом в разі ушкодження робочої ізоляції.

Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

2) Блокування.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

По принципу дії блокування розділяються на механічні, електромагнітні і електричні. В цеху застосовуються, в основному, електричні блокування. Електричні – застосовуються в електроустановках приводів і комплектних вузлів частотно-регульованого.

Мала напруга – це номінальна напруга не більше 42 В між фазами і по відношенню до землі, застосовується у цілях захисту від ураження електричним струмом. Впроваджена всередині на розетках в шафах з автоматизації для місцевого освітлення.

3) Орієнтація в електроустановках.

Засоби орієнтації дозволяють персоналу орієнтуватися при виконанні робіт і застерігають його від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркіровка частин електрообладнання.

4) Захисне заземлення.

Є ефективним методом захисту при живленні електрообладнання від електричних мереж напругою до 1000 В з ізолюючою нейтраллю. Дія заземлення ґрунтується на зниженні напруги дотику, що досягається за рахунок малого опору заземлення в електроустановках з ізолюючою нейтраллю.

Захист від високого потенціалу і статичної електрики виконуються шляхом приєднання на вводах у будівлі усіх металевих трубопроводів та металевих частин будівельних конструкцій до пристрою заземлення.

Проектом прийнята система заземлення TN-C-S з роздільним нульовим робочим «N» і нульовим захисним «PE» провідниками, працюючими роздільно по всій мережі живлення і об'єднаних між собою в щиті 0,4 кВ «ЩК».

Для захисного заземлення відкритих провідних частин електрообладнання використовується самостійний нульовий захисний провідник «PE» третій в однофазній мережі і п'ятий в трифазній мережі.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

6.1.4 Пожежна безпека

Високий тиск процесу, використання електричної енергії, вогнєнебезпечні роботи характерні для установок очищення газу.

Основними вогнєнебезпечними речовинами є: легкі вуглеводні, пірофорні сполуки. Можливі також загоряння електрообладнання.

Попередження утворення пожежі в цеху забезпечується наступними загальними заходами:

- підтримуються відповідні значення температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- максимально механізовані та автоматизовані технологічні процеси;
- видаляються пожежонебезпечні відходи виробництва.
- використовуються машини, механізми, устаткування, пристрої, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- використовуються швидкодійні засоби захисного відключення можливих джерел запалювання;
- використовуються технологічні процеси і устаткування, що задовольняє вимогам статичної іскробезпеки;
- температури нагріву поверхні машин, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, підтримуються нижче гранично допустимої, яка не повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища;
- виключається можливість появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використовується інструмент, робочий одяг і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- зменшується розмір горючого середовища нижче гранично допустимого за горючістю;

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

– виконуються вимоги чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;

– використовується електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей.

На установці очищення газу передбачена система аварійної пожежної сигналізації про підвищення гранично допустимих концентрацій вуглеводнів в приміщенні. Від датчиків, які реагують на підвищення температури при наявності полум'я, надходить сигнал на щит в диспетчерську, із зазначенням приміщення.

Установка комплектується наступними засобами пожежогасіння: порошкові вогнегасники ОП-10 в кількості 5 штук, вогнегасники ОП-50 в кількості 7 штук, які знаходяться на зовнішній території установки; вогнегасники ОУ-5 в кількості 3-х штук, які використовуються для гасіння електроустаткування, що знаходиться під напругою до 1000В. На території установки є шість ящиків з піском, кожен з яких оснащений лопатою, багром, сокирою, відром.

По периметру технологічного відділення зовні і всередині операторної встановлені сигнальні кнопкові сповіщувачі, з виведенням на щит.

До стаціонарних засобів пожежогасіння на установці відносяться сім пожежних гідрантів для підключення пожежної машини, три лафетних ствола, сім сухотрубів.

Трубопроводи паро- та азототушення забезпечені стояками з вентилями і шлангами. Система подачі автоматична. Пожежний водопровід має на кожному крані пожежні рукави завдовжки не менше 15 м.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

6.2 Засоби індивідуального захисту працівників

Відповідно до галузевих нормативів, кожен працюючий на установці повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту:

1. Спецодяг:

- костюм бавовняний, видається на 12 місяців;
- костюм ватний, видається на 24 місяці;
- спеціальне взуття (черевики, чоботи), видається на 12 місяців;
- валянки, видаються на 36 місяців;
- рукавиці - одна пара, на один місяць;
- каску, на два роки.

2. Засоби індивідуального захисту:

- промисловий фільтруючий протигаз марки БКФ, для захисту органів дихання, при вмісті шкідливих газів до 0,5% об'ємних, кисню не менше 18%.

Спецодяг зберігається в спеціально обладнаному приміщенні, в шафі з подачею підігрітого повітря для сушіння. Для прання і хімічного чищення спецодягу обладнано пральне відділення, де також здійснюється ремонту спецодягу.

Індивідуальні протигази зберігаються в операторної, в спеціальній шафі. Протигази перевіряються раз в три місяці в лабораторії, раз на місяць на установці, щомісяця власниками.

