

**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 2015 р.

## Дипломний проект

**на здобуття ступеня бакалавра**

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

на тему: Комп'ютерний розрахунок процесу гідрохлорування етину до  
вінілхлориду

Виконав студент IV курсу, групи ХА-11  
Денисюк Марія Юріївна

Керівник доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бугаєва Л.М. (підпис)  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультанти:

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

з математичн. моделювання доц. каф. КХТП, к.фіз-мат.н., Фоглер О.М. (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 \_\_\_\_\_ (підпис)  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Студент \_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 2015 року

**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)

«06 » лютого 2015 р

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту**

Денисюк Марії Юрївні

1. Тема проекту Комп'ютерний розрахунок процесу гідрохлорування етину до вінілхлориду

керівник проекту Бугаєва Людмила Миколаївна, к.т.н., доц.

затверджені наказом по університету від «09 » квітня 2015р. № 859-с

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2015р

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

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

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, 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	Фоглер О.М. доц. кафедри кібернетики ХТП.		
Розроблення схеми автоматизації ХТС	Бондаренко С.Г. доц. кафедри кібернетики ХТП.		

7. Дата видачі завдання 5 лютого 2015

### 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	Креслення 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)

М.Ю.Денисюк

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

Л.М.Бугаєва

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 85 с., 13 рис., 34 табл., 5 додатків.

Виконано проект комп'ютерного розрахунку технологічного процесу гідрохлорування етину до вінілхлориду.

В проекті обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу виробництва вінілхлориду. Розглянуті характеристики технологічної схеми процесу отримання вінілхлориду.

Виконано комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу в програмі - симуляторі ChemCad 5.0.

Розроблено обчислювальний модуль для проектного розрахунку трубчатого реактору в середовищі Visual Basic 13.

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

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

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

ВІНІЛХЛОРИД, ЕТИН, СЕМСАД, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС,  
КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК, КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 85 ст., 13 рис., 34 табл., 5 приложений.

Выполнен проект компьютерного расчета технологического процесса гидрохлорированием этина к винилхлориду.

В проекте обоснованы нормы технологических режимов, приведена технологическая схема процесса получения винилхлорида, их описание, обоснованы все нормы технологических режимов. Рассмотрены характеристики технологической схемы процесса получения винилхлорида.

Выполнен компьютерный расчет материального баланса процесса в программе - симуляторе ChemCad 5.0.

Разработан вычислительный модуль для проектного расчета трубчатого реактора в среде Visual Basic 13.

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

Проведены экономико - организационные расчеты основных технико - экономических показателей данного процесса.

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

**ВИНИЛХЛОРИД, ЭТИН, CHEMCAD, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС,  
КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ, КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ.**

## ABSTRACT

Explanatory note has 85 p., 13 fig., 34 tables, 5 appendixes.

The project of the computer calculation the process of hydrochlorination of ethyn to vinyl chloride is done.

In the thesis project are general and simplified process flow diagrams and description, all reasonable standards of technological regimes. Consider the characteristics of the process flowsheet of vinyl chloride.

Implemented a computer calculation of the material balance of the process in the program - simulator ChemCad 5.0.

A computational module for design calculations tubular reactor in the environment Visual Basic 13.

The scheme of automation of the process is proposed. Are elected required devices of control and regulation.

An economic - organizational calculations of basic technical - economic indicators for the production of methanol are done.

Consider carrying out safety production process. Provides technical solutions for safety.

VINYL CHLORIDE, ETHYN, CHEMCAD, MATERIAL BALANCE,  
,CONTROL AND REGULATION.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ	I
ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1. Характеристика технологічної схеми процесу	10
1.1 Основні методи отримання вінілхлориду	10
1.2 Отримання вінілхлориду із етину	11
1.3 Опис технологічної схеми процесу отримання вінілхлориду із етину	13
2 Аналіз структури схеми отримання вінілхлориду з етину	15
2.1 Побудова структурної схеми	16
2.2 Виконання структурного аналізу	17
2.3 Розрахунок ХТС отримання вінілхлориду гідрохлоруванням етину в CHEMCAD 5.2	23
2.4 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва вінілхлориду	29
3 Автоматизований розрахунок реактора гідрохлорування етину	30
3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля	30
3.2 Математичне забезпечення програмного модуля	31
3.3 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля	32
3.4 Інструкція користувача програмного продукту	35
4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання вінілхлориду	38
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	38
4.2 Вибір приладів та засобів автоматизації	40
4.3 Опис схеми автоматизації	46
4.3.1 Контроль та регулювання температури	46
4.3.2 Контроль та регулювання витрат	46
4.3.3 Контроль та регулювання сигналізації	47
4.3.4 Сигналізація концентрації шкідливих речовин в приміщенні	48

					<b>ХА 1107 1490 001 ПЗ</b>					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерний розрахунок процесу отримання вінілхлориду			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Денисюк М.Ю.						7	85	
Перевір.					Пояснювальна записка			НТУУ «КПІ» ХТФ ХА-11		
Н.Контр.		Шахновський								
Затверд.		Бугаєва								

5 Економіко - організаційні розрахунки процесу виробництва вінілхлориду	49
5.1 Теоретичні відомості для техніко – економічного обґрунтування процесу виробництва вінілхлориду	49
5.2 Техніко – економічні показники виробництва вінілхлориду	55
6 Охорона праці	60
6.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об’єкті, що проектується	60
6.1.1 Повітря робочої зони	60
6.1.2 Виробниче освітлення	64
6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій	68
6.1.4 Електробезпека	69
6.1.5 Пожежна безпека	70
6.1.6 Техніка безпек технологічного процесу отримання вінілхлориду	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
Додаток А Моделювання реактору гідрохлорування етину	73
Додаток Б Програмний код обчислювального модуля	78
Додаток В Специфікація устаткування	82
Додаток Г Охорона праці на виробництві	84



## 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;

ОФ – основні фонди;

ОбЗ-оборотні засоби;

А – амортизація основних фондів;

С – собівартість;

П – прибуток;

Ц – ціна;

ФОП – фонд оплати праці;

КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						9
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Вінілхлорид (хлористий вініл, хлорвініл, хлоретилен, хлоретил, етиленхлорид) - органічна речовина; безбарвний газ зі слабким солодкуватим запахом, що має формулу  $C_2H_3Cl$  і представляє собою найпростішу хлорпохідну етилену. Речовина є надзвичайно вогне- та вибухонебезпечною, виділяючи при горінні токсичні речовини. Вінілхлорид - сильна отрута, яка надає на людину канцерогенну, мутагенну та тератогенну дію.

Промислове виробництво вінілхлориду входить у першу десятку виробництва найбільших багатотоннажних продуктів основного органічного синтезу; при цьому майже весь вироблений обсяг використовується для подальшого синтезу полівінілхлориду (ПВХ), мономером якого і є вінілхлорид. Полівінілхлорид - безбарвна, прозора пластмаса, термопластичний полімер вінілхлориду.

Отримання вінілхлориду можливе різними шляхами, але саме виробництво гідрохлоруванням ацетилену використовується найчастіше, так як кількість та якість цільового продукту найвищі.

Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для розрахунку конструктивних параметрів реактора гідрохлорування етину, розробка схеми автоматизації виробництва, оцінка його техніко-економічних показників та аналіз охорони праці на підприємстві.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						10
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

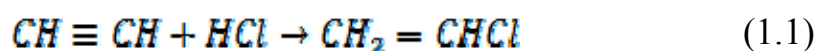
# 1. Характеристика технологічної схеми процесу

## 1.1 Основні методи отримання вінілхлориду

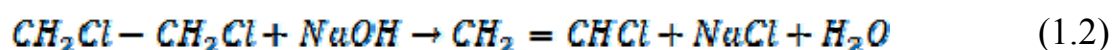
Вперше вінілхлорид був отриманий професором хімії Гиссенського університету Юстусом Лібіхом в 30-х роках XIX століття дією на дихлоретан спиртового розчину гідроксиду калію. У 1912 році німецький хімік Фріц Клатте (нім. Fritz Klätte) отримав вінілхлорид по реакції ацетилену з хлороводнем.

Вінілхлорид можна отримати різними способами:

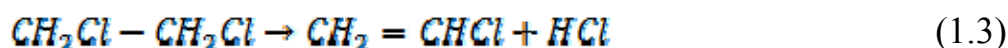
1. Гідрохлоруванням ацетилену в газовій або рідкій фазах в присутності каталізатора:



2. Дегідрохлоруванням 1,2- дихлоретану( в рідкій фазі) гідроксидом натрію у водному чи спиртовому середовищі:



3. Термічним дегідрохлоруванням 1,2- дихлоретану у паровій фазі у присутності каталізаторів, ініціаторів або без них:



4. Хлоруванням етилену в газовій фазі в об'ємі, або в присутності каталізатора, наприклад оксиду алюмінію.

