

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Факультет хіміко-технологічний.  
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів.

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

“ ” червня 2016 р.

## Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу знесолення продувочних стічних вод системи зворотного водоспоживання

Виконав студент IV курсу, групи ХА-21

Журбенко Ілля Миколайович

Керівник доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Абрамова А.О.

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

(підпис)

Консультанти:

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

(підпис)

з математичн. моделювання в.о.зав. каф. КХТП, к.т.н., Бойко Т.В.

(підпис)

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

(підпис)

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

(підпис)

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

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

Рецензент \_\_\_\_\_

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

(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2016 рік

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет \_\_\_\_\_ хіміко-технологічний \_\_\_\_\_.

Кафедра \_\_\_\_\_ кібернетики хіміко-технологічних процесів \_\_\_\_\_.

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.050202" Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Т.В.Бойко

(підпис)

«    » лютого 2016 р

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту  
Журбенко Іллі Миколайовичу**

1. Тема проекту Комп'ютерний розрахунок процесу отримання метанолу із синтез-газу.

керівник проекту Абрамова Алла Олександрівн, к.т.н., доц.

затверджені наказом по університету від «    » \_\_\_\_\_.

2. Термін подання студентом проекту 07 червня 2016р

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2016

Календарний план

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

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

І.М.Журбенко

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

А.О.Абрамова.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МТБ – матеріальний баланс;  
ХТС – хіміко-технологічна система;  
 $G$  – продуктивність;  
 $P$  – тиск;  
 $T$  – температура;  
 $V$  – об'ємна витрата;  
 $x$  – степінь перетворення;  
РІВ – реактор ідеального витіснення;  
ГДК – гранично допустима концентрація;  
ФОП – фонд оплати праці;  
ОЗ – основні засоби;  
А – амортизація основних фондів;  
ОБК – обігові кошти;  
С – собівартість;  
П – прибуток;  
Ц – ціна;  
ФОП – фонд оплати праці;  
КНП – клас небезпечності підприємства;  
КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						9
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Метиловий спирт (метанол, карбінол, деревний спирт) в наш час по значенню та масштабами виробництва є одним з найважливіших багатотоннажних продуктів, які виготовляє сучасна хімічна промисловість. Він широко використовується для отримання формальдегідів (близько 50% від загального випуску), пластичних мас, синтетичних волокон, синтетичного каучуку (11%), використовується в ролі розчинника та ін.

Дуже актуальним є пошук нових шляхів використання цього продукту зокрема, виробництво палива для електростанцій, перетворення метанолу в олефіни (широко використовуються для синтезу полімерів), здобуття метилового ефіру ( $C_2H_6O$ ) і біопаливо для транспорту (рідке біопаливо для двигунів внутрішнього згорання), нові хімічні синтези на базі метанолу, а також використання метанолу як одного з варіантів при освоєнні важкодоступних родовищ газу.

Отримання метанолу можливе різними шляхами, але саме виробництво з синтез-газу використовується найчастіше, так як кількість та якість цільового продукту найвищі [1].

Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання метанолу з синтез-газу при тиску 5 МПа, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для розрахунку конструктивних параметрів реактора синтезу, розробка схеми автоматизації виробництва, оцінка його техніко-економічних показників та аналіз охорони праці на підприємстві.

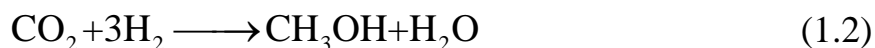
					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						10
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

# 1. Характеристика технологічної схеми процесу

## 1.1 Основні методи отримання метанолу

На початку 1920-х років був розроблений процес одержання синтез-газу, а вже в 1923 р. у Німеччині був отриманий перший промисловий метанол. Процес проводився під тиском 25 – 35 МПа на каталізаторі, що складається з цинку та хрому за температури 320 – 380 °С. Довгий час він служив паливом для господарських потреб і був одним з перших видів пального для двигунів внутрішнього згоряння. І якщо в середині 1920-х років світова витрата метанолу складала не набагато більше 100 тис. т/рік, то в наш час він становить більше 15 млн. т/рік, посідаючи четверте місце серед основних продуктів багатотоннажної хімії. У 60-х роках в Англії був розроблений синтез метанолу під тиском 5 МПа на мідному низькотемпературному каталізаторі [1].

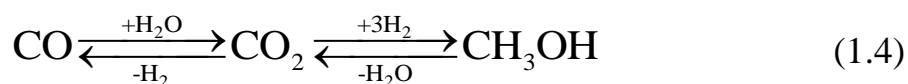
Протягом багатьох років вважалося, що в основі синтезу метанолу лежать каталітичні перетворення суміші оксиду (або двоокису) вуглецю з воднем, які протікають по рівняннях (1.1) – (1.2).



В 1973 – 1975 р. в Інституті нафтохімічного синтезу АН СРСР А. Я. Розовским, Ю. Б. Каганом, А. Н. Башкіровим був запропонований і експериментально доведений принципово новий механізм синтезу метанолу, відповідно до якого на оксидних каталізаторах, у тому числі й на мідь-цинк-алюмінієвому, метанол утворюється з двоокису, що присутній у вихідній суміші або утворюється за реакцією:

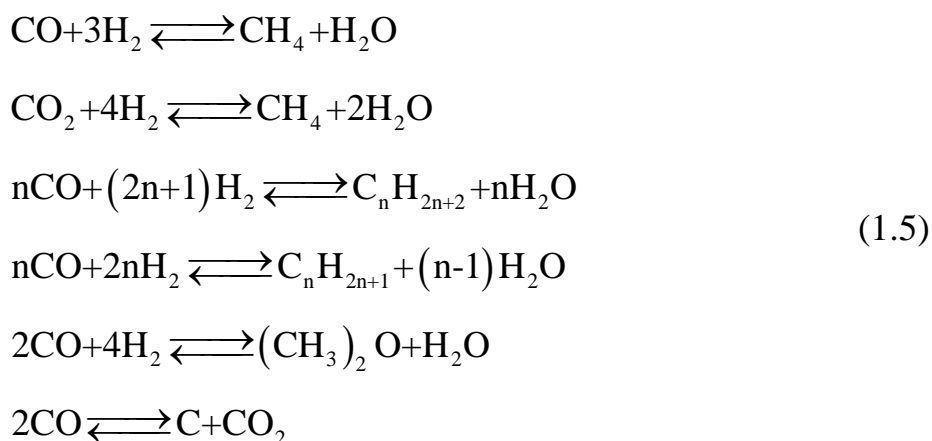


З урахуванням цього синтез метанолу із  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$  можна представити в такий спосіб:



					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

Під час синтезу метанолу поряд з основною реакцією протікають також і ряд побічних [2]:



Зменшити утворення побічних продуктів можна шляхом підбору високоефективних і селективних каталізаторів, але повністю усунути їх неможливо. Дослідження показали, що утворення метану й вищих вуглеводнів можна звести до мінімуму, якщо до складу каталізатора не будуть входити Fe, Co та Ni. Крім того, проведення синтезу при низьких температурах сприяє зменшенню кількості утворених вищих вуглеводнів. При низьких температурах синтезу утворення метилового ефіру практично не відбувається.

Для синтезу метанолу можна використовувати практично будь-який газ, який містить водень та оксид вуглецю. В перших виробництвах метанолу, які були створені в 30-ті роки, в ролі сировини використовували тверде паливо – кокс та кам'яне вугілля. З освоєнням хімічною промисловістю нафтових джерел сировини та природного газу сировину для синтезу метанолу стали отримувати шляхом крекінгу нафтопродуктів та конверсії газів, що містять метан. В наш час в промисловій практиці отримання технічного газу для синтезу метанолу використовують газоподібні, рідкі вуглеводні, тверде паливо (рідко) та побутові відходи.

Найбільш часто використовується в якості сировини природний газ та газ нафтопереробки. Практикою встановлено, що газ для синтезу має містити в собі компоненти у відношенні, близькому до стехіометричного, тобто

$$(\text{H}_2 - \text{CO}_2) : (\text{CO} + \text{CO}_2) = 2,01 \div 2,15.$$

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

Звичайно для отримання газу та його підготовки для синтезу метилового спирту застосовують пароповітряну конверсію, парову, парову з дозуванням двоокису вуглецю, високотемпературну та інші види конверсії (процес переробки газів з метою зміни складу початковій газовій суміші).

Технологічний процес отримання метанолу з оксиду вуглецю та водню включає ряд операцій, обов'язкових для будь якої технологічної схеми синтезу. Газ спочатку очищується від карбонілу заліза  $Fe(CO)_5$  та з'єднань, які містять сірку, підігрівається до температури початку реакції та надходить в реактор синтезу метанолу. На виході з зони каталізатора з газів виділяють метанол що утворився, це досягається охолодженням суміші, котра потім стискається до тиску синтезу та повертається у процес. На рисунку 1.1 приведена функціональна схема виробництва метанолу [2].

В наш час в промисловості метанол отримують каталітичним гідруванням окису вуглецю у двофазній системі «газ – каталізатор».

#### Рисунок 1.1 – Функціональна схема синтезу метанолу.

В залежності від способу розміщення каталізатора, розподілення матеріальних потоків і методів регулювання температури реактора синтезу метанолу можна розділити на наступні:

- шахтні з адіабатичними шарами каталізатора, розміщеного в одному або декількох послідовно розташованих реакторів;
- трубчаті з відводом тепла реакції з зони каталізу постійним теплоносієм (вода, високо киплячі вуглеводні та ін.);
- з радіальним ходом газу;
- з псевдозрідженим шаром каталізатора.