Чергові та аварійні ЗІЗ, що зберігаються в машзалі:

1. Протигази БКФ-5 штук.
2. Протигази ПШ-1 - 2 штуки.
3. Повітряно-ізолюючі протигази АД-342 - 3 штуки.
4. Гумові чоботи - 1 пара.
5. Вибухозахищені ліхтарі - 2 штуки.
6. Рятувальні пояси - 2 штуки.
7. Набір інструментів - 2 комплекти.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

8. Паронітові прокладки - 1 комплект.
9. Заглушки різних розмірів - 1 комплект.
10. Сальникова набивка - 3 кг.
11. Вогнегасник ОП-50 - 7 штук.
12. Вогнегасник ОП-10- 4 штуки

У операторної знаходяться:

1. Повітряно-ізолюючі протигази АД-342 - 9 штук.
2. Вогнегасник ОУ-3 - 2 штуки.

Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2 використовуються для роботи в апаратах, колодязях та інших місцях, де знижений вміст кисню.

Повітряно-ізолюючий протигаз АД-342 перевіряється один раз в три місяці. ГСС здійснює їх необхідний ремонт і закачування балонів повітрям. ПШ-1, ПШ-2 перевіряється службою один раз в 6 місяців.

Аварійні ЗІЗ і аварійний інструмент зберігаються в спеціальній аварійній шафі, яка перевіряється, пломбується інженером за описом.

Також в операторній і в машзалі знаходиться аптечка з набором медичних засобів, для надання першої медичної допомоги, вона включає до свого складу: бинти, вату, серцеві засоби, шлункові, болезаспокійливі засоби, мазь борну, джгут кровоспинний і т.д.

6.3 Заходи для забезпечення охорони праці

До небезпечних робіт на установці відносяться:

1. Технологічні - пуск, перемикання, зупинка, відбір проб.
2. Ремонтні роботи.
3. Роботи з ліквідації аварій - аварійна зупинка, усунення пропусків газу, гасіння пожежі

Газонебезпечні роботи - це роботи, пов'язані з оглядом, чищенням, ремонтом апаратів і трубопроводів, розгерметизацією технологічного

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

обладнання та комунікацій. При проведенні газонебезпечних робіт є можливість виділення в робочу зону вибухопожежонебезпечних та шкідливих газів або інших речовин. Роботи при недостатньому вмісті кисню (менше 20% об'ємних) також відносяться до газонебезпечних, і проводяться відповідно до інструкції з проведення газонебезпечних робіт.

Роботи 1 категорії газонебезпеки проводяться з оформленням наряду-допуску, 2 категорії - без оформлення наряду-допуску, але з реєстрацією в спеціальному журналі, 3 категорії газонебезпеки - це роботи по ліквідації можливих аварій і аварійних ситуацій, виконуються відповідно до заходів, розроблених в плані ліквідації аварій.

Вогневі роботи - роботи, які пов'язані із застосуванням відкритого вогню, іскроутворення і нагріванням до температур, здатних викликати займання матеріалів, конструкцій. Перед проведенням вогневих робіт повинно бути оформлено дозвіл на проведення вогневих робіт. Необхідно підготувати місце проведення робіт: відсікти ремонтні ділянки трубопроводу або апарата від діючої запірної арматури заглушками, перевірити герметичність фланцевих з'єднань в радіусі - 20 м, виявлені витіки усунути. Після аналізу повітряного середовища слід визначити можливість проведення вогневих робіт (їх можна почати при позитивних результатах аналізу). Після проведення вогневих робіт необхідно перевірити місце проведення цих робіт на відсутність загоряння протягом трьох годин.

Експлуатація апаратів, що працюють під тиском, повинна проводитися відповідно до вимог правил по «Експлуатації апаратів, що працюють під тиском». На апараті працюючим під тиском повинна бути табличка розміром 150-200 мм², де зазначено:

- реєстраційний номер;
- максимальний робочий тиск;
- дата наступного опосвідчення.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Для роботи апарат має бути забезпечен необхідними приладами, запірною і регулюючою арматурою, запобіжними пристроями.

За працюючим обладнанням необхідний постійний контроль обслуговуючого персоналу.

До експлуатації не допускаються апарати:

- з вичерпаним терміном опосвідчення, і без дозволу на перенесення термінів;

- при відсутності в паспорті дозволу на експлуатацію;

- в аварійних випадках, передбачених інструкцією з експлуатації.

При роботі з електрообладнанням повинні дотримуватися правила, що забезпечують електробезпеку.

До головних заходів електробезпеки можна віднести:

- електрообладнання повинно бути справним;

- надійна ізоляція і заземлення;

- автоматичне відключення;

- справні засоби індивідуального захисту (рукавички, килимки, підстилки);

- на шафах високої напруги повинні бути плакати «смертельно»;

- шафи з електрощитами повинні бути закриті;

- не можна захаращувати проходи до електроустановок;

- в разі перерви подачі електричного струму - електрообладнання повинно бути відключено;

- гасити електроустановки вогнегасником ОП-10 або ОП-50, або азбестовим (повстяним) покривалом.

Вентиляційні установки призначені для видалення з робочого приміщення надлишку тепла, вологи, шкідливих речовин і подають в приміщення чисте повітря.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Для безпеки експлуатації системи вентиляції необхідно дотримуватися вимог:

- стежити за справною роботою вентиляційних агрегатів і ступінь нагріву калориферів, електродвигуна, підшипників;
- експлуатувати тільки справну вентиляційну систему;
- всі обертові частини повинні бути огорожені ґратами, кожухами;
- електродвигуни та вентилятори повинні бути заземлені;
- приміщення вентиляційної камери повинно бути закритим;
- не можна захаращувати вентиляційну камеру;
- у вентиляційній камері повинна бути вивішена схема вентиляційної установки.