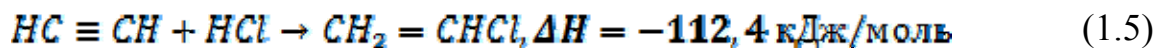


Розповсюдженим способом отримання вінілхлориду є гідрохлорування ацетилену. Так, як система є замкненою, розглянемо її структурний аналіз.

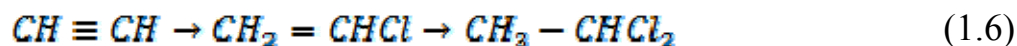
## 1.2 Отримання вінілхлориду із етину

Розповсюдженим способом отримання вінілхлориду є гідрохлорування ацетилену. Реакція приєднання хлориду водню до ацетилену типова для з'єднань з потрійним зв'язком:

					ХА 1107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11



При своїй екзотермічності вона майже в два рази перевершує реакцію гідрохлорування олефінів. Реакція гідрохлорування ацетилену в деякому ступені обернена. Разом з тим при помірних температурах рівновага майже повністю зміщена вправо, так як константи рівноваги дорівнюють  $8 \cdot 10^4$  при  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $7 \cdot 10^2$  при  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Причому приєднання HCl до ацетилену протікає послідовно – спочатку отримується вінілхлорид, а потім 1,1 – дихлоретан:

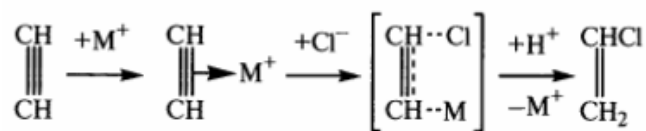


Відповідно, для отримання вінілхлориду необхідно використовувати селективні каталізатори, які прискорюють тільки першу реакцію. Найбільш примірними для цього виявились солі Hg(II) і Cu(I). При використанні сулеми  $\text{HgCl}_2$  так сильно прискорюється реакція гідратації ацетилену з отриманням ацетальдегіду (реакція Кучерова). У зв'язку з цим процес проводять у газовій фазі при температурах  $150\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$ , попередньо використовуючи осушені реагенти. При цьому утворюється невелика кількість ацетальдегіду і 1,1-дихлоретану (=1%). Разом з тим можна розгледіти можливість спільного отримання ацетальдегіду і вінілхлориду. В цьому випадку необхідно проводити процес в рідкій фазі.

Для рідкофазного гідрохлорування більш придатна сіль Cu(I), так як вона слабо дезактивується і погано прискорює взаємодію ацетилену з водою. (Відповідно цей каталізатор не придатний для отримання спільного вінілхлориду та ацетальдегіду.) Каталітична схема представляє собою розчин  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$  і хлориду алюмінію в хлороводневій кислоті. Для придушення цієї реакції необхідно використовувати концентровану HCl. У зв'язку з цим в ході процесу в каталізаторний розчин неперервно подається HCl для компенсації його витрати на гідрохлорування.

Каталітична дія вказаних каталізаторів пояснюється утворенням координаційних комплексів, в яких ацетилен активується і взаємодіє з хлор-аніонами. При цьому має місце перехідний стан з метал-вуглеводним зв'язком, які швидко розкладаються кислотою:

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12



Утворення вінілхлориду в газовому середовищі описується наступним кінетичним рівнянням:

$$r = \frac{K \cdot P_{\text{C}_2\text{H}_2} \cdot P_{\text{HCl}}}{1 + b \cdot P_{\text{HCl}}} \quad (1.7)$$

### 1.3 Технологічне оформлення процесу

Як було показано раніше, промисловий процес виробництва вінілхлориду із ацетилену і хлориду водню представляє собою газофазний каталітичний процес. Каталізатором в даному випадку служить  $\text{HgCl}_2$  (1,0%(мас.)), нанесений на активоване вугілля. Процес проводять на стаціонарному каталізаторі при температурі 160-180 °С в трубчатому реакторі. Суміш ацетилену і хлориду водню пропускається через трубки, заповнені каталізатором. При цьому хлорид водню береться в невеликому надлишку (5-10%) до ацетилену, що збільшує конверсію останнього. Вихідні речовини піддаються попередньому осушенні з метою зменшення утворення ацетальдегіду і корозії апаратури. При 160-180 °С відбувається винос сулеми(за рахунок її летучості), хоча і незначний. У зв'язку з цим поступово активність каталізатора знижується, і тоді з ціллю підтримання його активності підвищують температуру до 200-220 °С. Технологічна схема виробництва вінілхлориду представлена на Рисунку 1.1

Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу отримання вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену:

- 1– вогнеперегороджувач; 2,11– розсольні конденсатори; 3,3',3'' – сепаратори;  
4 – змішувач; 5 – осушувальна колона; 6 – реактор; 7 – холодильник,  
8-10 –скруббери;12 – компресор;13,14 – ректифікаційні колони;

					<i>XA 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		13

15 – дефлегматор; 16 – кипятильник; 1а – хлороводень; 1б – соляна кислота; II – водний конденсат; III – розчин NaOH; IV – розсол; V – тяжкокипляча фракція; VI – легкокипляча фракція; VII – вінілхлорид.

Очищений ацетилен проходить вогнеперегороджувач 1, потім холодильник-конденсатор 2 і колону 5, в яких відбувається сушіння ацетилену. В конденсаторі сушіння відбувається за рахунок конденсації вологи розсолем, а в колоні – твердим NaOH. Сконденсована вологість відділяється в сепараторі 3. Осушений ацетилен змішується з сухим хлоридом водню в змішувачі 4 і поступає в трубний простір реактора 6. У міжтрубний простір подається водний конденсат (для відводу тепла), із якого утворюється пар. Для відводу тепла може використовуватися і органічний теплоносій.

Конверсія ацетилену становить 97-98%. Реакційні газы складають 93% вінілхлориду, 5% HCl, 1,0-2,5% C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> і по 0,3% ацетальдегіду і 1,1-дихлоретану. Крім цього, в ньому є сліди понесеної сулеми. Тому газ охолоджується в холодильнику 7, потім проходить через скрубери 8-10, в яких він очищується від HCl і сулеми. Скруббер 8 зрошується розбавленою хлороводневою кислотою (20%), скруббер 9 – водою і скруббер 10 – циркуляційною кислотою. Після цього газ осушується в розсольному холодильнику-конденсаторі і зжимається компресором 12 до 0,7-0,8 МПа. Далі продукти піддаються розділенню на ректифікаційних колонах 13 і 14.

В колоні 13 відділяються разом з легколетючими компонентами від тяжкої фракції, головним чином від 1,1-дихлоретану. Далі в колонні 14 відбувається відділення легколетючих компонентів (ацетилену, ацетальдегіду) від вінілхлориду. Відповідно, в даному випадку запропонований варіант на основі другого заданого розділення, який має свої переваги і недоліки. В такому випадку, до переваг відноситься те, що в колоні 14 температура буде нижчою, ніж в аналогічній колоні варіанта, заснованому на першому заданому розділенні. А це призводить до менших втрат вінілхлориду за рахунок термополімеризації.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

Варіант, представлений на рис.1 має суттєві недоліки : двічі при певних флегмових числах випарюється вінілхлорид(по першому заданому розділенню один раз), що призводить до великих енергетичних затрат. Продуктовий вінілхлорид відбирають з куба, тому він забруднений важкими домішками (по першому заданому розділенню виводиться у вигляді дистилляту).

## 2 Аналіз структури схеми отримання вінілхлориду з етину

Схема отримання вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену, що наведена на рисунку 1.1 є замкненою, тому необхідно провести її структурний аналіз для визначення послідовності розрахунку її апаратів.

### 2.1 Побудова структурної схеми

Спершу складемо таблицю відповідності потоків та апаратів для того, щоб на основі технологічної схеми (рисунок 1.1) сформувану структурну схему потоків та апаратів.

Таблиця 2.1 - Формалізація задачі ХТС

№	Назва	Ім'я відповідних моделей в програмі-симуляторі	Вхідні потоки	Вихідні потоки
1	2	3	4	5
1	Вогнеперегор оджувач	1	0	1-2
2	Розсольний конденсатор	2	1-2	2-3
3	Сепаратор	3	2-3	3-4
4	Осушувальна	5	3-5	5-4

									Арк
					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>				15
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

	колона			
5	Змішувач	4	5-4	4-6
6	Реактор	6	5-6	6-7
7	Холодильник	7	6-7	7-8
8	Скруббер	8	9-8,7-8	8-9
9	Скруббер	9	10-9,8-9	9-10,9-8
10	Скруббер	10	9-10	10-11,10-9
11	Розсольний конденсатор	11	10-11	11-12

Продовження таблиці 2.1

12	Компресор	12	11-12	12-13
13	Ректифікаційна колона	13	12-13,15- 13,16-13	13-14,13-16
14	Дефлегматор	14	13-14	14-15
15	Сепаратор	15	14-15	15-13,15-17
16	Кип ятильник	16	13-16	16-13
17	Ректифікаційна колона	17	15-17,19- 17,20-17	17-18
18	Дефлегматор	18	17-18	18-19
19	Сепаратор	19	18-19	19-17
20	Кип ятильник	20	17-20	20-17

Параметричність всіх потоків однакова.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16



## 2.2 Виконання структурного аналізу

Структурна схема процесу, що відповідає технологічній схемі зображена на рисунку 2.1:

Рисунок 2.1 – Структурна схема процесу

Виконаємо послідовно всі етапи структурного аналізу цієї схеми.