Існує декілька методів отримання метанолу в промисловості:

Трифазний метод отримання метанолу. Сутність процесу полягає в тому, що взаємодія оксидів вуглецю та водню відбувається в реакторі з використанням подрібненого каталізатору, псевдозрідженого в циркулюючому

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		13



потоці рідкого інертного вуглеводню, тобто синтез проводять в системі «газ – каталізатор – інертний розчин». Розроблений процес призначений в основному для виготовлення метанолу для енергетичних цілей з використанням синтез-газу, отриманого газифікацією вугілля. В ролі рідкої фази вибирають парафіни, циклопарафіни, ароматичні вуглеводні, мінеральні масла.

Отримання метанолу неповним окисленням природного газу. Реалізація процесу отримання метилового спирту неповним окисленням природного газу безпосередньо на газових промислах окрім техніко-економічних міркувань вирішує екологічну проблему: виключається транспортування токсичного, вибухонебезпечного метанолу на великі відстані [1].

Отримання метанолу з природного газу при низькому тиску в 5 МПа. В результаті зниження температури синтезу при низькому тиску процес проходить в умовах, близьких до рівноваги, що дозволяє підвищити продуктивність агрегату [3].

Єдиним виробником метанолу на сьогоднішній день в Україні залишається ЗАТ «Сєверодонецьке об'єднання «Азот» (м. Сєверодонецьк) – найбільше хімічне підприємство України, що випускає такі види товарної продукції, як аміак, азотні мінеральні добрива, органічні спирти і кислоти, товари побутової хімії, вироби з полімерів і полімерних плівок [4].

Основною сировиною для виробництва метанолу на даному підприємстві є конвертований газ, отриманий методом каталітичної конверсії природного газу з водяною парою і киснем; газ, що є відходом виробництва оцтової кислоти; синтез-газ – відхід виробництва ацетилену. Синтез метанолу здійснюється на мідь-цинк-алюмінієвому каталізаторі. Процес проводиться без очищення початкового газу від ненасичених вуглеводнів (ацетилену, етилену), кисню і інших мікрочасток. Отриманий метанол-сирець піддається ректифікації із отриманням метанолу ректифікату та метанолу-сирця як відходу.

## 1.2 Опис технологічної схеми процесу синтезу метанолу

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

Останнім часом, широке розповсюдження отримали схеми виробництва метанолу на низькотемпературних каталізаторах при доволі низькому тиску.

Розглянемо схему виробництва процесу синтезу метанолу (рисунок 1.2).

Природний газ стискається турбокомпресором 1 до тиску 3 МПа, підігрівається у підігрівачі 2 за рахунок спалювання у міжтрубному просторі природного газу та направляється на очистку від сірки до апарату 3 та 4, де послідовно відбувається каталітичне гідрування органічних сполук сірки та поглинання отриманого сірководню адсорбентом на основі оксиду цинку. Після цього газ змішується з водяною парою та двоокисом водню у відношенні  $CH_4 : H_2O : CO_2 = 1:3,3:0,24$  суміш направляють у трубчатий конвектор 5, де на нікелевому каталізаторі відбувається паро-вуглекислотна конверсія при  $850-870^{\circ}C$ . Теплоту, необхідну для конверсії отримують в результаті спалення природного газу в спеціальних пальниках.

Рисунок 1.2 – Схема виробництва метанолу при тиску 5 МПа:

1, 10 – турбокомпресори; 2 – підігрівач природного газу; 3 – реактор гідрування сіркових з'єднань; 4 – адсорбер; 5 – трубчатий конвектор; 6 – котел-утилізатор; 7, 11, 12 – теплообмінники; 8, 14 – холодильники-конденсатори; 9, 15 – сепаратори; 13 – колонна синтезу; 16 – збірник.

Конвертований газ поступає до котла-утилізатора 6, де охолоджується до  $280-290^{\circ}C$ . Потім теплоту газу використовують у теплообміннику 7 для підігріву води, яка направляється до котла-утилізатора. Після того як вона пройде повітряний холодильник 8 та сепаратор 9, газ охолоджується до  $35-40^{\circ}C$

Охолоджений конвертований газ стискають до 5 МПа в компресорі 10, змішують з циркуляційним газом та подають до теплообмінників 11, 12, де він нагрівається до  $220-230^{\circ}C$ .

Нагріта газова суміш поступає в колонну синтезу 13, температурний режим у котрій регулюють за допомогою холодних байпасів. Теплоту реакційної суміші використовують у теплообмінниках 11, 12 для підігріву газу що надходить. Далі газова суміш охолоджується в холодильнику-конденсаторі

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						15
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

14, метанол-сирець, що сконденсувався, відділяється в сепараторі 15 та поступає у збірник 16. Циркуляційний газ повертається на синтез, продувочні та танкові гази передають на спалення у трубчатую піч [5].

Отже, розглянемо більш детально саму схему синтезу метанолу, тобто не враховуючи стадію очистки газу.

Схема синтезу метанолу на низькотемпературному каталізаторі представлена на рисунку 1.3. Перший потік – очищений природний газ від сірки, яка є отруйною для каталізатора, змішується з рециркуляційною частиною газової суміші, що відбирається від газу, який вийшов із сепаратора. Потік що утворився (3) ділиться на два потоки – 4 та 5. Четвертий потік газової суміші проходить через два теплообмінники: перший – АТ2 використовує як гріючий агент газову суміш, що вийшла із реактора, другий – АТ1 – використовує в якості гріючого агента пару, яка віддає своє тепло і конденсується.

Нагрітий до 250°C четвертий потік потрапляє в шахтний реактор, де температурний режим регулюють за допомогою байпасу (5), холодний газ вводять через спеціальні пристрої.

Таким чином, завдяки подачі між полки холодної газової суміші у реакторі підтримується стаціонарний режим роботи, та оптимальна температура для каталізатора 230 – 260°C. Вихідний потік 6 з реактора проходить через теплообмінник АТ3, в якому понижається температура потоку, потім через теплообмінник АТ2, де він охолоджується віддаючи своє тепло потоку 4. Після цього охолоджений газ потрапляє в холодильник-конденсатор ХК1, де газова суміш частково конденсується і проходить сепаратор С1, в якому парогазовий потік ділиться на сконденсований метанол-сирець (потік 9) та газову суміш (потік 7). Частина газової суміші потоку 7 іде на байпас, а інша частина змішуючись із потоком 10 – танковими газами, прямує до наступного холодильника-конденсатора, де відповідно конденсується метанол-сирець і у вигляді потоку 11 потрапляє в збірник [6].

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16

Рисунок 1.3 – Схема потоків стадії синтезу метанолу:

1 – синтез-газ; 2 – циркуляційний газ; 3, 6, 7 – газова суміш; 4 – основний потік; 5 – байпасний газ; 8 – продувочні гази; 9, 12 – метанол-сирець; 10 танкові гази; 11 – зворотний метанол. РТ1 – реактор; АТ1 - АТ3 – теплообмінники; ХК1, ХК2 – холодильники-конденсатори; С1 – сепаратор, Е1 – збірник метанолу сирцю.

Отримання метанолу цим способом має ряд переваг, які полягають у тому що, отриманий метанол-сирець містить 98% чистого метанолу, процес проводиться при відносно невисокій температурі 250°C та тиску 5 МПа, що дозволяє спростити технологічне обладнання та невелика кількість відходів так як відпрацьований каталізатор використовується як сировина для виготовлення кольорових металів, продувочні гази можуть використовуватись для виробництва аміаку, рідких відходів немає [1].

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						17
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 2 Комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання метанолу

Метою функціонування будь-якої виробничої системи є отримання продуктів у необхідній кількості та необхідної якості при оптимальному використанні ресурсів. Для розв'язання цих задач використовують різні методи, в основі яких лежить матеріальний баланс, що зв'язує витрату сировини з кількістю отриманого продукту.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів передбачає знаходження параметрів стану потоку в технологічній схемі: загальних і покомпонентних витрат, складу потоків, температур і ентальпій, аналіз можливості розв'язку задачі розрахунку МТБ технологічної схеми, розрахунок параметрів потоків технологічної схеми, визначення та розрахунок витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв [3].

На стадії проектування комп'ютерний розрахунок МТБ дозволяє визначити кількісні характеристики функціонування системи: матеріальні і теплові навантаження, продуктивність елементів системи, масові витрати стічних вод і викидів шкідливих газів в атмосферу, масові витрати гріючої пари та охолоджуючої води, кількості теплоти і енергії. МТБ і продуктивність апаратів схеми є вихідною інформацією для технологічного, конструктивного і техніко – економічного розрахунку елементів ХТС.

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

При складанні таблиць в основу розрахунку покладено закон збереження маси і енергії. Ліву частину рівняння матеріального балансу складає маса (масова витрата) усіх видів сировини та матеріалів, що поступають на переробку

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		18

$\sum G_{j,BX}$ , а праву – маса продуктів, що покидають апарат  $\sum G_{j,BIX}$ , виробничі втрати  $\sum G_{BTP}$ :

$$\sum G_{j,BX} = \sum G_{j,BIX} + \sum G_{j,BTP} \quad (2.1)$$

$$\sum G_{j,BX} = \sum G_{1,BX} + \dots + \sum G_{n,BX} \quad (2.2)$$

$$\sum G_{j,BIX} = \sum G_{1,BIX} + \dots + \sum G_{n,BIX} \quad (2.3)$$

де  $G_{j,BX}$  - масова витрата j-го потоку, що надходить в апарат, кг/с;  $G_{j,BIX}$  - масова витрата j-го потоку, що виходить з апарату, кг/с [3].

В даному дипломному проєкті виконується розрахунок лише матеріального балансу схеми, так як розрахунок теплового балансу не визначається умовами процесу та завданням на проєктування.

## 2.1 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва метанолу

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

Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу:

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в спеціалізованому середовищі Chemcad 6.3.1. Розроблена схема наведена на рисунку 2.1.