Для забезпечення безпечної експлуатації установки на робочому місці і у начальника установки є інструкції по експлуатації установки і її окремих апаратів, інструкції з техніки безпеки, газобезпеки, пожежонебезпеки, електробезпеки відповідно до переліку нормативно технічної документації, план ліквідації аварій, технологічні та інші схеми, стенди і плакати з охорони праці.

При прийомі на роботу проводиться вступний інструктаж, після стажування на робочому місці (не менше ніж 10 змін) проводиться перевірка знань на допуск до роботи (з охорони праці та знань з експлуатації обладнання).

Щорічно за затвердженим графіком проводиться перевірка знань у працівників по техніці безпеки на допуск до самостійної роботи, електробезпеки, правилам будови і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском.

Відповідно до трудового законодавства на адміністрацію покладаються обов'язки по контролю за дотриманням техніки безпеки і вимог інструкцій.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Щокварталу начальник установки проводить поточний інструктаж з техніки безпеки, а також проводить позачергові і разові інструктажі.

На заводі існує служба охорони праці, в завдання якої входить забезпечення, і контроль за дотриманням правил техніки безпеки і промислової санітарії, розробка заходів щодо підвищення рівня охорони праці, впровадження наукової організації праці.

На заводі є кабінет з охорони праці. Відповідальність за організацію, обладнання, а також контроль за його роботою покладається на заступника головного інженера з техніки безпеки.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розглянуто процес очищення газів розчином моноетаноламіну. Вирішено наступні задачі:

1. Розглянуті основні методи очищення газів та окремо очищення розчином моноетаноламіну.

2. Проведено розрахунок матеріального балансу технологічного процесу в моделюючій програмі Hysys.

3. Відповідно до технологічного завдання розроблено математичну модель та алгоритм розрахунку абсорбційної колони. Розроблено модуль для комп'ютерного моделювання процесу в інтегрованому комп'ютерному середовищі C#.

4. Проведено аналіз технологічної схеми як об'єкту автоматизації. Розроблено схему автоматизації процесу очищення газів розчином моноетаноламіну, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації.

5. Розраховано техніко-економічні показники виробничого очищення газів розчином моноетаноламіну, за яким визначено, що дане виробництво є доцільним.

6. Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори на виробництві, визначено заходи для їх усунення.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Царева З.М. Основы теории химических реакторов. М.: Высшая школа, 1997. –624с.
2. Сигэру О. Химия органических соединений серы / О. Сигэру. М.: Химия. 1975. 512 с.
3. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа /А. К. Мановян. М.: Химия. 2001. 568 с.
4. Бекиров Т.М. Первичная переработка природных газов/ Т.М. Бекиров. М.: Химия. 1987. 256 с.
5. Лапшенков, Г.И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности // Г.И. Лапшенков, Л.М. Полоцкий. – М.: Химия, 1988. – 287с
6. Николаев В.В. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа / В.В. Николаев, Н.В. Бусыгина, И.Г. Бусыгин. М.: ОАО Издательство «Недра».1998. 184 с.
7. Стрижов И.Н. Добыча газа / И.Н. Стрижов, И.Е. Ходанович. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2003. 376 с.
8. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммуналь- но-бытового назначения. Взамен ГОСТ 5542-78; введ. 1988-01-01 М.: ИПК Издательство стандартов. 2000. 3 с.
9. Бугаєва, Л.М. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів [Текст] // Л.М. Бугаєва, Ю.О. Безносик, Г.О. Статюха – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 132 с.
10. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо – кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом підготовки 0925 “Автоматизація та компютерно інтегровані технології” // Г.О. Статюха та ін.; НТУУ «КПІ» – К.: ТВЦ “Політехніка”, 2007. – 55 с.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

11. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

12. Оборудование КИПиА - датчики давления, уровнемеры, манометры, расходомеры, газоанализаторы, теплосчетчики, датчики уровня, преобразователи давления [Электронный ресурс] / НПО "РИЗУР" // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://rizur.ru/>.

13. Датчики влажности, терморегуляторы, термопары. КИПиА от производителя [Электронный ресурс] / НВК «Рэлсиб» // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://www.relsib.com/>.

14. КИПиА - контрольно измерительные приборы: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, терморегуляторы. Датчики температуры, давления и уровня производство КиП ОВЕН Украина Харьков [Электронный ресурс] / Компания ОВЕН // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: <http://owen.com.ua/>.

15. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки.: ГОСТ 12.1.007-76. – [Чинний від 1976-03-10]. – М.: Міжнародний стандарт 1999. – 4 с.

16. Лопаносов І. Ю., Бугаєва Л. М., Безносик Ю. О. МОДЕЛЮВАННЯ АБСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ. ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ Сьомої міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку – КМХТ2019», Київ 6-8 травня 2019 року. Київ, 2018. С.313-320.