1. Сформуємо матрицю суміжності  $A$ .

Цей етап виконаємо із використанням програми (рисунок 2.3)

```
>> A=eye(20);
```

Рисунок 2.3 – Матриця суміжності

Застосуємо алгоритм покриття для визначення комплексів схеми. За алгоритмом маємо звести матрицю суміжності  $A$  послідовно в степені 2, 3, ..., 20 та логічно їх помножити. В результаті отримаємо матрицю шляхів  $C$ . В Matlab ця дія виглядає так:

```
C=A|A^2|A^3|A^4|A^5|A^6|A^7|A^8|A^9|A^10|A^11|A^12|A^13|A^14|A^15|A^16|A^17|A^18|A^19|A^20
```

Матриця зображена на рисунку 2.4.

Рисунок 2.4 – Матриця шляхів

Для отримання матриці  $B$ , що вказує на наявні комплекси необхідно виконати в Matlab дію:

Використовуємо логічне множення матриць  $C$  та  $C^T$ .

```
>> B=C&C'
```

Рисунок 2.5 – Матриця, що вказує на наявні комплекси

Як можна бачити з матриці  $B$ , в схемі буде 3 комплекси:

```
K1=[8 9 10]; K2=[13 14 15 16]; K3=[17 18 19 20]
```

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						17
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2. Далі може бути сформована послідовність розрахунку з комплексів й поодиноких вершин:

$$\text{ППРС} = [1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ (8\ 9\ 10)\ 11\ 12\ (13\ 14\ 15\ 16)\ (17\ 18\ 19\ 20)]$$

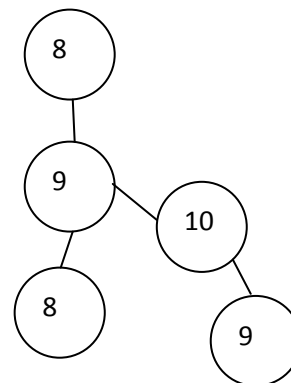
3. На цьому кроці для кожного комплексу отримуємо контури та множини оптимально розвиваючих дужок ОРМД.

Спершу побудуємо прадерево комплексу К1. Для цього використаємо список суміжності:

Таблиця 2.2 - Список суміжності для К1

8	9	9	10
9	8	10	9

Дерево для К1 виглядає таким:



Контури комплексу К1, що отримані з дерева, наступні:

- 1) 8-9-8
- 2) 9-10-9

Складемо матрицю контурів для К1:

Таблиця 2.3 - Матриця контурів К1

	8-9	9-8	9-10	10-9
1	1	1	0	0
2	0	0	1	1
F	1	1	1	1
p	4	4	4	4

Степені входження дужок рівні одиниці при рівних параметричностях, а це означає, що контури не мають спільних дужок й будь-яка дужка може бути розірваною. Тому обираємо наступну множину дужок, що можуть

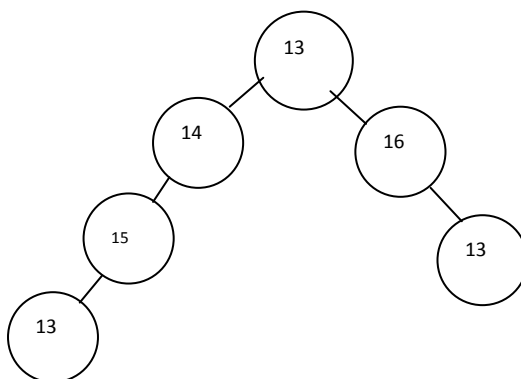
Аналогічно виконуємо всі кроки для К2 та К3.

Складемо список суміжності:

Таблиця 2.4 - Список суміжності К2

13 13 14 15 16
14 16 15 13 13

Побудуємо градереву комплексу К2:



Отже, маємо 2 контури комплексу К2:

1)13-14-15-13

2)13-16-13

Таблиця 2.5 - Матриця контурів К2

	13-14	13-16	14-15	15-13	16-13
1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	0	1
F	1	1	1	1	1
p	4	4	4	4	4

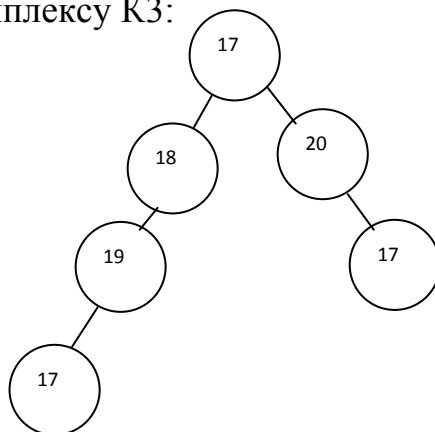
Множина дужок, які треба розірвати в К2:  $OPMД_{K2} = \{(13-16), (15-13)\}$

Складемо список суміжності для комплексу К3.

Таблиця 2.6 - Список суміжності К3

17 17 18 19 20
18 20 19 17 17

Побудуємо прадерево комплексу КЗ:



Отже, маємо 2 контури комплексу КЗ:

- 1) 17-18-19-17
- 2) 17-20-17

Таблиця 2.7 - Матриця контурів КЗ

	17-18	17-20	18-19	19-17	20-17
1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	0	1
F	1	1	1	1	1
p	4	4	4	4	4

Множина дужок, які треба розірвати в КЗ:  $OMPD_{K3} = \{ (19-17);(17-20) \}$

Рисунок 2.8 – Структурна схема процесу із вказаними розірваними дужками  
 Таким чином, розірвавши отримані дуги, отримаємо остаточну послідовність розрахунку схеми:

**ОПРС= (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 16 13 14 15 20 17 18 19)**


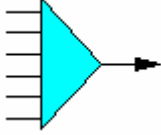
### 2.3 Розрахунок ХТС отримання вінілхлориду гідрохлоруванням етину в CHEMCAD 5.2

Опираючись на теоретичні відомості про процес гідрохлорування ацетилену та взявши за основу модель (рис. 1.1) представимо в CHEMCAD 5.2 схему отримання вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену: (рис.2.9).

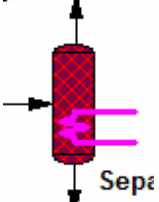
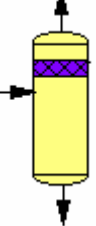
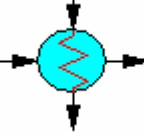
Рисунок 2.9 - Схема отримання вінілхлориду гідрохлоруванням етину в ChemCad

Модель складається з наступних блоків бібліотеки моделей (таблиця 4):

Таблиця 2.8 – Блоки, які входять до схеми

Назва блоку	Апарат	Вигляд моделі	Вхідні потоки	Вихідні потоки
1	2	3	4	5
Stoichiometric reactor (1)	Реактор		$C_2H_2, HCl$	$C_2H_2, HCl,$ $C_2H_3Cl$
Mixer (2)	Змішувач		$C_2H_2, HCl$	$C_2H_2, HCl$ ( газова суміш)

Продовження таблиці 2.8

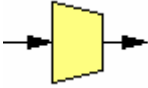
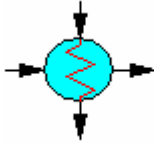
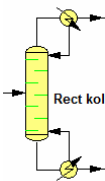
1	2	3	4	5
Separator (3)	Розділювач		$C_2H_2$	$C_2H_2, H_2O$
Striper1 (4)	Випарна колона		$C_2H_2$	$C_2H_2, NaOH$
Heat Exchanger (5)	Теплообмінник		$C_2H_2$	$C_2H_2, H_2O$

Арк

ХА 1107 1490 001 ПЗ

21

Вик Арк. № докум Підпис Дата

Compressor (6)	Компресор		$C_2H_2, HCl$	$C_2H_2, HCl$
Heat Exchanger (7)	Тепло-Обмінник		$C_2H_2, HCl,$ $C_2H_3Cl$	$C_2H_2, HCl,$ $C_2H_3Cl$
Shortcut Column (8)	Ректифікаційна колона		$C_2H_2, HCl,$ $C_2H_3Cl$	$C_2H_2, HCl,$ $C_2H_3Cl$

Опис блоків бібліотеки моделей:

- Stoichiometric reactor — Ця модель застосовується коли кінетика реакції невідома, але відомі стехіометричні рівняння стадій процесу і відома ступінь перетворення для кожної стадії.
- Mixer – змішувач. Змішує кілька потоків в один.
- Separator, Striper1 – Flash – розділювач. Використовується для моделювання випарних установок та інших одноступінчатих розділювачів.
- Compressor – компресор. Дозволяє змінити тиск потоків. Використовується для моделювання політропних відцентрових компресорів, об'ємних компресорів, адіабатичних компресорів.
- Heat Exchanger – теплообмінник. Використовується для теплообміну між гарячими та холодними потоками.
- Shortcut Column – ректифікаційна колона

**Опис процесу:**

1000 м<sup>3</sup> ацетилену поступає в холодильник при температурі 150°C із каталізатором HgCl<sub>2</sub> і тиску 101325 Па, охолоджується, далі надходить в

									Арк
									22
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>				

сепаратор, із сепаратора надходить ацетилен в випарну колону, де відбувається осушення ацетилену. Далі осушений ацетилен змішується із осушеним хлороводнем ( $50 \text{ м}^3$ , тобто 5% від витрати ацетилену) у змішувачі і надходить у реактор, де відбувається основна реакція при температурі  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , при якій утворюється вінілхлорид. Далі продукт надходить в холодильник і компресор, де очищується та далі надходить в ректифікаційну колону, де відбувається очищення вінілхлориду від легколетючих компонентів і отримуємо на виході чистий вінілхлорид.