При складанні матеріального балансу враховуємо лише масообмінні апарати. Матеріальні баланси схеми наведено в таблицях 2.2 – 2.18.

Рисунок 2.1 - Схема розрахунку матеріальних балансів у Chemcad 6.3.1:

1 – реактор; 2, 3, 11 – теплообмінники; 4, 10 – конденсатори; 5, 7, 13 – дільники потоків; 6 – сепаратор; 8, 9 – змішувачі; 12 – ємність

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.1 - Перелік обладнання в середовищі ChemCAD

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс реактора 1

Таблиця 2.3 – Зведена таблиця матеріального балансу реактора 1

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс дільника 5

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця матеріального балансу дільника 5

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс дільника 7

Таблиця 2.7 – Зведена таблиця матеріального балансу дільника 7

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс дільника 13

Таблиця 2.9 – Зведена таблиця матеріального балансу дільника 13

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс сепаратора 6

Таблиця 2.11 – Зведена таблиця матеріального балансу сепаратора 6

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс змішувача 8

Таблиця 2.13 – Зведена таблиця матеріального балансу змішувача 8

Таблиця 2.14 – Матеріальний баланс змішувача 9

Таблиця 2.15 – Зведена таблиця матеріального балансу змішувача 9

Таблиця 2.16 – Матеріальний баланс ємності 12

Таблиця 2.17 – Зведена таблиця матеріального балансу ємності 12

Матеріальний баланс за вхідним потоком 10 та вихідними потоками 6 та 19 наведено в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Сумарний матеріальний баланс

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу виробництва метанолу з синтез - газу у спеціалізованому середовищі Chemcad 6.3.1 розрахований вірно.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						20
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

### 3 Автоматизований розрахунок реактора синтезу метанолу

#### 3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

Розробити обчислювальний модуль призначений для комп'ютерного моделювання процесу отримання метилового спирту з синтез-газу в ізотермічному реакторі ідеального витіснення неперервної дії.

Вихідними даними для розрахунку є:

Результатами розрахунку є:

Час перебування реакційної суміші в реакторі.

Профілі розподілу концентрацій компонентів в часі.

Зміна ступеню перетворення одного з вихідних компонентів реакції (монооксиду карбону) в часі.

Для розробки програмного модуля було обрано середовище C++/CLI.

#### 3.2 Математичне забезпечення обчислювального модуля

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження. Математичне моделювання включає три взаємопов'язаних етапи:

- складання математичного опису досліджуваного об'єкту;
- вибір методу вирішення системи рівнянь математичного опису і реалізації його у формі програми;
- встановлення відповідності (адекватності) моделі об'єкту [6].

Поличний каталітичний реактор синтезу метанолу є основним апаратом, який впливає на якість кінцевого продукту. Тому доцільно проводити моделювання цього апарату для визначення його необхідних параметрів, які забезпечать максимальний вихід метанолу.

Вибір конструктивних розмірів поличного каталітичного реактору ґрунтується на діючих російських виробництвах метанолу, такі як: ЩекіноАзот, Метафракс, Сібметахім, річний випуск метанола яких становить

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		21



від 750 000 тонн метанолу на рік, що є оптимальним для виробництва, що розглядається.

Каталітичний поличний реактор з декількома шарами каталізатора досить складний у своїй конструкції, але зручний в експлуатації, так як у ньому потік газу краще розподіляється та охолоджується між шарами, а в різних шарах помістити різні каталізатори. Також можна вибірково замінювати шар дезактивованого контакту і підтримувати різну температуру в шарах. За рахунок наявності можливості підведення байпасу між полицями для зниження (або підвищення) температури в апараті забезпечується стійкий температурний режим проведення реакції.

Наявність шарів каталізатора пришвидшує протікання реакції в апараті, при чому можна вибірково пришвидшувати ту чи іншу реакцію – так звана властивість селективності каталізатора - здатність прискорювати лише одну з можливих за даних умов паралельних реакцій. Завдяки цьому стало можливим, використовуючи різні каталізатори, з одних й тих самих вихідних речовин одержувати різні продукти [7].

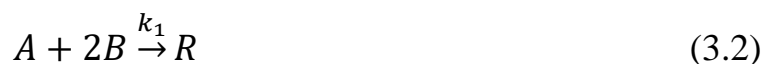
Схема каталітичного поличного реактора представлена на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Схема каталітичного поличного реактора

В процесі отримання метанолу з синтез-газу в реакторі при постійній температурі (ізотермічний режим) відбувається наступна хімічна реакція:



Для зручності представимо реакцію (3.1) схематично у вигляді (3.2):



де А – моно оксид карбону; В – водень; R – метанол;  $k_1$  - константа швидкості хімічної реакції,  $\left(\frac{\text{м}^3}{\text{моль}}\right)^2 \frac{1}{\text{с}}$ .

Запишемо кінетичну модель згідно з реакцією (3.2). Отримаємо:

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{d\tau} = -k_1 \cdot C_A \cdot C_B^2 \\ \frac{dC_B}{d\tau} = -2k_1 \cdot C_A \cdot C_B^2 \\ \frac{dC_R}{d\tau} = k_1 \cdot C_A \cdot C_B^2 \end{cases} \quad (3.3)$$

Початкові концентрації реагуючих речовин на вході в реактор :  $C_A(0)$ ,  $C_B(0)$ ,  $C_R(0)$ , *кмоль / м<sup>3</sup>*;  $\tau$  - час перебування в реакторі, с.

Математичне моделювання реактора синтезу метанолу проводиться з урахуванням наступних припущень:

- гідродинамічний режим в апараті – ідеальне витіснення;
- на вході в шар каталізатора газовий потік повністю перемішаний;
- шар каталізатора – квазігомогенне середовище, ізотермічний;
- реактор приймається як однополичний.

Апарат, що моделюється - реактор ідеального витіснення, що працює в ізотермічному неперервному режимі. Математична модель реактора ідеального витіснення (РІВ) в загальному вигляді записується:

$$\frac{dC}{dt} = -u \frac{dC}{dl} + W_r \quad (3.4)$$

Так як реактор, що розглядається, працює в неперервному режимі, доцільно розглянути усталений режим, в якому:

$$\frac{dC}{dt} = 0$$

Для цього в рівнянні (3.4) проведемо наступну заміну: замість швидкості реакції підставимо швидкість, з якою змінюється концентрація речовини І:

$$W_r = W_{RA}$$

Тоді мат. модель прийме наступний вигляд:

$$u \frac{dC_I}{dl} = W_{RA} \quad (3.5)$$

Для зручності розв'язання математичної моделі перейдемо до часу перебування реакційної суміші в реакторі. Тоді мат. модель у загальному вигляді запишеться як:

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						23
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\frac{dC_A}{d\tau} = W_{R_A} \quad (3.6)$$

Остаточний вигляд математичної моделі після підстановки рівнянь хімічної кінетики до рівняння (3.6):

$$\begin{aligned} W_{r_A} &= \frac{dC_A}{d\tau} = -k \cdot C_A \cdot C_B^2 \\ W_{r_B} &= \frac{dC_B}{d\tau} = -2 \cdot k \cdot C_A \cdot C_B^2 \\ W_{r_R} &= \frac{dC_R}{d\tau} = k \cdot C_A \cdot C_B^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

де  $C_A(0)$ ,  $C_B(0)$ ,  $C_R(0)$  - початкові концентрації реагуючих речовин на вході в реактор,  $\text{кмоль} / \text{м}^3$ ;  $k$  - константа швидкості хімічної реакції,  $\left(\frac{\text{м}^3}{\text{моль}}\right)^2 \frac{1}{\text{с}}$  [1].

Виконується розрахунок часу перебування реакційної суміші в апараті та ступеню перетворення монооксиду карбону в часі за формулами (3.8) – (3.12). За значенням ступеню перетворення роблять висновок щодо відповідності заданого апарату необхідним вимогам (ступінь перетворення по СО повинен становити 90 – 95%) [1].

Площа поперечного перерізу апарату,  $\text{м}^2$ :

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.8)$$

де  $d$  – діаметр реактора, м.

Лінійна швидкість реакційної суміші,  $\text{м/с}$ :

$$u = \frac{V_0}{S}, \quad (3.9)$$

де  $V_0$  – об'ємний видаток реакційної суміші,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Об'єм реактора,  $\text{м}^3$ :

$$V = S \cdot L, \quad (3.10)$$

де  $L$  - висота апарату, м.

Час перебування реакційної суміші в апараті:

$$\tau = \frac{V}{V_0}, \quad (3.11)$$

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						24
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

де  $V$  – об'єм апарату,  $\text{м}^3$ .

Ступінь перетворення, %:

$$X_a = \frac{C_a(0) - C_a(i)}{C_a(0)} \cdot 100\%, \quad (3.12)$$

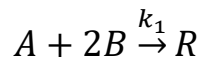
де  $C_a(0)$ ,  $C_a(i)$  – відповідні концентрації компонента А в початковий та кінцевий момент часу,  $\text{кмоль}/\text{м}^3$ .

Розв'язавши систему диференціальних рівнянь (3.7) при заданих значеннях константи швидкості реакції, діаметру та висоти апарату, а також концентрацій реагуючих речовин в початковий момент часу отримують концентрації реагентів у вихідному потоці, а також розраховують за формулою (3.12) ступінь перетворення компоненту А. Для розв'язування (3.7) використано числовий метод Ейлера.

### 3.3 Оптимізація режиму роботи реактора ідеального витіснення.

Необхідно визначити максимальний вихід цільового компоненту(метанолу), що утворюється за схемою хімічної реакції в апараті.