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

ДОДАТКИ

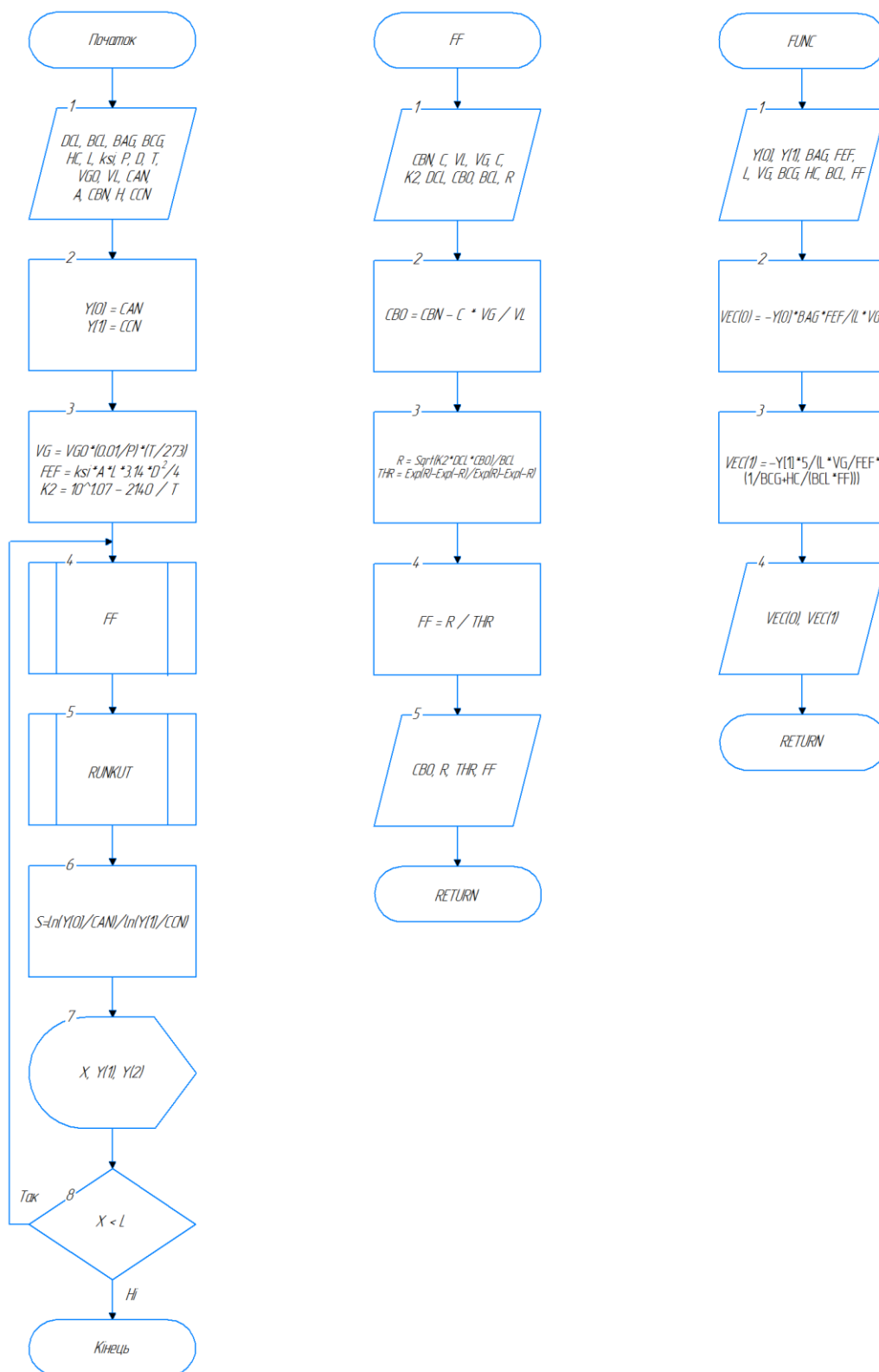
					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Алгоритм обчислювального модуля