Параметри, які задавалися в холодильнику зображені на рисунку 2.10

Рисунок 2.10 - Параметри холодильника

Параметри, які задавалися в сепараторі зображені на рисунку 2.11

Рисунок 2.11 - Параметри сепаратора

Параметри, які задавалися в осушувальній колоні зображені на рисунку 2.12

Рисунок 2.12 - Параметри осушувальної колони

Параметри, які задавалися в реакторі зображені на рисунку 2.13

Рисунок 2.13 - Параметри реактора

Параметри, які задавалися в конденсаторі зображені на рисунку 2.14

Рисунок 2.14 - Параметри конденсатора

Параметри, які задавалися в компресорі зображені на рисунку 2.15

Рисунок 2.15 - Параметри компресора

Параметри, які задавалися в ректифікаційній колоні зображені на рисунку 2.16

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						23
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Рисунок 2.16 - Параметри ректифікаційної колони

### 2.3 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва вінілхлориду

Розрахуємо матеріальний баланс для кожного з апаратів.

Матеріальний баланс для холодильника зображений на рисунку 2.11

Рисунок 2.17 - Матеріальний баланс для холодильника

Матеріальний баланс для сепаратора зображений на рисунку 2.18

Рисунок 2.18 - Матеріальний баланс для сепаратора

Матеріальний баланс для осушувальної колони зображений на рисунку 2.19

Рисунок 2.19 - Матеріальний баланс для осушувальної колони

Матеріальний баланс для змішувача зображений на рисунку 2.20

Рисунок 2.20 - Матеріальний баланс для змішувача

Матеріальний баланс для реактора зображений на рисунку 2.21

Рисунок 2.21 - Матеріальний баланс для реактора

Матеріальний баланс для конденсатора зображений на рисунку 2.22

Рисунок 2.22 - Матеріальний баланс для конденсатора

Матеріальний баланс для компресора зображений на рисунку 2.23

Рисунок 2.23 - Матеріальний баланс для компресора

Матеріальний баланс для ректифікаційної колони зображений на

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						24
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



рисунку 2.24

Рисунок 2.24 - Матеріальний баланс для ректифікаційної колони

Таблиця 2.9 - Матеріальний баланс

Потік	Масові витрати на вхіді, м <sup>3</sup> /год	Масові витрати на виході, м <sup>3</sup> /год
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	0	0.085
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	0	0.095
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	0	1047.99
H <sub>2</sub> O	20	0.263
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1000	0.546
HCL	50	21.001
NaOH	0	0.0010
Сума	1070	1070

Як видно з таблиць 10 та 11 сума вхідних та сума вихідних потоків однакові. Отже матеріальний баланс пораховано правильно.

### 3 Автоматизований розрахунок реактора гідрохлорування етину

#### 3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

Розробити обчислювальний модуль, призначений для комп'ютерного моделювання процесу отримання вінілхлориду з етину в реакторі ідеального витіснення неперервної дії.

Вихідними даними для розрахунку є:

Тип апарату: каталітичний трубчатий реактор

Мольне співвідношення HCl/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>: 1.4

Температура холодоагента: 90 °C

Температура газової суміші: 100 °C

Коефіцієнт теплопередачі:  $4,534 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$

						Арк
						25
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ХА 1107 1490 001 ПЗ	

Тепловий ефект реакції:  $26 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$

Площа перерізу трубки:  $40 \text{ м}^2$

Початкова швидкість реакційної суміші:  $20 \text{ м/с}$

Результатами розрахунку є:

1. Довжина реактора при заданому ступені перетворення етину
2. Графік залежності ступеню перетворення етину від довжини реактора
3. Графік залежності температури холодоагента та газової суміші по довжині реактора

### 3.2 Математичне моделювання реактора гідрохлорування етину

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження.

Математичне моделювання включає три взаємопов'язаних етапи:

4. складання математичного опису досліджуваного об'єкту;
5. вибір методу вирішення системи рівнянь математичного опису і реалізації його в формі програми;
6. встановлення відповідності (адекватності) моделі об'єкту.

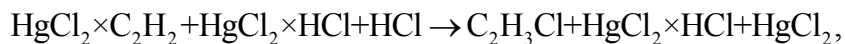
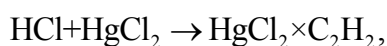
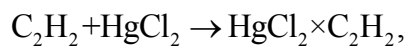
Математичне моделювання реактора гідрохлорування етину проводиться з урахуванням наступних припущень:

- гідродинамічний режим в апараті – ідеальне витіснення;
- реакційна маса рухається уздовж осі потоку, витісняючи наступні шари;
- реакція відбувається на стаціонарному шарі каталізатора;

Промислове виробництво вінілхлориду входить у першу десятку найбільших багатотоннажних продуктів основного органічного синтезу. В основі методу отримання вінілхлориду гідрохлоруванням етину лежить каталітична реакція у газовій фазі, що протікає з великим виділенням тепла [1, 2]. Реакція відбувається на каталізаторі  $\text{HgCl}_2$ , нанесеному на активоване

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		26

вугілля у стаціонарному шарі каталізатора за температури 425...535 К і тиску 0,2...1,5 МПа:



з такими значеннями констант за стадіями [2]:

Ступінь перетворення етину становить 98,6 % з селективністю по вінілхлориду 98 %. Для підвищенні утримувальної здатності активованого вугілля відносно до хлориду ртуті вводять добавки амінів. Етин після очищення проходить через фільтр і надходить на змішування з хлоридом водню. Отримана суміш газів з температурою до 308 К надходить у трубчастий реактор гідрохлорування. Трубки реактора заповнені каталізатором.

Швидкість реакції гідрохлорування етину описується рівнянням [3]:

(3.1)

Після підставлення значень парціальних тисків у (1) отримуємо:

(3.2)

Вираз для швидкості реакції (2) можна спростити в припущенні, що

(3.3)

Рівняння (3) доцільно перетворити до вигляду:

(3.4)

де  $k = k_3 k_1 / k_2 = k_0 \exp(-H/RT)$ ;  $K = 1/k_2 = K_0 \exp(-E/RT)$ ;  $P$  – загальний тиск суміші.

Диференціюючи вираз для швидкості реакції (4) за температурою, за умови екстремуму температури  $dW / dT = 0$ , отримуємо:

(3.5)

З формули (5) випливає, що оптимальна температура зростає зі збільшенням тиску  $P$  та знижується зі збільшенням відношення  $a$ . Розрахована оптимальна температура  $T_{opt}$  буде вищою температури термічної стійкості каталізатора  $\text{HgCl}_2$ . Тому в процесі гідрохлорування етину

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		27

температура має бути постійною по всій довжині реактора, а її значення визначається тільки термічною стійкістю каталізатора.

Для моделі ідеального витіснення склали рівняння матеріального і теплового балансів:

$$(3.6)$$

Рівняння (3.5-3.8) разом із рівнянням (3.4) було використано для розрахунку трубчастого реактора гідрохлорування етину у виробництві вінілхлориду. В додатку А наведено розрахунки, виконані в середовищі MathCad 14.

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

Програмний код обчислювального модуля, розробленого в середовищі Visual Basic 13, наведено в додатку Б. Відповідно до математичної моделі було розроблено алгоритм обчислювального модулю представлений у додатку В.

Структура обчислювального модуля:

- файли форм – Form1.frm – Form3.frm;
- файл проекту – Project1.vbp.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення

Елемент	Назва	Призначення
Форма (Form)	Form1.frm	Основна форма для введення вхідних даних
Текстові поля (TextBox)	Text1–Text4, Text6–Text9; Text5, Text10	Введення вхідних даних Виведення результатів
Графік Chart	Chart1,Chart2	Представлення результатів розрахунку у вигляді графіку
Клавіша Command Button	Form1.Command1	Виклик процедури розрахунку
Таблиця MSFlexGrid	MSFlexGrid	Представлення результатів у табличному вигляді
Заголовки Label	Label1-Label14	Текстове оформлення

Розроблений програмний модуль складається з 1 процедури обробки подій. Призначення цих процедур наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

Назва процедури	Призначення
Command1_Click	Обробка процедури натиснення кнопки розрахунку, виклик процедури виконання розрахунків

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 розрахунку будь-якого РІВ, в якому відбувається газофазна реакція.