У ізотермічному реакторі ідеального витіснення відбувається хімічний процес за схемою :



Цільовим компонентом є речовина R(метанол). Визначити максимальну концентрацію речовини R, що може бути досягнута, та відповідний оптимальний час перебування реакційної суміші в апараті, якщо цільова функція (за умови  $C_{R0}=0$ )

$$C_R = \frac{k \cdot \tau \cdot C_{A0} \cdot C_{B0}^2}{(1 + k \cdot \tau)}$$

де  $C_R$  – поточна концентрація речовини R,  $\text{кмоль}/\text{м}^3$ ;  $C_{A0}$ ,  $C_{B0}$ - початкові концентрації сировини компонентів А,В;  $k$  – константа хімічної реакції,  $\text{с}^{-1}$ ,  $\tau$  – час перебування в апараті,  $\text{с}^{-1}$ .

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		25

Вихідні дані:  $C_{A0} = 1,575 \text{ кмоль/м}^3, C_{B0} = 6,88 \text{ кмоль/м}^3, C_{R0}=0,$   
 $k=0,2764 \text{ с}^{-1}$ . Час перебування від 0 до 300 с (5 хв).

#### **Максимізація функції методом сканування:**

Рисунок 3.2 – Графік функції виходу цільового компоненту

#### **Максимізація функції методом дихотомії (половинного ділення):**

Провівши максимізацію цільової функції методом сканування та дихотомії, можна прийти до висновку, що максимізація цільової функції виконана вірно і максимальна концентрація метанолу дорівнює 36,8% при часі перебування в апараті – 5 хв.

### **3.4 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля**

Відповідно до математичної моделі було розроблено алгоритм обчислювального модулю розробленого в середовищі C++/CLI [9].

Структура обчислювального модуля:

- файли форм – MyForm.h – MyForm1.h;
- файл проекту – Zhurbenko\_dp.sln.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення

Продовження таблиці 3.1

Закінчення таблиці 3.1

Схема взаємодії вищеперахованих форм має вигляд, наведений на рисинку 3.3.

Рисунок 3.3 – Схема взаємодії між формами програмного модуля

Розроблений програмний модуль складається з 9 процедур обробки подій. Призначення цих процедур наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

Продовження таблиці 3.2

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		26

Отже, в даному розділі подана характеристика елементів, що входять до складу розробленої програми, а саме основних процедур та компонентів, що були використані. Даний програмний модуль можна використовувати для перевірного розрахунку будь-якого ізотермічного РІВ, для якого відомі конструктивні параметри (висота, діаметр) та схема реакції якого відповідає розглянутій –  $A + 2B = R$ .

### 3.5 Інструкція користувачу програмного продукту

Програмний модуль призначений для перевірного розрахунку поличного каталітичного реактора ідеального витіснення, що працює в ізотермічному неперервному режимі.

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

Головне вікно містить поля для введення вихідних даних, а саме витрати (об'ємного видатку) вихідної суміші, концентрацій компонентів реакції, що відбувається в апараті, в початковий момент часу, діаметра та висоти апарату та константу швидкості реакції.

Для виконання розрахунків слід ввести початкові дані у відповідні поля та натиснути кнопку «Розрахувати». Після чого на вкладці «Виведення результатів» з'являються розраховані наступні параметри (рисунок 3.5):

- час перебування реакційної суміші в апараті, с;
- ступінь перетворення компоненту А (монооксиду карбону CO), %;
- значення концентрації компонентів реакції в момент часу t;
- значення ступеню перетворення CO в момент часу t.

Рисунок 3.4 – Головне вікно програми

Рисунок 3.5 – Результати розрахунку на вкладці «виведення результатів»

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						27
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Також користувач, за бажання може зберегти результати у вигляді таблиці формату \*.xml. Для цього йому потрібно натиснути на кнопку «Зберегти таблицю» (рисунок 3.5), після чого перед ним відкриється діалогове вікно, з даними для збереження таблиці у форматі \*.xml (рисунок 3.6)

Рисунок 3.6 – Діалогове вікно збереження таблиці у форматі \*.xml

Графічна інтерпретація результатів розрахунку виводиться на окрему вкладку «Графічне представлення результатів». Отримавши числові значення концентрацій компонентів (рисунок 3.5), можна побудувати профілі їх зміни в часі (рисунок 3.7). Для цього необхідно натиснути на кнопку «Побудувати графік» (рисунок 3.5).

Рисунок 3.7 – Графічна інтерпретація результатів розрахунку

Збереження отриманого графіку. Для цього необхідно на вкладці «Графічне представлення результатів» натиснути на кнопку «Зберегти графік» (рисунок 3.7), після чого перед користувачем відкриється діалогове вікно для збереження графіка у форматі \*.bmp, \*.jpg – це дуже зручно, як приклад вікна збереження – рисунок 3.6.

Формування звіту. По завершенню розрахунків та побудови графіку, користувач може зберегти всі розрахунки та графік у вигляді звіту, який формується у MSWord (рисунок 3.8) за допомогою підключеної бібліотеки Microsoft Word 16.0 ObjectLibrary.

Для цього потрібно натиснути кнопку «Сформувати звіт» (рисунок 3.7), після чого перед користувачем відкриється діалогове вікно, з даними для збереження звіту про роботу програми у форматі \*.docx, як приклад вікна збереження – рисунок 3.6.

Рисунок 3.8 – Сформований звіт у MSWord

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		28

Для отримання загальної інформації щодо програмного продукту необхідно в головному меню (рисунок 3.9) натиснути на пункт «Довідка», або ж на панелі інструментів натиснути на іконку з знаком питання.

Рисунок 3.9 – Меню для виклику довідкової інформації

Пункт «Файл» головного меню містить декілька підпунктів, які дублюють значення кнопок на формі, зручність в тому, що вони знаходяться в одному місці, а також мають сполучення клавіш, за допомогою яких можна швидко виконати ту чи іншу дію, якщо вона є доступною в даний момент (рисунок 3.10).

Рисунок 3.10 – Підпункти меню «Файл»

На рисунку 3.11 наведено форму «Опис програмного модуля», в якій описано призначення обчислювального модуля та наведено дані про розробника.

Рисунок 3.11 – Вікно «Опис програмного модуля»

Для безпомилкового функціонування програми було створено обробник помилок для вхідних даних, що в свою чергу не допустить введення значень, які не відповідають заданому формату. Такі, наприклад, як введення літер у поля для введення числових значень, введення неадекватних значень, таких як від’ємна концентрація, або ж константа швидкості = 0 (в даному процесі це не допустимо).

При введенні некоректних даних, користувачу буде про це повідомлено у вигляді вікна з помилкою та коротким описом помилки (рисунок 3.12 - 3.13)

Рисунок 3.12 – Вікно «Помилка»



Якщо при розрахунку в деякі поля не будуть введені вхідні значення, користувача про це буде попереджено і йому потрібно буде ввести необхідні дані.

#### Рисунок 3.13 – Вікно «Помилка»

При натисненні на кнопку «Вихід» (рисунок 3.7) користувач буде попереджений, про те що дані не будуть збереженні (рисунок 3.14), або ж при видаленні даних (рисунок 3.15)

#### Рисунок 3.14 – Вікно «Попередження»

#### Рисунок 3.15 – Вікно «Попередження»

Отже, за результатами розробленого програмного модуля було визначено час перебування реакційної суміші в апараті – 0,5 с; виконано перевірочний розрахунок реактора синтезу метанолу, отримано профілі розподілу концентрацій реагуючих речовин – водню, монооксиду карбону та метанолу за часом перебування, визначено ступінь перетворення монооксиду карбону - 94,2%.

Ступінь перетворення, розрахований за матеріальним балансом становить 94,226%, що збігається з отриманим в ході розрахунку за програмним модулем значенням.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						30
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання метанолу

### 4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково – технічного прогресу, розвиток якого має об’єктивний характер. Це пов’язане насамперед з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі підвищення продуктивності виробництва і покращення умов праці.

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо – та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко - технологічних процесів.

Автоматичний контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного пробігу устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря промисловими викидами [8].

Завдання технологічного процесу виробництва метанолу полягає в отриманні заданого виходу кінцевого продукту метанолу з синтез - газу.

Аналіз технологічної схеми показав, що метою даного процесу є отримання якісного метанолу. Синтез метанолу протікає у каталітичному поличному реакторі, і тому для проведення технологічного процесу у реактор потрібно подавати нагріту за допомогою теплообмінників газову суміш. Для того щоб процес у реакторі проходив у стаціонарному режимі необхідно подавати холодну газову суміш між полками реактору. Полки реактора призначені для того, щоб каталізатор розподілявся рівномірно по всьому потоку.

Після реактору, отриману підігріту суміш потрібно за допомогою теплообмінника охолодити та направити до холодильника-конденсатора, де

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						31
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

газова суміш частково конденсується, після чого проходить сепаратор, де проходить розділення потоку на метанол, який надходить до збірника та газову суміш, яка йде частково на рецикл, частково змішуючись із танковими газами, йде до наступного холодильника-конденсатора, де конденсуються метанол, який надходить до збірника.

Тому потрібно регулювати наступні параметри: температуру в трубопроводах подачі синтез-газу в реактор, температуру в трубопроводі подачі суміші до теплообмінника, температуру в трубопроводі подачі суміші до холодильника конденсатора, витрати циркуляційного та танкових газів, витрати метанолу-сирцю з холодильника-конденсатора, з сепаратора, контролювати рівень метанолу у збірнику, контролювати концентрації метанолу та чадного газу в цеху.

Крім контролю та регулювання є параметри, про які потрібно сигналізувати. До них належать режимні параметри, які можуть спричинити аварійну ситуацію. Одними з таких параметрів є концентрації метанолу та монооксиду карбону в приміщенні, оскільки перевищення їх ГДК може спричинити отруєння, тому при переході параметрів за допустимі межі необхідно їх сигналізувати.