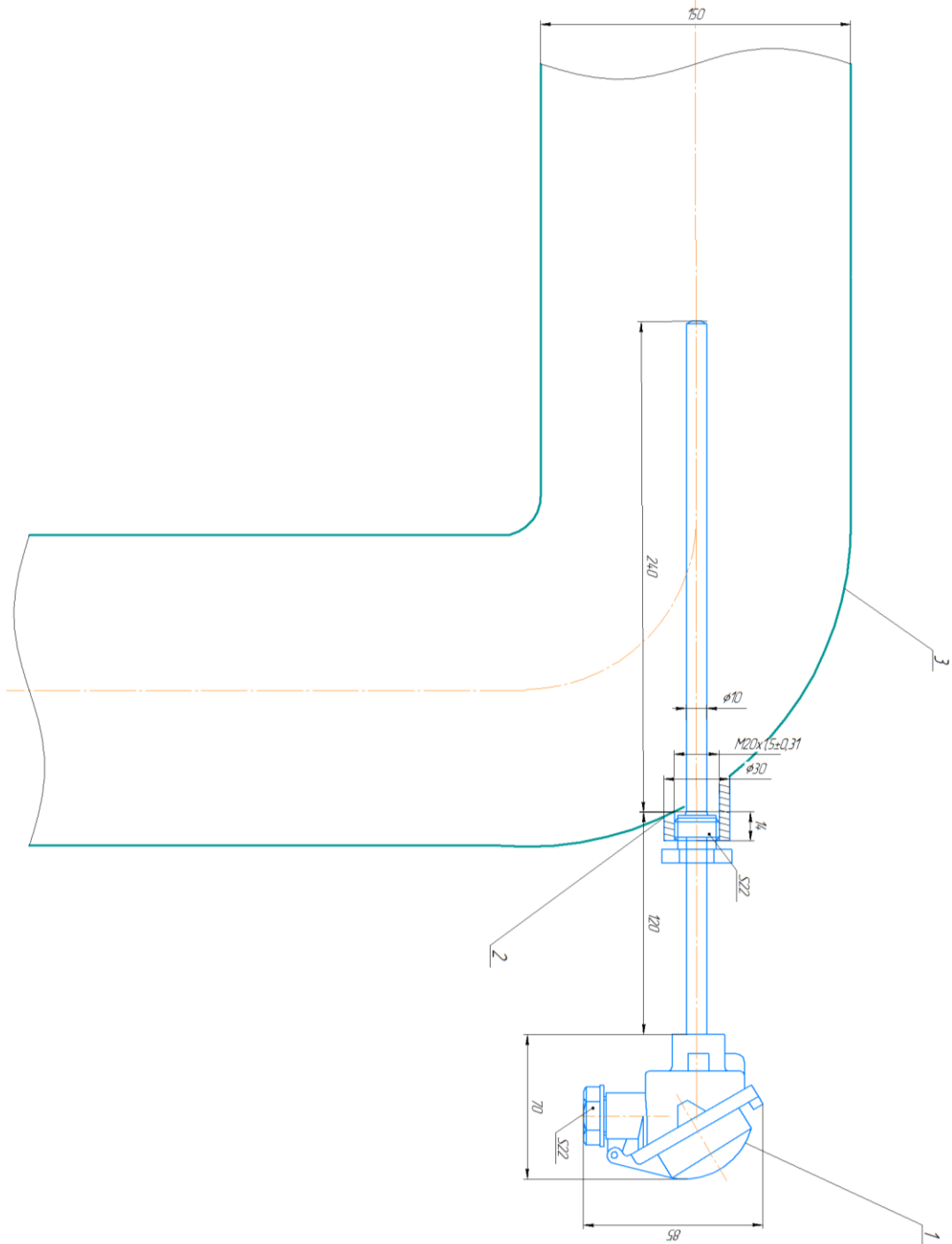
Підпрограма розрахунку коефіцієнта
прискорення при хемосорбції компонента С

Підпрограма розрахунку правих
частин диференціальних рівнянь



Додаток Б

Креслення монтажу технічного засобу автоматизації



							ДП ХА 5108 490 001	Арк.
								83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Додаток В

Таблиця В.1 - Специфікація устаткування, приладів і матеріалів, використаних в схемі автоматизації

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
14-1	Витрата	Трубопровід	46 300 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10 \text{ МПа}$; $D_{гр} = 150 \text{ мм}$	ДКС 10-150	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	1 од.
1-1, 2-1, 15-1	Витрата	Трубопровід	1100 кг/год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 10 \text{ МПа}$; $D_{гр} = 50 \text{ мм}$	ДКС 10-50	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	3 од.
1-2, 2-2, 14-2, 15-2	Витрата	Те саме	Те саме	Місцевий	Дифманометр безшкальний з квадратичною функцією перетворення, $\Delta P_{\text{max}} = 40 \text{ кПа}$; клас точності 1; $P_{\text{вих}} = 20 \dots 100 \text{ кПа}$	13ДЦ11 (мод. 720)	ВО «Теплоприбор», м. Рязань	4 од.
1-2, 14-3,	”	”	”	Щит керування	Показуючий автоматичний прилад слідуючого урівноваження. Похибка реєстрації = 1%, показань = 0,5%; вих. Сигнал 4.. 20 Ма	РП 120-30	ДП "Львівприлад"	2 од.
2-3, 15-3	”	”	”	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний і реєструвальний зі станцією керування; $P_{\text{вих}} = 20 \dots 100 \text{ кПа}$	ФК0071	ВАТ «ТІЗПРИБОР», м. Москва	2 од.

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-4, 3-4, 5-4, 14- 4,9-3, 3- 3,5-3	” —	” —	” —	Трубопровід	Електричний виконавчий механізм. Вих. сигнал 4.. 20 мА; вих. сигнал 3 фази 380 В	МЕО-40/10-0,25-99К	НВО "Теплоавтомат" м.Харків	8 од.
4-1, 6-1, 12-1	Тиск	Трубопровід	7 МПа	Місцевий	Тензорезистивний перетворювач, $P_{вх} = 0,16 \text{ кПа} \dots 100 \text{ МПа};$ $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	САПФИ Р-22М	ООО «Манометр», м. Москва	3 од.
4-2, 6-2 12-2	” —	” —	” —	Щит керування	Промисловий ПД-регулятор з вбудованим показуючим пристроєм; $I_{вх} = 4 \dots 20 \text{ мА};$ $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ТРМ-212-Н-РР	«ОВЕН», м. Харків	3 од.
6-3 12-3	” —	” —	” —	Місцевий	Частотний перетворювач, $I_{вх} = 4 \dots 20 \text{ мА};$ $P_{max} = 2,25 \text{ кВт}$	VFDD015 EL43A	ОАО «Delta Electronics», м.Дніпро	2 од.
4-3			” —	Місцевий	Регулятор тиску газу $P_{вх} = 2 \text{ МПа} \dots 10 \text{ МПа};$ $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	РДПВ ЭКФО	ООО ПКФ «Экс-форма» м. Саратов	1 од.
3-1, 3- 2,5-1, 5- 2	Рівень	Ректифікаційні колони	1 м	Ректифікаційні колони, щит керування	Комплект регулювання рівня: кондуктометричний датчик та електронний регулятор рівня рідини ЕРСУ-3. Похибка спрацьовування за рівнем = 10 мм. Вихідний сигнал 4.. 20 мА	САУ-М6	ПНВП "Промприлад" м.Житомир	2 од.