### 3.2 Інструкція користувачу програмного продукту

Програмний модуль призначений для розрахунку довжини реактора при ступені перетворення етину до 98,6%. Головне вікно містить поля для вводу вихідних даних, а саме, концентрацій компонентів реакції, що відбувається в апараті, в початковий момент часу, висоту апарату для розрахунків, константи швидкості реакції, температуру холодоагенту та газової суміші, тиск, коефіцієнт теплопередачі, швидкість реакційної суміші, ентальпія, площа поперечного перерізу.

Для виконання розрахунків слід ввести вихідні дані у відповідні поля та натиснути кнопку «Розрахувати». Після чого на формі з'являються результати (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Результати розрахунку

Отже, в результаті роботи програми отримуємо:

- таблицю даних:  $1, xC_2H_2, T_1, T_2$ ;
- графік зміни температури газової суміші та температури теплоносія по довжині реактора;
- графік залежності ступеню перетворення етину по довжині реактора;
- при ступені перетворення етину 98,6% довжина реактора становить 16,9м.

Порівнюючи дані з даними, отриманими при розрахунку матеріального балансу, задана ступінь перетворення досягається також при довжині реактора 16,9м.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						30
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання вінілхлориду

### 4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація технологічного процесу - сукупність методів і засобів, призначена для реалізації системи або систем, що дозволяють здійснювати управління самим технологічним процесом без безпосередньої участі людини, або залишення за людиною права прийняття найбільш відповідальних рішень.

Основними цілями автоматизації технологічного процесу є: збільшення обсягів продукції, що випускається; підвищення ефективності виробничого процесу; підвищення якості продукції; зниження витрат ритмічності виробництва; підвищення безпеки екологічності; підвищення економічності.

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

Завдання технологічного процесу виробництва вінілхлориду полягає в отриманні певної кількості і певної концентрації вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену. Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного виходу вінілхлориду та протікання процесу за технічним регламентом необхідно регулювати та контролювати наступні параметри: температуру в трубопроводах подачі етину в вогнеперегороджувач, температуру етину в трубопроводі на виході із конденсатора, температуру газової суміші в реакторі, температуру етину в трубопроводі на виході із холодильника, витрати в трубопроводах подачі етину в збірник та хлороводню в збірник, витрати в трубопроводах подачі етину в сепаратор, витрати в трубопроводах подачі газової суміші в холодильник, витрати в трубопроводах подачі реагентів на зрошування в

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						31
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

скруббери , концентрацію етину в трубопроводі подачі газової суміші в реактор, концентрацію вінілхлориду на стелі в цеху вінілхлориду.

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 були вибрані місця для заміру параметру на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів, межі їх зміни. Всі дані занесемо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва вінілхлориду з етину

№	Місце заміру параметру на технологічному об'єкті (найменування стадії технологічної схеми процесу)	Параметр, що вимірюється або регулюється (найменування)	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (вимірювання, регулювання, сигналізація, тощо)
1	2	3	4	5
1	Вогнеперегороджувач 1	Температура	190±5 °С	Контроль
2	Трубопровід подачі етину в сепаратор 3	Температура	170±5 °С	Регулювання
3	Трубопровід подачі етину в сепаратор 3	Витрата	1000±100 <i>м<sup>3</sup> / год</i>	Регулювання
4	Трубопровід подачі етину в змішувач 4	Витрата	982±100 <i>м<sup>3</sup> / год</i>	Регулювання
5	Трубопровід подачі хлороводню в змішувач 4	Витрата	50±5 <i>м<sup>3</sup> / год</i>	Контроль
6	Реактор 6	Температура	200±5 °С	Контроль



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
7	Трубопровід подачі газової суміші в реактор	Концентрація $C_2H_2$	$10 \pm 0,1 \%$	Контроль
8	Трубопровід подачі газової суміші в холодильник 7	Витрата	$1029 \pm 100$ $m^3 / год$	Регулювання
9	Трубопровід подачі газової суміші в скруббер 8	Температура	$170 \pm 5 \text{ }^\circ C$	Регулювання
10	Трубопровід подачі реагенту в скруббер 8	Витрата	$100 \pm 10$ $m^3 / год$	Контроль
11	Трубопровід подачі реагенту в скруббер 9	Витрата	$100 \pm 10$ $m^3 / год$	Контроль
12	Трубопровід подачі реагенту в скруббер 10	Витрата	$100 \pm 10$ $m^3 / год$	Контроль
13	Трубопровід подачі газової суміші в сепаратор 12	Температура	$160 \pm 5 \text{ }^\circ C$	Регулювання
14	Трубопровід подачі газової суміші в сепаратор 12	Витрата	$1009 \pm 100$ $m^3 / год$	Регулювання
15	Трубопровід подачі газової суміші з компресора 13 до ректифікаційної колони 14	Тиск	0,134 МПа	Контроль
16	Трубопровід виходу тяжких фракцій на переробку	Витрата	$40 \pm 5$ $m^3 / год$	Контроль

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
17	Трубопровід виходу легких фракцій на переробку	Витрата	30 $\pm 5 \text{ м}^3 / \text{год}$	Контроль
18	Трубопровід подачі газової суміші до ректифікаційної колони 14	Витрата	998 $\pm 10 \text{ м}^3 / \text{год}$	Регулювання
19	Стеля цеху отримання вінілхлориду	Концентрація	$5 \text{ мг} / \text{м}^3$	Контроль, сигналізація

На основі даних, наведених в таблиці 4.1, розроблена схема автоматизації процесу отримання вінілхлориду включає в себе дев'ятнадцять регулюючих контурів.

#### 4.2 Вибір приладів та засобів автоматизації

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.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

Тому для автоматизації процесу виробництва вінілхлориду були вибрані технічні засоби автоматизації за каталогами відповідних виробників [1-7] , які наведені в додатку Г.

### **4.3 Опис схеми автоматизації**

#### **4.3.1 Контроль та регулювання температури**

В якості вимірювальних приладів температури для контурів 1,2, 8,10 та 14 було обрано термоперетворювачі опору марки ТСП-1187(поз. 1а, 2а, 7а, 9а, 13а) з діапазоном вимірювання температури від -200 до 600°С.Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на ПД - регулятор МТМ 620 (поз. 1б, 2б, 7б, 9б, 13б), який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЕО-40/10 (поз. 2в, 9в, 13в), який:

- в контурі 2: змінює подачу холодоагенту(водного конденсату), тим самим знижуючи чи підвищуючи температуру газу на виході з конденсатора;
- в контурі 9: змінює подачу холодоагенту(водного конденсату), тим самим знижуючи чи підвищуючи температуру газу на виході з холодильника;
- в контурі 13: змінює подачу холодоагенту(водного конденсату), тим самим знижуючи чи підвищуючи температуру газу на виході з конденсатора.

#### **4.3.2 Контроль та регулювання витрат**

Для контролю та регулювання витрати в контурах 3, 4, 5, 8, 11, 12, 10, 14, 16, 18, 19 використовується звужуючий пристрій – діафрагма, виготовлена зі сталі марки 12Х18Н10Т, а саме:

- в контурі 3, 4, 5 ,8– діафрагма безкамерна (поз. 3а, 4а, 5а ,8а) ДБС 2,5 – 1400 з діаметром умовного проходу 1400 мм;

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		35

- в контурі 11,12,13,15 – діафрагма камерна (поз. 11а, 12а, 10а, 14а) ДКС 10 – 350 з діаметром умовного проходу 350 мм;

- в контурах 17, 18, 19– діафрагма камерна (поз. 16а, 18а, 19а) ДКС 10 – 50 з діаметром умовного проходу 50 мм.

Сигнал з витратоміра передається на дифманометр мембранний (поз. 3б, 4б, 5б, 8б, 11б, 12б, 13б, 14б, 17б, 18б, 19б) без шкальний, який перетворює величину перепаду тиску в уніфікований вихідний сигнал, який є вхідним сигналом на наступний прилад - показуючий та реєструючий автоматичний прилад слідкуючого урівноваження марки РП 160 – 30 (поз. 3в, 4в, 6в, 8в, 11в, 12в, 13в, 14в, 17в, 18в, 19в). В якості приладу контролю та регулювання в контурах використовується електричний ПД – регулятор марки МТМ 620, сигнал з якого подається на виконавчий механізм МЕО-40/10(поз. 5г, 8г, 14г, 16г), що змінює витрату газу при подачі в певний апарат.

#### 4.3.3 Контроль та регулювання концентрації

Для контролю концентрації створили контур автоматизації 6, в якому використали газосигналізатор типу ТХС-1 (поз. 6а, 6б).