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

Відповідно до обраних параметрів регулювання, контролю, сигналізації були вибрані місця для заміру параметру на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів, межі їх зміни.

Ці дані зведені у таблицю 4.1.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						32
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва метанолу - сирцю

Продовження таблиці 4.1

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу синтезу метанолу включає в себе шість регулюючих контурів (в тому числі один контур регулювання та сигналізації) та чотири контури контролю (в тому числі два контури контролю та сигналізації).

При виборі приладів та засобів автоматизації слід дотримуватись наступних правил:

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

Тому для автоматизації процесу виробництва метанолу були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників [9 - 16].

Специфікація до обраних засобів наведена в додатку Г .

## 4.2 Опис схеми автоматизації

### Контроль та регулювання температури

В якості вимірювальних приладів температури для контурів 1, 2 ,3 та 4 було обрано термоперетворювачі опору марки ТСПУ-0289 з діапазоном вимірювання температури від -200 до 600°C поз. 1а, 2а, 3а та 4а, що призначені для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на ПІД - регулятор МТМ

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

620 поз. 1б, 2б, 3б, 4б, який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЕО-40/10 поз. 1в, 2в, 3в, 4в, який:

- в контурі 1: регулює температуру газу на виході з реактору;
- в контурі 2: регулює температуру газу на вході в реактор;
- в контурі 3: регулює температуру газу на вході в холодильник-конденсатор ХК-1 ;
- в контурі 4: регулює температуру газу на виході з холодильника-конденсатора ХК-2.

#### Контроль та регулювання витрат

Для контролю та регулювання витрати в контурах 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 використовується звужуючий пристрій – діафрагма, поз. 5а, 6а, 7а, 8а, 9а, 10а, 11а, 12а, виготовлена зі сталі марки 12Х18Н10Т, а саме:

- в контурі 5 - діафрагма камерна поз. 5а ДКС 10 – 150 з діаметром умовного проходу 150 мм;
- в контурі 6 – діафрагма камерна поз. 6а ДБС 2,5 – 1600 з діаметром умовного проходу 1600 мм;
- в контурі 7 – діафрагма безкамерна поз. 7а ДКС 10 – 450 з діаметром умовного проходу 450 мм;
- в контурі 8 – діафрагма камерна поз. 8а ДБС 2,5 – 1600 з діаметром умовного проходу 1600 мм;
- в контурах 9 та 10 – діафрагма камерна поз. 9а, 10а ДКС 10 – 50 з діаметром умовного проходу 50 мм.
- в контурі 11 та 12 - діафрагма камерна поз. 11а, 12а ДКС 10 – 100 з діаметром умовного проходу 100 мм;

Сигнал з діафрагми поз. 5а, 6а, 7а, 8а, 9а, 10а, 11а, 12а передається на дифманометр мембранний безшкальний поз. 5б, 6б, 7б, 8б, 9б, 10б 11б, 12б, який перетворює величину перепаду тиску в уніфікований вихідний сигнал, який є вхідним сигналом на наступний прилад - реєструючий автоматичний прилад марки КСД2-003-01 поз. 9в, 10в, 11в, 12в.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

В якості приладу контролю та регулювання в контурах 5, 6, 7, 8 використовується електричні ПД – регулятори марки МТМ 620 поз. 1б, 2б, 3б, 4б, 5в, 6в, 7в, 8в, сигнали з яких подаються на виконавчі механізми МЕО-40/10 поз. 1в, 2в, 3в, 4в, 5г, 6г, 7г, 8г, що змінює витрати відповідних контурів.

#### Контроль та регулювання рівня

Для контролю та сигналізації рівня в ємності розроблено контур автоматизації 13, в якому розташовано електронний регулятор – сигналізатор рівня рідини ЕРСУ-3 марки САУ-М6 поз. 13а, 13б. Даний прилад призначений для сигналізації та підтримки в заданих межах рівня рідини. При зависокому чи заниженому рівні рідини в ємності прилад подає сигнал на сигнальну лампу типу ЛС-47М поз. НЛ1, НЛ2, НЛ3, НЛ4, а також на самому приладі встановлені світлові індикатори, що сигналізують про рівень рідини в ємності.

#### Сигналізація концентрації шкідливих речовин в приміщенні

Для сигналізації про перевищення ГДК шкідливих речовин в приміщенні (метанолу та чадного газу) розроблено контури автоматизації 14 та 15, в які входить стаціонарна система автоматичного контролю загазованості марки А-4М поз. 14а, 14б, 15а, 15б, що складається з двох датчиків, розташованих на стелі цеху синтезу метанолу та пульту на 4 канали, розташованого на щиті керування.

Датчик через кожні 2 секунди передає сигнал на канал (кожен датчик має окремий канал вимірювання) і в разі, якщо значення перевищує допустиме прилад видає світловий та звуковий сигнали.

Розроблена схема автоматизації забезпечує проведення процесу згідно технологічного режиму.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		35

## 5 Економіко - організаційні розрахунки процесу виробництва метанолу

Процес синтезу органічних речовин є досить поширеним в хімічній технології багатьох виробництв. У даному дипломному проекті розглядається підприємство, що спеціалізується на виготовленні метилового спирту – сирця з синтез - газу.

Єдиним виробником метанолу на сьогоднішній день в Україні залишається ЗАТ «Сєверодонецьке об'єднання «Азот» (м. Сєверодонецьк), що випускає такі види товарної продукції, як аміак, азотні мінеральні добрива, органічні спирти і кислоти, товари побутової хімії, вироби з полімерів і полімерних плівок.

Основною сировиною для виробництва є конвертований газ, отриманий методом каталітичної конверсії природного газу з водяною парою і киснем; газ, що є відходом виробництва оцтової кислоти; синтез-газ – відхід виробництва ацетилену. Технологічний процес виробництва метанолу заснований на здобутті метанолу з водню, оксиду і двоокису вуглецю під тиском не більше 5,3 МПа при температурі не більш 300 °С . Синтез метанолу здійснюється на мідь-цинк-алюмінієвому каталізаторі. Процес проводиться без очищення початкового газу від ненасичених вуглеводнів (ацетилену, етилену), кисню і інших мікрочасток. Отриманий метанол - сирець піддається ректифікації з отриманням метанолу ректифікату і метанолу - сирця, як відходу.

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

Метою проведення економіко – організаційного обґрунтування процесу синтезу метанолу є розрахунок його основних техніко – економічних

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		36

показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності існування підприємства, що займається виготовленням даної продукції.

### **5.1 Теоретичні відомості для техніко – економічного обґрунтування процесу виробництва метанолу**

Виробничий процес – єдність живої праці, засобів праці, предметів праці, зосереджених у просторі і часі для виготовлення продукції або виконання робіт.

Види виробничих процесів:

- *основні* – пов’язані з виготовленням готової продукції, яка формує призначення підприємства;
- *допоміжні* – пов’язані для заготівлі або одержання комплектуючих для обслуговування виробництва (складування, транспортування);
- *бічні* – виробництво продукції з відходів основного виробництва;
- *підсобні* – не мають безпосереднього відношення до виробництва продукції, обслуговують допоміжні.

Предмет праці – сировина, матеріали, які підлягають обробці. Предмети праці входять до складу оборотних засобів.

Виробничий процес – це період часу, необхідний для випуску готової продукції.

Основні засоби (ОЗ) – це засоби праці, що неодноразово беруть участь у виробничому процесі, не змінюючи при цьому своєї первинної форми. Їх вартість переноситься на вартість готової продукції частинами в міру зношення шляхом амортизаційних відрахувань.

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди;
- машини і обладнання;
- транспорт;
- виробничий і господарський інвентар (вартістю понад 2500 грн. та терміном служби більше 1 року);

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		37



- нематеріальні активи (права, ліцензії, сертифікати).

Основні засоби поділяються на пасивні і активні:

- активні – безпосередньо впливають на предмет праці (машини і обладнання, інструменти та засоби, вимірювальна та обчислювальна техніка);
- пасивні – засоби, які безпосередньо не впливають на предмет праці, але є необхідними для виробничого процесу (будівлі та споруди, силове устаткування, транспортні засоби, інвентар).

Грошова оцінка основних засобів характеризується чотирма вартостями: повна початкова вартість ( $\Phi_{\text{пп}}$ ) – вартість придбання або створення основних засобів з урахуванням гуртової ціни, витрат на доставку, витрати на монтаж, установку, тобто всі витрати до моменту запуску основних засобів у виробництво:

$$\Phi_{\text{пп}} = \text{Ц}_{\text{придб}} + \text{Ц}_{\text{транс}} + \text{Ц}_{\text{уст}};$$

Відновлювальна вартість ( $\Phi_{\text{відн}}$ ) – вартість, яку необхідно додати на момент переоцінки основних засобів для відновлення їх до початкового робочого стану;

залишкова вартість ( $\Phi_{\text{зал}}$ ) – різниця між  $\Phi_{\text{пп}}$  та нарахованим зносом основних засобів:

$$\Phi_{\text{зал}} = \Phi_{\text{пп}} - \text{Знос};$$

Ліквідаційна вартість ( $\Phi_{\text{лікв}}$ ) – сума грошей або інших активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації (ліквідації) ОЗ після закінчення терміну їх експлуатації.

Калькуляція – документ, який дозволяє систематизувати витрати на виробництво одиниці продукції і визначити її собівартість. Це спосіб групування витрат і визначення собівартості, придбання матеріальних цінностей, виготовлення продукції або виконання робіт на конкретному підприємстві, у конкретних умовах.