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7-1,8-1, 10-1, 13-1	Температу ра	Трубопрові д, десорбційа колона	118 ⁰ С	Місцевий	Термоперетворювач опору мідний уніфікованим вихідним ; $T_{вх} = 0^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$; Інерційність 15 с; $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	КТСМ 0193	НВО «Електротермія», м. Луцьк	4 од.
7-2, 8-2, 10-2, 13-2	” —	” —	” —	Щит керування	Промисловий ПІД-регулятор з вбудованим показуючим пристроєм; $I_{вх} = 4 \dots 20 \text{ мА}$; $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ТРМ-212- Н-РР	«ОВЕН», м. Харків	4 од.
7-3, 8-3, 10-3	” —	” —	” —	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	3 од.
14-1, 14-2	Концентра ція	Повітря робочої зони	10 мг/м ³	Стіна приміщення, щит керування	Комплект електричного газоаналізатора повітря робочої зони, $C_{вх} = 0 \dots 12 \text{ мг/м}^3$; $I_{вих} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	ГСО-2	ЗАО «Метеоспецприбо р» м. Санкт- Петербург	1 од.

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-1, 11-2	” —	Трубопрові д	2%	Трубопровід, щит керування	Електрична газоаналітична система що включає в себе місцевий пробовідбірник, блок місцевої пробоподготовки, пристрій комутації $C_{вх} = 0,0001 \dots 100 \text{ \% об;}$ $I_{вх} = 4 \dots 20 \text{ мА}$	КТО	ЗАО «НПП «Автоматика» м. Владимир	1 од.
9-2, 9-2	” —	” —	34%	Трубопровід, щит керування	Комплект концентратоміра який включає в себе первинний перетворювач, питомої електричної провідності, і вимірювальний прилад, екран індикації $I_{вх} = 4 \dots 20 \text{ мА;}$ $C_{вх} = 0 \dots 40 \text{ \% об;}$	АЖК- 3101.К	ООО НПФ «Лабораторная техника» м. Харків	1 од.
НЛ1	” —	” —	” —	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна зелена, $U_{жив} = 220 \text{ В, } 50/60 \text{ Гц}$	ЛС-47-1	«ІЕК Україна», м. Київ	1 од.

Додаток Г

Таблиця Г.1 - Порівняння техніко-економічних показників

Показник	Без автоматизації	З автоматизацією
Чисельність персоналу за списком, чол.	$\text{Ч}_{\text{сп}} = 18$	10
Капіталовкладення, грн.	$K = 14420720$	13289940
Загальна собівартість продукції, грн/рік	$C = 12307720$	11138508
Відносний прибуток грн/рік	$\Pi = 832280$	2001492
Рентабельність продукту %	$P = 6,8$	18
Термін повернення капіталовкладень, років	$T_{\text{пов}} = 17$	6,6
Коефіцієнт економічної ефективності	$E = 0.058$	0,15
Вартість виробничих засобів:		
- Основних засобів, грн	$OЗ = 2260000$	2308040
- Оборотних засобів, грн	$OБЗ = 12160720$	10981900
Фондовіддача виробничих засобів.	$\Phi B = 5,8$	5,7
Фондоємність продукції	$\Phi \text{Є} = 0,17$	0,18

Додаток Д

Лістинг розробленої програми

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using ZedGraph;

namespace SimpleSignal
{
    public partial class MainForm : Form
    {
        public MainForm ()
        {
            InitializeComponent ();

            PointPairList list = new PointPairList();
            PointPairList list1 = new PointPairList();
            List<double> listCAN = new List<double>();
            List<double> listCCN = new List<double>();
            private void button_start_Click(object sender, EventArgs e)
            {
                DrawGraph();
            }
            static double i, L, ksi, P, D, T, VGO, VL, CAN, A, CBN, H, CCN, VG, FEF, FF, Q, X, XK,
            K2, S, C, CBO, R, DCL, BCL, THR, BAG, BCG, HC;

            static double[] VEC = new double[2];
            static double[] G = new double[2];
            static double[] Y = new double[2];
            static int N = 2;

            private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
            {
                Application.Restart();
            }

            private void Info_Click_1(object sender, EventArgs e)
            {
                MessageBox.Show("L-Висота насадки, м\n" +
                "D - Діаметр апарата, м\n" +
                "A - Питома поверхня контакту фаз, м2/м3\n" +
                "ksi - Частка ефективної поверхні\n" +
                "T - Температура процесу, К \n" +
```

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