Сигналізатор призначений для безперервного автоматичного аналізу та контролю довибухонебезпечних концентрацій одиничних горючих газів, парів: метану, водню, пропану, гексана, етилового спирту, нафтопродуктів, інших сукупностей горючих газів і пари (143 найменування компонентів, в тому числі і ацетилену) в повітрі і видачі сигналів про перевищення встановлених значеннях концентрації, сигналів виміральної інформації про поточне значення концентрації.

#### 4.3.4 Сигналізація концентрації шкідливих речовин в приміщенні

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						36
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Для сигналізації про перевищення ГДК шкідливих речовин в приміщенні (вінілхлориду) розроблено контур автоматизації 19, в який входить стаціонарна система автоматичного контролю загазованості марки ИГС-98(поз. 19а, 19б), що складається з датчику, розташованому на стелі цеху отримання вінілхлориду 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 в регламентованому режимі.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						37
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## **5 Економіко - організаційні розрахунки процесу виробництва вінілхлориду гідрохлоруванням ацетилену**

Промислове виробництво вінілхлориду входить у першу десятку виробництва продуктів основного органічного синтезу, при цьому майже весь вироблений обсяг використовується для подальшого синтезу полівінілхлориду (ПВХ), мономером якого і є вінілхлорид.

Одним з 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 гідрохлорування ацетилену є розрахунок його основних техніко – економічних показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності підприємства.

### **5.1 Теоретичні відомості для техніко – економічного обґрунтування процесу виробництва вінілхлориду гідрохлоруванням етину**

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

Види виробничих процесів:

1. основні – пов’язані з виготовленням готової продукції, яка формує призначення підприємства;
2. допоміжні – пов’язані для заготівлі або одержання комплектуючих для обслуговування виробництва (складування, транспортування);
3. бічні – виробництво продукції з відходів основного виробництва;

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						38
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4. 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);
- нематеріальні активи (права, ліцензії, сертифікати).

Основні засоби поділяються на пасивні і активні:

1. активні – безпосередньо впливають на предмет праці (машини і обладнання, інструменти та засоби, вимірювальна та обчислювальна техніка);
2. 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:

1. 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:

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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						39
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

3. залишкова вартість ( $\Phi_{\text{за}}$ ) – різниця між  $\Phi_{\text{ПП}}$  та нарахованим зносом основних засобів:

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

4. 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.

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.

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

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:

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		40



$$C = A + ОбЗ \quad (5.2)$$

де А – амортизація основних засобів, 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;
- фондвіддача ОЗ — це відношення обсягу виробленої продукції підприємства до середньорічної вартості ОЗ, що показує, який обсяг виробленої продукції припадає на 1 грн.. вартості ОЗ, тобто:

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

де В - запланований випуск продукції за певний період;

$C_{сер}$  - середньорічна вартість ОЗ;

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

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

- капіталовкладення:

$$K = ОЗ + ОбЗ \quad (5.5)$$

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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		41

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.

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

де А - амортизаційні відрахування;

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

ФОП - фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування} \quad (5.7)$$

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%).

- ціна;
- прибуток — абсолютна величина, що характеризує доцільність існування підприємства:

$$П = Ц - С \quad (5.8)$$

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

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

- економічна ефективність:

$$E = \frac{П}{K} \quad (5.10)$$

- період повернення капіталовкладень:

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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						42
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Кадри характеризуються показниками:

1. Чисельність явочна — максимально допустима чисельність працівників необхідних для виконання відповідного обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом робочої зміни.

$$Ч_{ЯВ} = \frac{B}{H_B \cdot K_{ВН} \cdot K_{ПН}}, \quad (5.12)$$

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

$H_B$  - норма виробітку;

$K_{ВН}$  - коефіцієнт виконання норми;

$K_{ПН}$  - коефіцієнт перегляду норм у поточному періоді.

Норма виробітку — становлений обсяг робіт, який працівник чи група працівників повинна виконати у відповідних організаційно-технічних умовах за визначений період часу відповідно до своєї кваліфікації.

$$H_B = \frac{B}{Ч \cdot T}, \quad (5.13)$$

де  $Ч$  - чисельність персоналу, зайнята на випуск певної продукції;

$T$  - період часу, за який випускається дана продукція.

Чисельність за списком - характеризує потребу підприємства у кадровому забезпеченні і крім штатних посад містить працівників необхідних для заміщення хворих, осіб у відпустках, відсутніх за інших причин, консультантів, експертів та інших позаштатних працівників.

$$Ч_{СП} = Ч_{ЯВ} \cdot K_{ПЕРЕРАХ.} \quad (5.14)$$

$$K_{ПЕРЕРАХ.} = \frac{T_{підпр.}^{рік.}}{T_{прац.}^{рік.}} \quad (5.15)$$

де  $T_{підпр.}^{рік.}$  - тривалість роботи підприємства за рік;

$T_{прац.}^{рік.}$  - тривалість роботи працівника за рік.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						43
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 5.2 Техніко – економічні показники виробництва вінілхлориду

*Послідовний рух* предметів праці – це ВРПП, під час якого обробка сировини проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію. Розрахуємо тривалість виробничого циклу, якщо за виробничий цикл підприємства виготовляється 1 тонна готової продукції. Процес виробництва вінілхлориду характеризується виключно обробкою вхідної суміші, яка послідовно проходить через всі апарати схеми. Тому для даного виробництва доцільно використати послідовний ВРПП.

Виробництво вінілхлориду включає виконання наступних операцій:

1. Завантаження вихідного продукту- 5хв.
2. Охолодження газу – 10
3. Сушіння ацетилену – 5 хв.
4. Сушіння ацетилену – 5 хв.
5. Змішування ацетилену з хлороводнем – 5 хв.
6. Проходження реакції в реакторі- 25 хв.
7. Охолодження газової суміші- 10 хв.
8. Очищення газу – 5 хв.
9. Очищення газу – 5 хв.
10. Очищення газу – 5 хв.
11. Осушення газу – 10 хв.
12. Зменшення тиску газу до 07-08 МПа – 5 хв.
13. Очищення від тяжколетючих фракцій – 5 хв.
14. Очищення від легколетючих фракцій – 5 хв.
15. Вивантаження готової продукції – 5 хв.

*Розрахуємо тривалість виробничого циклу:*

$$T_{ВЦ}^{посл} = B \sum_{i=1}^n t_i = 110 \text{ хв.}$$

Розрахуємо кількість циклів за одну зміну 6 год.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		44

$$n = \frac{60 * 6}{110} = 3$$

Тобто маємо повних 3 цикла за зміну 6 год.

Отже, за одну зміну підприємство виробляє 3 тонни готової продукції, за день – 12 тонн, за рік – 4380 тонн.

Виробничий цикл для процесу гідрохлорування етину зображений на рисунку 5.1

Рисунок 5.1 - Виробничий цикл послідовного типу

Так як маємо ВРПП послідовного типу, і ми маємо 5 змін, то достатньо по 1 працівнику на кожну зміну. Перелік осіб, що працюють в даному відділенні наведено в таблиці 5.1. Тобто, явочна чисельність персоналу:  $Ч_{яв} = 20$  осіб. Згідно з відомими нормами технічного проектування режим роботи працівника в умовах безперервного робочого тижня характеризується 6-ти годинною робочою зміною, оскільки в цеху отримання вінілхлориду є шкідливі умови праці.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

Таблиця 5.1 – Персонал підприємства

Посада	Кількість штатних одиниць, осіб	Зарплата на 1 прац., грн	Зарплата, грн
Начальник зміни	5	2000	10000
Апаратник	5	2000	10000
Головний інженер	5	3000	15000
Слюсар-механік	5	1500	7500
Директор	1	10000	10000
Заступник директора	1	7000	7000
Головний бухгалтер	1	4000	4000
Прибиральниця	2	1000	1000
Сума		30500	64500

На виробництві обов'язковими працівниками, які необхідні для виконання відповідного обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом зміни, є: начальник зміни, апаратник, головний інженер та слюсар-механік.

На підставі цього приймаємо Чяв =4 особи.

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).

Таблиця 5.2 - Графік змінності основних виробничих працівників

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
I	1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	2	В	3	3	3	3	3	В	4	4	4	4	4	В	В	1
II	В	2	2	2	2	2	В	3	3	3	3	3	В	4	4	4	4	4	В	В	1	1	1	1	1	В
III	2	В	3	3	3	3	3	В	4	4	4	4	4	В	В	1	1	1	1	1	1	В	2	2	2	2
IV	3	3	В	4	4	4	4	4	В	В	1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	2	В	3	3	3	3
V	4	4	4	В	В	1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	2	В	3	3	3	3	3	В	4	4	4

Знаходимо фактичний відпрацьований час кожним працівником:

$$T_{\text{факт.}}^{\text{роб.}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вих.}}) - T_{\text{відп.}} = \frac{365}{25} (25 - 5) - 14 = 278 \text{ діб}$$

де  $T_{\text{зм.об.}}$  – зміннооборот, днів;  $T_{\text{вих.}}$  - кількість вихідних;  $T_{\text{відп.}}$  - відпустка.