Кошторис – документ для систематизації витрат і розрахунку собівартості робіт.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						38
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Амортизація — це економічний процес, що кількісно відображає втрату основними засобами своєї вартості, яка амортизується, та її систематичний розподіл (перенесення) на заново створений продукт (виконану роботу, надану послугу) протягом періоду їх корисного використання.

$$A = \frac{\Phi_{\text{ит}} + K - \Phi_{\text{лікв}} + P}{T_{\text{експлуат}}}, \quad (5.1)$$

де  $K$  – витрати на капремонт за час  $T_{\text{експлуат}}$  – термін експлуатації;  $P$  – вартість ліквідації ОЗ.

Норма амортизації — відсоткове відношення часткової суми амортизації до повної початкової амортизації.

Собівартість – це всі витрати на виробництво і реалізацію товару (послуги або виконання роботи) в грошовому вигляді. Розраховується за наступною формулою:

$$C = A + \text{ОбЗ} \quad (5.2)$$

де  $A$  – амортизація основних засобів,  $\text{ОбЗ}$  – оборотні засоби

Норма амортизації— це відсоток амортизаційних відрахувань від балансової вартості основних засобів.

Окрім ОЗ кожне підприємство обов’язково повинно мати оборотні засоби або оборотний капітал. Оборотний капітал – це фінансові ресурси, вкладені в об’єкти, використання яких здійснюється підприємством протягом одного виробничого циклу.

Оборотні засоби – це зазначені об’єкти. Оборотний капітал, що вкладається у виробництво і реалізацію продукції, споживається повністю і відтворюється відразу після завершення виробничого циклу через реалізацію товару.

До основних техніко – економічних показників належать:  
випуск продукції;

Фондовіддача ОЗ — це відношення обсягу виробленої продукції підприємства до середньорічної вартості ОЗ, що показує, який обсяг виробленої продукції припадає на 1 грн.. вартості ОЗ, тобто:

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						39
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\Phi_B = \frac{B}{C_{сер}} \quad (5.3)$$

де  $B$  - запланований випуск продукції за певний період;

$C_{сер}$  - середньорічна вартість ОЗ;

Фондомісткість ОЗ — це показник, обернений до фондovіддачі. Він показує, яка вартість ОЗ припадає на 1 грн.. виробленої продукції, тобто:

$$\Phi_M = \frac{1}{\Phi_B} \quad (5.4)$$

Капіталовкладення:

$$K = OЗ + OбЗ \quad (5.5)$$

Собівартість продукції — це вираження у грошовій формі поточних витрат підприємства на підготовку виробництва продукції, її виготовлення і збут.

Для забезпечення беззбиткової виробничо - господарської діяльності підприємства ці витрати повинні відшкодовуватись за рахунок виручки від продажу виготовленої продукції.

Собівартість продукції відображає рівень витрат підприємства на її виробництво і комплексно характеризує ефективність використання ним ресурсів, організаційний і технічний рівень виробничого процесу, рівень продуктивності праці.

$$C = A + Z_{сир.} + \Phi OП + Z_{електр.} \quad (5.6)$$

де  $A$  - амортизаційні відрахування;

$Z_{сир.}$ ,  $Z_{електр.}$  - витрати на сировину, обладнання та електроенергію відповідно;

$\Phi OП$  - фонд оплати праці:

$$\Phi OП = ЗП + Нарахування \quad (5.7)$$

де  $ЗП$  - заробітня плата — ціна, що сплачується за використану працю, грошова вартість робочої сили;

Нарахування - сума коштів, яку підприємство обов'язково сплачує до державних засобів соціального захисту (37%).

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						40
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Прибуток — абсолютна величина, що характеризує доцільність існування підприємства:

$$П = Ц - С \quad (5.8)$$

Рентабельність — показник ефективності роботи підприємства, характеризує ефективність повернення вкладених коштів.

$$P = \frac{П}{С} \cdot 100\% \quad (5.9)$$

економічна ефективність:

$$E = \frac{П}{К} \quad (5.10)$$

період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{1}{E} \quad (5.11)$$

## **5.2 Техніко – економічні показники виробництва метанолу без використання програмного модуля.**

У цеху синтезу метанолу працює 20 осіб. Перелік осіб, що працюють в даному відділенні наведено в таблиці 5.1. Тобто, явочна чисельність персоналу:  $Ч_{\text{яв}} = 16$  осіб, а за списком – 20 осіб.

Згідно з відомими нормами технічного проектування режим роботи працівника в умовах безперервного робочого тижня характеризується 6-ти годинною робочою зміною, оскільки в цеху синтезу метанолу шкідливі умови праці.

Таблиця 5.1 - Персонал цеху синтезу метанолу

Графік змін на підприємстві:

1-а зміни: 6.00-12.00;

2-а зміна: 12.00 -18.00;

3-я зміна: 18.00- 00.00;

4-а зміна: 00.00- 6.00.

Для забезпечення безперервності виробництва необхідно 5 бригад.

Складемо графік змінності (таблиця 5.2).

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						41
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 - Графік змінності основних виробничих працівників

Таблиця 5.3 - Фонд заробітної плати

Фонд оплати праці за рік становить:

$$\text{ФОП}_{\text{рік}} = 1\,710\,000 \cdot 1,37 = 2\,342\,700 \text{ грн/рік}$$

Затрати на сировину зручно привести у вигляді таблиці 5.4.

Згідно проекту денний випуск метанолу = 2 496 т/день, знаючи це, можна поррахувати річний випуск метанолу :

$$V_{\text{рік}} = 2\,496 \cdot 365 = 911\,040 \text{ т/рік}$$

Таблиця 5.4 - Розрахунок вартості сировини для виробництва метанолу

Річні затрати на сировину та реагенти:  $Z_c = 998\,673\,942,8$  грн/рік

Витрати на електроенергію. Розрахуємо витрати на електроенергію згідно одноставкового нерегульованого тарифу для підприємства, тобто 1,50 грн/кВт год.

Потужність обладнання  $N_{\text{об.}} = 60$  кВт/т; Освітлення цілодобове:  $N_{\text{ос.}} = 30$  кВт/доба

Підприємство працює цілодобово 365 днів на рік. Річні витрати на електроенергію:

$$\begin{aligned} Z_{e/e.} &= (N_{\text{об.}} \cdot V_{\text{рік}} + N_{\text{ос.}} \cdot 365) \cdot 1,5 = (60 \cdot 911\,040 + 30 \cdot 365) \cdot 1,5 \\ &= (54\,662\,400 + 10\,950) \cdot 1,5 = 82\,010\,025 \text{ грн./рік} \end{aligned}$$

Витрати на опалення цеху. Загальна площа: 1500 м<sup>2</sup>; місячна тарифна ставка на опалення: 10 грн./м<sup>2</sup>; Сезон опалення: 6 місяців

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

Вартість оборотних фондів зручно привести у вигляді таблиці 5.2.5

Таблиця 5.5 Оборотні фонди(ОбФ) підприємства

Таблиця 5.6 - Розрахунок вартості ОФ (основних фондів) підприємства з виробництва метанолу

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

Знаючи вартість основних засобів та норми амортизації, розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$A = (900\,000 + 1\,150\,000)/20 + (70\,000 + 120\,000 + 20\,000 + 100\,000 + 75\,000 + 55\,000 + 40\,000 + 25\,000 + 10\,000)/5 = 207\,300 \text{ грн./рік}$$

Собівартість становить:

$$C = O\Phi_3 + A = (1\,080\,823\,967,8 + 2\,342\,700) + 207\,300 = 1\,083\,373\,967,8 \text{ грн./рік}$$

Собівартість однієї тонни продукції становить:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{B_{\text{рік}}} = \frac{1\,083\,373\,967,8}{911\,040} = 1189,1 \text{ грн./т}$$

Середня ринкова ціна 1т. метанолу:

$$Ц = 1800 \text{ грн./т}$$

Прибуток за рік:

$$\Pi = Ц - C = 1\,639\,872\,000 - 1\,083\,373\,967,8 = 556\,498\,032,2 \text{ грн./рік}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} * 100\% = \frac{556\,498\,032,2}{1\,083\,373\,967,8} * 100\% = 51,36\%$$

Капіталовкладення

$$K = O\Phi + O\Phi_3 + \Phi O\Pi = 2\,574\,000 + 1\,080\,823\,967,8 + 2\,342\,700 = 1\,085\,740\,667,8 \text{ грн.}$$

Ефективність виробництва:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{556\,498\,032,2}{1\,085\,740\,667,8} = 0,512$$

Період повернення капіталовкладень у виробництво:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,512} \sim 2 \text{ роки}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{Ц}{O\Phi} = \frac{1\,639\,872\,000}{2\,574\,000} = 637,09 \text{ грн./грн.}$$

Фондоємність:

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		43

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{637,09} = 0,0015 \text{ грн./грн.}$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{O\Phi}{\Upsilon} = \frac{2\,574\,000}{20} = 128\,700 \text{ грн./особу}$$

Техніко-економічні показники записані в Таблиці 5.7

Таблиця 5.7 - Техніко-економічні показники підприємства

### 5.3 Техніко – економічні показники виробництва метанолу з використанням програмного модуля

У цеху синтезу метанолу працює 15 осіб. Перелік осіб, що працюють в даному відділенні наведено в таблиці 5.8. Тобто, явочна чисельність персоналу:  $\Upsilon_{\text{яв}} = 15$  осіб. Згідно з нормами технічного проектування режим роботи працівника в умовах безперервного робочого тижня характеризується 6-ти годинною робочою зміною, оскільки в цеху синтезу метанолу шкідливі умови праці.

Таблиця 5.8 - Персоналу цеху синтезу метанолу

Графік змін на підприємстві:

1-а зміни: 10.00 – 18.00;

2-а зміна: 18.00 – 02.00;

3-я зміна: 02.00 – 10.00;

Для забезпечення безперервності виробництва необхідно 4 бригад. Складемо графік змінності (таблиця 5.9).