```

        "P - Тиск в апараті, МПа\n" +
        "VGO - Витрата газу в нормальних умовах, мм^3/год\n" +
        "VL - витрата рідини, м^3/год\n" +
        "BAG - коефіцієнт масопереносу компонента А в \nгазовій граничній плівці,
м/год\n" +
        "BCG - коефіцієнт масопереносу компонента С в \nгазовій граничній плівці,
м/год\n" +
        "BCL - коефіцієнт масопереносу компонента С в \nрідкій граничній плівці,
м/год\n" +
        "DCL - коефіцієнт молекулярної дифузії компонента\nА в рідкій граничній
плівці, м^2/год\n" +
        "HC - константа фазової рівноваги, м^3р/м^3г\n" +
        "CAN - концентрація компонента А у вхідному\nгазовому потоці, м^3\n" +
        "CCN - концентрація компонента С у вхідному\nгазовому потоці, м^3\n" +
        "CBN - концентрація хемсорбента В у вхідному\nпотоці рідини, м^3\n" +
        "dH - крок інтегрування, м\n", "Довідка");
    }

```

```

private void DrawGraph ()
{
    dataGridView1.Rows.Clear();
    DCL = double.Parse(textBox_DCL.Text);
    BCL = double.Parse(textBox_BCL.Text);
    BAG = double.Parse(textBox_BAG.Text);
    BCG = double.Parse(textBox_BCG.Text);
    HC = double.Parse(textBox_HC.Text);
    L = double.Parse(textBox_L.Text);
    ksi = double.Parse(textBox_ksi.Text);
    P = double.Parse(textBox_P.Text);
    D = double.Parse(textBox_D.Text);
    T = double.Parse(textBox_T.Text);
    VGO = double.Parse(textBox_VGO.Text);
    VL = double.Parse(textBox_VL.Text);
    CAN = double.Parse(textBox_CAN.Text);
    A = double.Parse(textBox_A.Text);
    CBN = double.Parse(textBox_CBN.Text);
    H = double.Parse(textBox_dH.Text);
    CCN = double.Parse(textBox_CCN.Text);
    Y[0] = CAN;
    Y[1] = CCN;
    VG = VGO * (0.01 / P) * (T / 273);
    FEF = ksi * A * L * 3.14 * D * D / 4;
    K2 = Math.Pow(10, 11.07 - 2140 / T);

    for (X = 0; X < L+1; X++)
    {
        list.Add(X, Y[0]);
        list1.Add(X, Y[1]);
        listCAN.Add(Y[0]);
        listCCN.Add(Y[1]);
    }
}

```

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        dataGridView1.Rows.Add(Math.Round(X, 3), Math.Round(Y[0], 8),
Math.Round(Y[1], 8));

        FFF();
        RUNKUT();
        S = Math.Log(Y[0] / CAN) / (Math.Log(Y[1] / CCN));
    }
    void FFF()
    {
        C = Y[0] + 2 * Y[1];
        CBO = CBN - C * VG / VL;
        R = Math.Sqrt(K2 * DCL * CBO) / BCL;
        THR = (Math.Exp(R) - Math.Exp(-R)) / (Math.Exp(R) - Math.Exp(-R));
        FF = R / THR;
    }
    void FUNC()
    {
        VEC[0] = -Y[0] * BAG * FEF / (L * VG);
        VEC[1] = -Y[1] / (L * VG / FEF * (1 / BCG + HC / (BCL * FF)));
    }
    void RUNKUT()
    {
        double[] T1 = new double[2];
        double[] T2 = new double[2];
        double[] T3 = new double[2];
        double[] T4 = new double[2];
        for (int j = 0; j < 0.5; j++)
        {
            for (int i = 0; i < N; i++)
            {
                G[i] = Y[i];
            }
            FUNC();
            for (int i = 0; i < N; i++)
            {
                T1[i] = H * VEC[i];
                Y[i] = G[i] + T1[i] / 2;
            }
            FUNC();
            for (int i = 0; i < N; i++)
            {
                T2[i] = H * VEC[i];
                Y[i] = G[i] + T2[i] / 2;
            }
            FUNC();
            for (int i = 0; i < N; i++)
            {
                T3[i] = H * VEC[i];
                Y[i] = G[i] + T3[i];
            }
        }
    }