Розраховуємо чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} * К_{\text{перерах.}} = 32$$

Розрахуємо фонд оплати праці:

$$ФОП = 12 \cdot ЗП = 12 \cdot 64500 * 1,37 = 1\,060\,380 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Відрахування на соціальні заходи здійснюються за встановленим законодавством ставками від витрат на оплату праці і складає 37%.

Затрати на сировину зручно привести у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок вартості сировини для виробництва вінілхлориду

Найменування	Норма витрат	Ціна, грн./ $\text{м}^3$	Сума витрат грн./рік
Етин	12 000 $\text{м}^3$ /добу	0,45	1 971 000
Хлороводень	100 $\text{м}^3$ /добу	0,19	6 935
Каталізатор	218 $\text{м}^3$ /добу	0,50	39 785
Вода	200 $\text{м}^3$ /добу	0,9	65 700
Разом		2 083 420	

Річні затрати на сировину та реагенти:  $Z_c = 2083420 \text{ грн./рік}$

Витрати на електроенергію. Розрахуємо витрати на електроенергію за нерегульованим тарифом, тариф за приєднану потужність:  $T_{\text{пр}} = 0.5 \text{ грн/кВт}$ ; Потужність обладнання:  $H_{\text{об}} = 60 \text{ кВт/т}$ ; Освітлення цілодобове:  $H_{\text{ос}} = 30 \text{ кВт/добу}$ .

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

$$Z_{e/c} = P_{\text{пр}} \cdot T_{\text{пр}} + T_{\text{нерег}} \cdot (H_{\text{об}} \cdot V_{\text{год}} + H_{\text{ос}} \cdot 365) = 5000 \cdot 0.5 + 1 \cdot (60 \cdot 734,864 + 30 \cdot 365) = 57490 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Витрати на опалення цеху. Загальна площа:  $1500 \text{ м}^2$ ; тарифна ставка на опалення:  $4 \text{ грн./м}^2 \text{ міс}$ ; Сезон опалення: 6 місяців

$$Z_{\text{опал.}} = 1500 \cdot 4 \cdot 6 = 36000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Амортизаційні відрахування. Здійснюються за прийнятими методами і нормами.

Таблиця 5.4 - Розрахунок вартості ОЗ підприємства з виробництва вінілхлориду

Найменування	Кількість одиниць	Вартість, грн.	Норма амортизації за рік, %
1	2	3	4
Склад	1	900000	5
Цех (будівля)	1	1150000	5
Реактор	1	70000	20
Вогнеперегороджувач	1	20000	20
Очищувальні колони	3	120000	20
Ректифікаційні колони	2	80000	20



1	2	3	4
Холодильник конденсатор	3	75000	20
Осушувальна колона	1	20000	20
Компрессор	1	25000	20
Змішувач	1	25000	20
Сепаратор	2	80000	20
Сертифікат		250000	30
Транспорт (внутрішньоцеховий)	2	10000	20
Виробничий інвентар		9000	25

Сумарна вартість основних фондів:

$$\begin{aligned} \text{ОФ} &= 900000 + 1150000 + 70000 + 120000 + 20000 + 80000 + 75000 + \\ &+ 20000 + 25000 + 80000 + 250000 + 10000 + 9000 \\ &= 2\,809\,000 \text{ грн./рік} \end{aligned}$$

Розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$\begin{aligned} A &= (900000 + 1150000) \cdot 0,05 + (70000 + 120000 + 20000 + 80000 + 75000 + \\ &+ 55000 + 40000) \cdot 0,2 + 250000 \cdot 0,3 + 10000 \cdot 0,2 + 9000 \cdot 0,25 = 212\,340 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Сумарні цехові витрати наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Сумарні затрати цеху гідрохлорування етину

Статті затрат	Затрати на річний випуск, грн./рік
Сировина	2083420
Електроенергія	60 085,6
Опалення	36 000

Заробітна плата	1 060 380
Амортизація	212 340
Всього (собівартість)	3 452 225,6

Ціна реалізації кінцевої продукції , розрахуємо ціну річного випуску продукції:

$$V_{\text{рлк}}^{\text{грн}} = Ц \cdot V_{\text{рлк}} = 2500 \cdot 4380 = 10\,950\,000 \text{ грн}$$

Визначаємо прибуток підприємства:

$$\Pi = V_{\text{рлк}}^{\text{грн}} - C = 10\,950\,000 - 3\,452\,225,6 = 7\,497\,774,4 \text{ грн}$$

Рентабельність підприємства:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\% = \frac{7\,497\,774,4}{3\,452\,225,6} \cdot 100 = 217\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{\Pi}{O\Phi + O\Phi} = \frac{7\,497\,774,4}{2809000 + 2\,179\,505,6} = 1,503$$

де

$$O\Phi = C - A - ЗП = 3\,452\,225,6 - 212\,340 - 1\,060\,380 = 2\,179\,505,6 \text{ грн.}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{1,503} = 0,66 \text{ р.}$$

Фондовіддача основних засобів виробництва:

$$\Phi B = \frac{V_{\text{рлк}}^{\text{грн}}}{O\Phi} = \frac{10\,950\,000}{2809000} = 3,89 \text{ грн/грн}$$

Фондоємність:

					ХА 1107 1490 001 ПЗ	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		50

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{3,89} = 0.257$$

Фондоозброєність персоналу:

$$\Phi O = \frac{O\Phi}{\text{Чсп.}} = \frac{2809000}{32} = 87781,25$$

Зведемо всі розраховані в розділі 5.2 показники до таблиці 5.11

Таблиця 5.11 - Основні техніко - економічні показники підприємства з виробництва вінілхлориду

Показник	Значення
Вартість основних фондів	2809000 грн.
Річний випуск	4380 т
Чисельність персоналу	32 особи
Капіталовкладення	4 922 805,6 грн.
Собівартість продукції	<b>3 386 525,6</b> грн./рік
Ціна продукції	2500 грн./т
Прибуток	<b>7 497 774,4</b> грн./рік
Рентабельність	<b>217%</b>
Коефіцієнт економічної ефективності	<b>1,503</b>
Період повернення капіталовкладень	0,66 років
Фондовіддача	<b>3,89</b> грн./грн.
Фондоємність	<b>0,257</b> грн./грн.
Фондоозброєність	<b>87781,25</b> грн./ос.

За знайденими техніко-економічними показниками можна зробити висновок, що дане підприємство є прибутковим.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		51

## 6 Охорона праці

Технологічний об'єкт, що розглядається- виробництво вінілхлориду з етину, яке містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Всі проектні рішення прийнято із урахуванням вимог охорони праці. На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблені заходи щодо створення здорових умов праці та пожежної безпеки.

### 6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується

#### 6.1.1 Повітря робочої зони

Роботи, що виконувались в цеху по важкості відносяться, відповідно [1], до категорії Па. 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

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

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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		52

процесами й апаратами; раціональне розміщення устаткування, агрегатів і т. п.; наявність теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації й інших

джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Нижче в таблиці 6.2 наведено коротку санітарну характеристику підприємства, що розглядається, а саме цеху гідрохлорування етину.

Таблиця 6.2 Санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої дільниці	цех гідрохлорування етину
Шкідливі речовини, що виділяються	вінілхлорид
Група шкідливої речовин, характеристика шкідливого впливу	речовини помірно небезпечні. Загальнотоксична речовина. Викликає подразнення нервової системи, шкірних покривів, органів травлення.
ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	5
Клас небезпечності шкідливої речовини	III - помірно токсичні речовини.
Засоби індивідуального захисту	фільтруючий протигаз марки БКФ або марки А; комплект спецодягу з прогумованої тканини; окуляри захисні.
Засоби долікарняної допомоги	винести на свіже повітря; відновити прохідність дихальних шляхів, промивання шлунку, викликати швидко медичну допомогу.
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	‘автоматичний стаціонарний сигналізатор і газоаналізатор
Клас виробництва згідно СН 245-71	I
Санітарна група виробничого процесу згідно з СНиП 2.09.04-87	1в

## 6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду VIII-б.

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 6.3 наведені санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

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

<b>Характеристика зорової роботи</b>	Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні			
<b>Розряд зорової роботи</b>	VIII-б			
<b>Штучне освітлення</b>	Освітленість, лк	При системі загального освітлення		100
		При системі комбінованого освітлення	Всього	-
			Ут.ч. від загального	-
<b>Природне освітлення</b>	КПО, $e_n$ , %	При боковому освітленні	0,3	
<b>Суміщене освітлення</b>		При боковому освітленні	0,7	

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 пилозахищених люмінесцентних світильників. Для виміру й контролю освітленості в приміщеннях застосовують люксметри 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 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>);

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		55

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  $K = 1,5$ );

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін ( $\rho_{\text{ст.}}$ ) і стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ ), значення коефіцієнтів дорівнюють  $\rho_{\text{ст.}} = 50\%$  і  $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$ .

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

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

де  $h_p$  – розрахункова висота підвісу ( $h_p = h_1 - h_2$ ,  $h_p = 1\text{ м}$ ).