Таблиця 5.9 - Графік змінності основних виробничих працівників

Таблиця 5.10 - Фонд заробітної плати

Фонд оплати праці за рік становить:

$$\Phi O P_{\text{рік}} = 1\,350\,000 \cdot 1,37 = 1\,849\,500 \text{ грн./рік}$$

Затрати на сировину зручно привести у вигляді таблиці 5.3.4.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						44
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Згідно проекту денний випуск метанолу = 2 496 т/день, знаючи це, можна порахувати річний випуск метанолу :

$$V_{\text{рік}} = 2\,496 \cdot 365 = 911\,040 \text{ т/рік}$$

Таблиця 5.11 - Розрахунок вартості сировини для виробництва метанолу

Річні затрати на сировину та реагенти:  $Z_c = 691\,394\,501,8 \text{ грн./рік}$

Витрати на електроенергію.

Розрахуємо витрати на електроенергію згідно одноставкового нерегульованого тарифу для підприємства, тобто 1,50 грн /кВт год.

Потужність обладнання  $N_{\text{об.}} = 60 \text{ кВт/т}$ , також додатково рахуємо потужність 5-ти комп'ютерів ( $N_{\text{комп.}} = 12 \text{ кВт/доба}$ ); Освітлення цілодобове:  $N_{\text{ос.}} = 30 \text{ кВт/доба}$

Підприємство працює цілодобово 365 днів на рік. Річні витрати на електроенергію:  $Z_{e/e} = (N_{\text{об.}} \cdot V_{\text{рік}} + N_{\text{ос.}} \cdot 365 + (N_{\text{комп.}} \cdot 365) \cdot 5) \cdot 1,5 = (60 \cdot 911\,040 + 30 \cdot 365 + (12 \cdot 365) \cdot 5) \cdot 1,5 = (54\,662\,400 + 10\,950 + 21\,900) \cdot 1,5 = 54\,695\,250 \text{ грн./рік}$

Витрати на опалення цеху. Загальна площа: 1500 м<sup>2</sup>; місячна тарифна ставка на опалення: 10 грн./м<sup>2</sup>; Сезон опалення: 6 місяців

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

Вартість оборотних фондів зручно привести у вигляді таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 - Оборотні фонди(ОбФ) підприємства

Таблиця 5.13 - Розрахунок вартості ОФ (основних фондів) підприємства з виробництва метанолу

Знаючи вартість основних засобів та норми амортизації, розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$A = (900\,000 + 1\,150\,000)/20 + (70\,000 + 120\,000 + 20\,000 + 100\,000 + 75\,000 + 55\,000 + 40\,000 + 25\,000 + 10\,000)/5 + 40\,000/2 = 227\,300 \text{ грн./рік}$$

*Собівартість становить:*

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						45
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



$$C = O\text{бз} + A = (746\,199\,751,8 + 1\,350\,000) + 227\,300 \\ = 747\,777\,051,8 \text{ грн./рік}$$

Собівартість однієї тони продукції становить:

$$C_{\text{од}} = \frac{C}{V_{\text{рік}}} = \frac{747\,777\,051,8}{911\,040} = 820,79 \text{ грн./т}$$

Середня ринкова ціна 1т. метанолу:

$$Ц = 1800 \text{ грн./т}$$

Прибуток за рік:

$$\Pi = Ц - C = 1\,639\,872\,000 - 747\,777\,051,8 = 892\,094\,948,2 \text{ грн./рік}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} * 100\% = \frac{892\,094\,948,2}{1\,083\,373\,967,8} * 100\% = 82,34\%$$

Капіталовкладення

$$K = O\Phi + O\text{б}\Phi + \Phi O\Pi = 2\,614\,000 + 746\,199\,751,8 + 1\,350\,000 = \\ 750\,163\,751,8 \text{ грн.}$$

Ефективність виробництва:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{892\,094\,948,2}{750\,163\,751,8} = 1,189$$

Період повернення капіталовкладень у виробництво:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,512} = 0,84 \sim 1 \text{ рік}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{Ц}{O\Phi} = \frac{1\,639\,872\,000}{2\,614\,000} = 627,34 \text{ грн./грн.}$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{€} = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{627,34} = 0,0015 \text{ грн./грн.}$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{O\Phi}{\text{ч}} = \frac{2\,614\,000}{15} = 174\,266 \text{ грн./особу}$$

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						46
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Техніко-економічні показники записані в Таблиці 5.3.7

Таблиця 5.14 - Техніко-економічні показники підприємства

#### **5.4 Порівняльний аналіз техніко – економічних показників виробництва метанолу без використання програмного забезпечення та з використанням програмного забезпечення**

Порівняння зручніше буде зобразити у вигляді таблиці 5.15

Таблиця 5.15 - Порівняння техніко-економічних показників підприємства

Провівши економічні розрахунки для підприємства на якому не було автоматизоване виробництво, було визначено, що при капіталовкладенні у розмірі 1 085 740 667,8 грн. період повернення капіталу – 2 роки, та рентабельність підприємства = 51,36%, прибуток підприємства має розмір 556 498 032,2 грн./рік.

Однак, якщо, на підприємстві застосувати розроблене апаратне та програмне забезпечення, економічні показники стали набагато привабливими – капіталовкладення у розмірі 750 163 751,8 грн. період повернення капіталу – 1 рік, рентабельність підприємства = 82,34%, прибуток підприємства має розмір 892 094 948,2 грн./рік. Крім цього – зменшується кількість робітників на підприємстві.

Отже, провівши дослідження було вирішено, що краще використовувати модель підприємства із апаратним та програмним забезпеченням, так як за допомогою програмного забезпечення були отримані найкращі економічні показники.

#### **5.5 Контроль якості на виробництві метанолу**

На стадії синтезу метанолу проводиться контроль:

Вхідний – це перевірка якості надходжень, за якою корегується технологічний процес. У нашому випадку ми контролюємо склад синтез – газу, який надходить після стадії конверсії. Оптимальним буде наступний його склад, що може змінюватися лише в межах карти якості кожного компонента, приведений у таблиці 5.16.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						47
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Поточний – це процес перевірки виконання технологічної дисципліни, виконується лаборантом і фіксується у лабораторному журналі, який повинен бути:

- прошнурований;
- пронумерований;
- скріплений печаткою.

До поточного контролю процесу синтезу метанолу відносяться:

а) Контроль складу газової суміші на виході з реактора. Оптимальним буде наступний його склад (який може змінюватися лише в межах карти якості кожного компонента ) наведений у таблиці 5.17.

б) Контроль складу метанолу – сирцю на виході із сепаратора. Оптимальним буде наступний його склад (який може змінюватися лише в межах карти якості кожного компонента ) приведений у таблиці 5.18.

в) Контроль складу танкових та продувочних газів проводиться відповідно один раз на місяць і його результати не повинні перевищувати ГДК.

Таблиця 5.16 – Оптимальний склад синтез-газу

Таблиця 5.17 – Оптимальний склад газової суміші на вході в реактор

Таблиця 5.18 – Оптимальний склад метанолу - сирцю на виході із сепаратора

Також на підприємстві обов'язково має бути паспорт якості на продукцію. Він повинен містити наступні реквізити:

- назву підприємства;
- номер паспорту;
- назву продукції;
- відповідність сертифікатам;
- дату виготовлення продукції;
- номер партії, вага партії;
- перелік основних характеристик продукції, їх нормативні та фактичні значення;
- висновки по відповідності продукції стандартам;

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		48

- підписи лаборанта і технолога.

Вихідною продукцією стадії синтезу метанолу є метанол-сирець. Його оптимальний склад наведено у таблиці 5.5.9.

Таблиця 5.19 – Оптимальний склад метанолу-сирцю на виході із збірника

Зведемо всі види контролю відповідно до процесу виробництва метанолу у таблицю 5.20.

Таблиця 5.21 – Види та характеристики контролю процесу синтезу метанолу

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		49

## 6 Охорона праці

Технологічний об'єкт, що розглядається виробництво метилового спирту з синтез – газу, містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Технічні рішення в проекті прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки виробництва, а також безпеки в надзвичайних ситуаціях. В даному розділі на підставі аналізу всіх можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виявлених на проектуваному об'єкті, розроблені заходи, направлені на створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки.

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

#### 6.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконувались в цеху по важкості відносяться, відповідно [19], до категорії ІІа. Санітарні та фактичні норми параметрів мікроклімату для робіт, які виконуються в приміщенні, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

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

В таблиці 6.2 наведена коротка санітарна характеристика підприємства, що розглядається, а саме цех синтезу метилового спирту.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика підприємства

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						50
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно [18] роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного, суміщеного та локалізованого освітлення. Природне освітлення являє собою комбіновану систему поєднання верхнього й бокового освітлення. Штучне освітлення представлено системою, в якій світильники розміщують у верхній зоні приміщення. У таблиці 6.2 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

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

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна, ремонтна, охоронна. Для виконання ремонтних робіт проектом передбачені переносні електричні світильники. При відключенні робочого освітлення передбачається система аварійного освітлення.

У вибухонебезпечних зонах проектом передбачене використання пілозахищених люмінесцентних світильників. Для виміру й контролю освітленості в приміщеннях застосовують люкметри Ю-117 з періодичністю виміру 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок та заміни ламп.

Окрім виробничого цеху, на виробництві наявний цех операторів АСУТП, схема якого наведена на рисунку 6.1. Площа цього приміщення становить 15 м<sup>2</sup>. В цьому приміщенні розташовані два автоматичних робочих місця (АРМ) оператора – технолога, обладнані ЕОМ.