```

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

```

FUNC();
for (int i = 0; i < N; i++)
{
    T4[i] = H * VEC[i];
    G[i] = G[i] + (T1[i] + 2 * (T2[i] + T3[i]) + T4[i]) / 6;
}
for (int i = 0; i < N; i++)
{
    Y[i] = G[i];
}
}
}
GraphPane pane = zedGraph.GraphPane;
pane.CurveList.Clear();
pane.Title.Text = "Зміна концентрації по висоті колони";
pane.XAxis.Title.Text = "L";
pane.YAxis.Title.Text = "C";
double ymax_limit;
double ymin_limit;

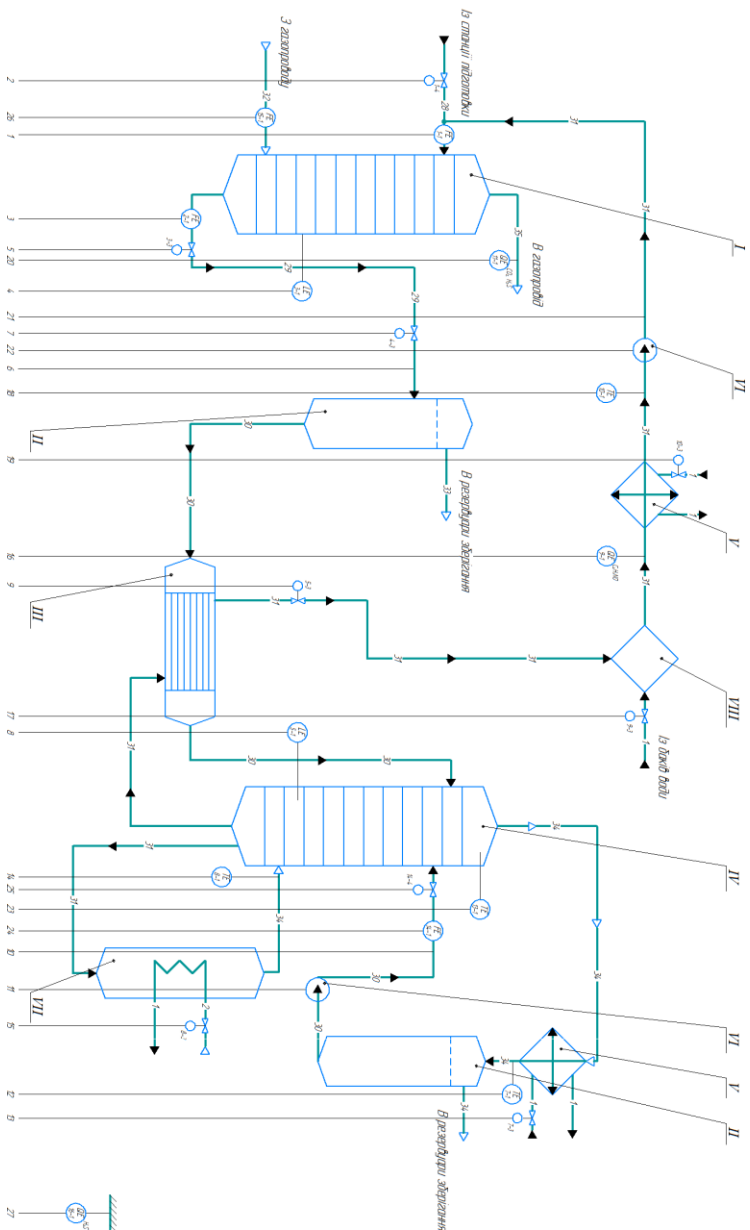
if(listCCN.Max()> listCAN.Max())
{
    ymax_limit = listCCN.Max() + listCCN.Max() / 14;
    pane.YAxis.Scale.Max = ymax_limit;
}
else
{
    ymax_limit = listCAN.Max() + listCAN.Max() / 14;
    pane.YAxis.Scale.Max = ymax_limit;
}
if (listCCN.Min() < listCAN.Min())
{
    ymin_limit = listCCN.Min();
    pane.YAxis.Scale.Min = ymin_limit;
}
else
{
    ymin_limit = listCAN.Min();
    pane.YAxis.Scale.Min = ymin_limit;
}
double xmin_limit = 0;
double xmax_limit = L;
pane.XAxis.Scale.Min = xmin_limit;
pane.XAxis.Scale.Max = xmax_limit;
LineItem myCurve = pane.AddCurve("", list1, Color.Blue, SymbolType.None);
LineItem myCurve1 = pane.AddCurve("", list, Color.Red, SymbolType.None);
zedGraph.AxisChange ();
zedGraph.Invalidate ();
}
}}

```

					ДП ХА 5108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Додаток Е

Технологічна схема автоматизації



Позначення	Назва/одиниця
-1-	Водопровід
-2-	Водопровід
-20-	Водопровід
-22-	Водопровід
-30-	Водопровід
-31-	Водопровід
-32-	Водопровід
-33-	Водопровід
-34-	Водопровід
-35-	Водопровід

Позначення	Назва/одиниця	Кількість
I	Водопровід	1
II	Водопровід	2
III	Водопровід	1
IV	Водопровід	1
V	Водопровід	2
VI	Водопровід	2
VII	Водопровід	1
VIII	Водопровід	1

Штук	Кількість	Примітки
1	46 300 шт/год	
2	46 300 шт/год	
3	46 300 шт/год	
4	46 300 шт/год	
5	46 300 шт/год	
6	46 300 шт/год	
7	46 300 шт/год	
8	46 300 шт/год	
9	46 300 шт/год	
10	46 300 шт/год	
11	46 300 шт/год	
12	46 300 шт/год	
13	46 300 шт/год	
14	46 300 шт/год	
15	46 300 шт/год	
16	46 300 шт/год	
17	46 300 шт/год	
18	46 300 шт/год	
19	46 300 шт/год	
20	46 300 шт/год	
21	46 300 шт/год	
22	46 300 шт/год	
23	46 300 шт/год	
24	46 300 шт/год	
25	46 300 шт/год	
26	46 300 шт/год	
27	46 300 шт/год	