Рисунок 6.1 – Схема операторної кімнати виробництва

Перевіримо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень природної освітленості

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		51

поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк за освітленості тієї же поверхні відкритим небосхилом в 20000 лк, тобто КПО=1%, що не відповідає нормативному КПО.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 15м<sup>2</sup>, ширина А якої складає 3м, довжина В – 5м, висота - 3м.

Скористаємося методом використання світлового потоку [3]. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta},$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 300 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S=15м<sup>2</sup>);

Z - відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку Z = 1,1);

K - коефіцієнт запасу, в нашому випадку K = 1,5);

η - коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін (ρ<sub>ст.</sub>) і стелі (ρ<sub>стелі</sub>)), значення коефіцієнтів дорівнюють ρ<sub>ст.</sub> = 50% і ρ<sub>стелі</sub> = 50%.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)} = \frac{15}{1 \cdot (5 + 3)} = 1,875$$

де h<sub>p</sub> – розрахункова висота підвісу (h<sub>p</sub> = h<sub>1</sub> – h<sub>2</sub>, h<sub>p</sub> = 1м).

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення η = 0,57.

Підставимо всі значення у формули для визначення світлового потоку:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,57} = 13026 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ-40, світловий потік яких F = 3120 Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		52

світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{л}} = \frac{13026}{3120} \approx 4$$

де N – кількість ламп, що визначається; F - світловий потік; F<sub>л</sub> - світловий потік лампи.

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 2 світильники із 2 працюючими лампами в них.

Схема розташування світильників в операторській (приміщення на рисунку 6.1) зображена на рисунку 6.2.

Рисунок 6.2 – Схема розташування світильників в приміщенні

### 6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій

Джерелами вібрації на виробництві, що проектується, є наступне устаткування: електродвигуни, вентилятори. Джерелами шумів на виробництві є реактор, сепаратори, дільники.

Згідно [19] у виробничих приміщеннях прийнята норма рівня звуку становить 80 дБА. Згідно [20] допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1-го ступеня шкідливості - до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості - до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості по вібрації. Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.4.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						53
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



#### Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над агрегатами, які спричиняють шум. Щоб знизити рівень вібрації під вібруюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин.

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму згідно з [26] передбачено м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрацій застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками. Для захисту від вібрацій що передаються через ноги передбачено взуття товстою резиноюв подошвою.

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

#### 6.1.4 Електробезпека

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

Згідно з [18] порівнюють розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_l = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_l + R_0}, \text{ мА};$$

де  $R_l = 2 \dots 4$  кОм, опір тіла людини;

$R_0 = 4$  Ом, опір нейтралі заземлення;

$U_\phi = 220$  В, фазова напруга, В.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		54

$$I_a = \frac{220 \cdot 10^3}{4000 + 4} = 0,05 \text{ A}$$

Напруга дотику розраховується за формулою:

$$U_d = I_a \cdot R_L \cdot 10^3 = 0,05 \cdot 4000 = 220 \text{ В.}$$

Таблиця 6.5 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні заходи й засоби: занулення, захисне відключення, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, знаки безпеки, огорожувальні пристрої, блокування, попереджувальна сигналізація, попереджувальні плакати. Також використовується подвійна ізоляція.

У виробничих приміщеннях передбачена періодична перевірка вибраних типів проводів, освітлювальної арматури, пускачів електродвигунів та іншого електроустаткування.

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

### **6.1.5 Безпека технологічного процесу та обслуговування обладнання**

Ця інструкція є обов'язковою для виконання всіма особами, які працюють з метиловим спиртом. Роботи з метиловим спиртом відносяться до робіт підвищеної небезпеки. До виконання робіт з метиловим спиртом допускаються особи, які досягли 18-років; пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
						55
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

праці; при наявності розписки про небезпеку метанолу. Особи, які працюють з метиловим спиртом, зобов'язані вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту. При роботі з метиловим спиртом можливе подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів, головний біль, дзвін у вухах, неврити, розлади зору. Метанол може проникати крізь непошкоджену шкіру.

Смертельна доза метанолу при прийомі всередину рівна 30 г, але важке отруєння, що супроводжується сліпотою, може бути викликане 5-10 грамами. ГДК метанолу у повітрі робочої зони - 5 мг/м<sup>3</sup>.

Перед початком роботи необхідно:

- включити загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію. Перевірити: наявність і справність засобів індивідуального та колективного захисту; справність технологічного обладнання. При виявленні несправностей обладнання та засобів колективного захисту сповістити керівника;
- транспортування метанолу повинно здійснюватись засобом, який виключає можливість попадання його у виробниче та навколишнє середовище.
- метанол повинен зберігатись у спеціальній залізній тарі;
- метанол необхідно зберігати у спеціальних приміщеннях з підлогами, що легко змиваються водою. Приміщення повинно бути обладнане вентиляцією;
- при розливі метанолу треба відразу ж засипати залито місце піском або тирсою, просочувальний метанолом пісок або тирсу усунути, а залиту ділянку промити водою;
- по закінченню робіт необхідно: прибрати робоче місце. Залишок метанолу (від добового запасу), що не повністю витратився під час роботи, повинен здаватись на склад.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		56

## 6.2 Пожежна безпека

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

У таблиці 6.2.1 наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю [26,27]. При проектуванні цеху передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачені протипожежні розриви 10 м, протипожежний водопровід, пожежні крани, ємності з піском і пожежні щити, вогнегасники типу ВВ, ВХП; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу.

Для підігрівачів передбачено застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Всі електроустановки оснащені плавкими запобіжниками від струмів короткого замикання.

Встановлюється охоронно - пожежна сигналізація автоматичного типу.

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

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		57

Таблиця 6.2.1 – Показники пожежо – і вибухонебезпечності речовин та матеріалів

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		58

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті був розглянутий процес отримання метанолу з синтез-газу.

Було вирішено наступні задачі:

- Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу синтезу метанолу.
- Розраховано матеріальний баланс схеми процесу отримання метанолу
- Відповідно до технічного завдання розроблено обчислювальний модуль для перевірного розрахунку основних конструктивних параметрів реактора синтезу метанолу.
- Розроблено схему автоматизації процесу отримання метанолу, підібрані необхідні технічні засоби автоматизації.
- Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, визначено шляхи їх усунення.
- Розраховано техніко – економічні показники виробничого процесу синтезу метанолу, за якими визначено, що дане виробництво є доцільним.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		59

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Караваев, М.М. Теория синтетического метанола [Текст] / М.М. Караваев, В.Е. Леонов, И.Г. Попов. – М.: Химия, 1984. – 239 с.
2. Кутепов, А.М. Общая химическая технология. Для вузов [Текст] / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. – М.: Высшая школа, 1985. – 448 с.
3. Мухленов, И.П. Расчеты химико-технологических процессов [Текст] / И.П. Мухленов – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
4. Офіційний сайт ПАТ «Сєвєродонецьке об'єднання АЗОТ» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.azot.lg.ua/> - Назва з екрану.
5. Гутник, С.П. Расчеты по технологии органического синтеза. Для техникумов [Текст] / С.П. Гутник, В.Е. Сосонко, В.Д. Гутман. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Бойко, Т. В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст] / Т. В. Бойко В. І. Бендюг, І. О. Потяженко – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 128с.
7. Слинько, М.Г. Моделирование и оптимизация каталитических процессов [Текст] / М.Г. Слинько. – М.: Наука, 1965. – 354 с.
8. Бесков, В.С. Моделирование каталитических процессов и реакторов [Текст] / В.С. Бесков, В. Флокк. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
9. Полоцкий, Л.М. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации [Текст] / Л.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
10. Официальный сайт компании «Прибортрейд - Контрольно-измерительные приборы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pribortrade.com.ua> - Название с экрана.
11. Официальный сайт «НПП ЭЛЕМЕР» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/> - Название с экрана.
12. Офіційний сайт «Спецавтоматика Україна» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrspecavtomat.com.ua/> - Назва з екрану.

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		60

13. Офіційний сайт ТОВ «ТК Енерго» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://profmaster.com.ua/> - Назва з екрану.
14. Офіційний сайт ТОВ «Електротермометрія» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.etm.lutsk.ukrpack.net/> - Назва з екрану.
15. Официальный сайт «Газоаналитика РФ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xn--80aaaalzjashuk1d.xn--p1ai> - Название с экрана.
16. Офіційний сайт ТОВ «ВО Укрспецкомплект» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrsk.com.ua/> - Назва з екрану.
17. Економіка підприємства: навч. посібник [Текст] / за заг. ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
18. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: ДСН 3.3.6.042-99 - № 42; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
19. Естественное и искусственное освещение [Текст]: НиП II-4-79 - М.: Стройиздат, 1980.-48 с.
20. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. [Текст] / Д.В. Зеркалов. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
21. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст]: ДСН 3.3.6.037-99 - № 37; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
22. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Текст]: ДСН 3.3.6.039.99 - № 39; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
23. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Текст]: ГОСТ 12.1.029-80 - N 5237 утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 октября 1980 г.
24. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Текст]: ГОСТ 12.1.038-92

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61



25. Система стандартов безопасности труда. Противогазы промышленные фильтрующие. Технические условия. [Текст]: ГОСТ 12.4.121-83
26. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. [Текст]: СНиП 2.01.02-85.
27. Определение категорий помещений по взрывной и пожарной опасности. [Текст]: ОНТП 24-86

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62

# ДОДАТКИ

Додаток А

Моделювання реактора синтезу метанолу в середовищі MathCad 14

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		63

Алгоритм розрахунку реактора синтезу метанолу

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		64

**Додаток В**

**Програмний код обчислювального модуля**

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		65

**Додаток Г**  
**Специфікація устаткування**

					ХА 2107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		66