Знаючи індекс приміщення I знаходимо значення  $\eta = 0,57$ .

Підставимо всі значення у формулу 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 світильниках за формулою:

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

де N – кількість ламп, що визначається; F - світловий потік;  $F_{\text{л}}$  - 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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		56



### 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, ректифікаційні колони, скруббери.

Згідно [4] у виробничих приміщеннях прийнята норма рівня звуку становить 80 дБА. Згідно [5] 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.

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 [6] 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,  $U_{dot} = 36$

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		57

В; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_l=0,3$  мА,  
 $U_{\text{dot}} = 2\text{В}$ .

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

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

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

$R_0 = 4$  Ом, опір нейтралі заземлення;

$U_{\phi} = 220$  В, фазова напруга, В.

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

Напруга дотику розраховується за формулою:

$$U_{\text{dot}} = I_l \cdot R_l \cdot 10^3 = 0,05 \cdot 4000 = 220 \text{ В}.$$

Таблиця 6.5 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

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

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 технологічних процесів та обладнання

Вінілхлорид вибухонебезпечний та має токсичність середньої сили, тому необхідно дотримуватися правил техніки безпеки при роботі з ним.

Ця інструкція є обов'язковою для виконання всіма особами, які працюють з вінілхлоридом. Роботи з вінілхлоридом відносяться до робіт підвищеної небезпеки. До виконання робіт з вінілхлоридом допускаються особи, які досягли 18-років; пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці. Особи, які працюють з вінілхлоридом, зобов'язані вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту. При роботі з вінілхлоридом він надає токсичний вплив на організм людини, викликаючи ураження ЦНС, кісткової системи, системне ураження сполучної тканини, мозку, серця. Вражає печінку, викликаючи ангіосаркому. Вінілхлорид володіє токсичністю середньої сили. Симптоми, викликані його дією, в основному схожі з симптомами дії наркотичних речовин. Отруєння при вдиханні вінілхлориду в невеликих концентраціях супроводжується втратою рівноваги, координації рухів і неповним наркозом. При великих концентраціях настає втрата свідомості, супроводжувана конвульсіями, і, нарешті, глибоким наркотичним сном з повною нерухомістю. Дихання змінюється від швидкого переривчастого на початку

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		59

наркозу до повільного неглибокого. Слід мати на увазі, що газ важчий за повітря і може викликати задуху в погано провітрюваних або замкнених приміщеннях

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 вінілхлориду повинно здійснюватись засобом, який виключає можливість попадання його у виробниче та навколишнє середовище. Вінілхлорид повинен зберігатись у спеціальній залізній тарі;
- Приміщення повинно бути обладнане вентиляцією, тому що вінілхлорид може викликати задуху в погано провітрюваних приміщеннях;
- по закінченню робіт необхідно: прибрати робоче місце. Залишок вінілхлориду (від добового запасу), що не повністю витратився під час роботи, повинен здаватись на склад.

## 6.6 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 Д.1 (додаток Д) наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю [9,10]. 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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						60
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		61

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Темкин О. Н. Ацетилен: Химия. Механизмы реакций. Технология [Текст] / О. Н. Темкин, Г. К. Шестаков, Ю. А. Трегер. – М.: Химия, 1991. – 416 с. – Библиогр.: с. 384–411. – 1700 экз. – ISBN 5-7245-0574-6.
2. Гельбштейн А. И. Исследования в области парофазных каталитических превращений ацетилена / А. И. Гельбштейн, Г. Г. Щеглова, А. А. Хоменко // Кинетика и катализ. – 1963. – том IV, вып.4 – С. 625-634. – Библиогр.: с. 634.
3. Яблонский Г. С. Моделирование процесса гидрохлорирования ацетилена в неподвижном слое катализатора / Г. С. Яблонский, Б. Л. Каменко, А. И. Гельбштейн, М. Г. Слинько // Химическая промышленность. – 1967. – № 5. – С. 373–380. – Библиогр.: с. 379–380.
4. 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.
5. Бойко, Т. В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів наряду підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст] / Т. В. Бойко В. І. Бендюг, І. О. Потяженко – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 128с.
6. Слинько, М.Г. Моделирование и оптимизация каталитических процессов [Текст] / М.Г. Слинько. – М.: Наука, 1965. – 354 с.
7. Бесков, В.С. Моделирование каталитических процессов и реакторов [Текст] / В.С. Бесков, В. Флокк. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
8. Полоцкий, Л.М. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации [Текст] / Л.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		62

9. Официальный сайт компании «Прибортрейд - Контрольно-измерительные приборы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pribortrade.com.ua> - Название с экрана.
10. Официальный сайт «НПП ЭЛЕМЕР» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/> - Название с экрана.
11. Офіційний сайт «Спецавтоматика Україна» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrspecavtomat.com.ua/> - Назва з екрану.
12. Офіційний сайт ТОВ «ТК Енерго» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://profmaster.com.ua/> - Назва з екрану.
13. Офіційний сайт ТОВ «Електротермометрія» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.etm.lutsk.ukrpack.net/> - Назва з екрану.
14. Официальный сайт «Газоаналитика РФ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xn--80aaaalzjashuk1d.xn--p1ai> - Название с экрана.
15. Офіційний сайт ТОВ «ВО Укрспецкомплект» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrsk.com.ua/> - Назва з екрану.
16. Економіка підприємства: навч. посібник [Текст] / за заг. ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
17. 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.
18. Естественное и искусственное освещение [Текст]: НИП П-4-79 - М.: Стройиздат, 1980.-48 с.
19. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. [Текст] / Д.В. Зеркалов. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
20. 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.

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		63

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
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

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		64



## Додатки

### Моделювання реактору гідрохлорування етину

### Додаток А

Розрахунок математичної моделі для реактору гідрохлорування ацетилену:

Введемо значення констант та температури :

$$T1 := 100$$

$$k1 := 10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{9800}{8.31 \cdot T1}\right)} \quad [\text{мЗ/кмоль} \cdot \text{сек}]$$

$$k2 := 6 \cdot 10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)} \quad [\text{мЗ/кмоль} \cdot \text{сек}]$$

$$k3 := 5.9 \cdot 10^5 \cdot e^{\left(-\frac{2800}{8.31 \cdot T1}\right)} \quad [\text{мЗ/кмоль} \cdot \text{сек}]$$

Запишемо мольне співвідношення HCl/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> при температурі 140 С:

$$\alpha := 1.4 \quad P := 0.134 \quad [\text{Па}]$$

Введемо змінні для розрахунку швидкості реакції:

$$K := \frac{1}{k2} \quad k := \frac{k3 \cdot k1}{k2}$$

Знайдемо швидкість реакції за формулою:

$$w = k \cdot \frac{(1 - x_{C2H2}) \cdot (1.4 - x_{C2H2}) \cdot P^2}{(1 + 1.4 - x_{C2H2}) \cdot [(K + (K + P) \cdot (1.4 - x_{C2H2}))]}$$

Температура холодоагента(град.):  $T2 := 90$

Температура газової суміші(град.):  $T1 := 100$

Коефіцієнт теплопередачі:  $Kt := 4.534 \cdot 10^{-5}$

Теплоємність реакційнорі суміші:  $Cp = \frac{0.3178 \cdot 1.4 - 0.1616 + 0.4660}{1 + 1.4 - x_{C2H2}} \quad [\text{ккал/мЗ} \cdot \text{град}]$

Тепловий ефект реакції:  $\Delta H := -0.035 \quad [\text{ккал/моль}]$

Площа перерізу трубки:  $F := 40 \quad [\text{м}^2]$

Задаємо довжину реактора:  $L := 40$

Початкова швидкість реакційної суміші :

$$U0 := 20 \quad [\text{м/с}]$$

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		65

Концентрація ацетилену:  $CC_{2H_2} := 5$  [кмоль/м<sup>3</sup>]

Залишимо початкові параметри:

+

$$x_{C2H2} := 0 \quad T1 = 100 \quad T2 := 90$$

$$5.9 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left(-\frac{2800}{8.31 \cdot T1}\right)} \cdot \left[10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{9800}{8.31 \cdot T1}\right)}\right]$$

$$6 \cdot 10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)}$$

$$\frac{(1 - x_{C2H2}) \cdot (1.4 - x_{C2H2}) \cdot P^2}{(CC_{2H2} \cdot U0) + P \cdot (1.4 - x_{C2H2})}$$

$CC_1, T :=$

$$\frac{5.9 \cdot 10^{-5} \cdot e^{\left(-\frac{2800}{8.31 \cdot T1}\right)} \cdot \left[10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{9800}{8.31 \cdot T1}\right)}\right] \cdot (1 - x_{C2H2}) \cdot (1.4 - x_{C2H2}) \cdot P^2}{(1 + 1.4 - x_{C2H2}) \cdot \left[10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)}\right] + P \cdot (1.4 - x_{C2H2})}$$

$$6 \cdot 10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)} \cdot (1 - x_{C2H2}) \cdot (1.4 - x_{C2H2}) \cdot P^2$$

$$\frac{\Delta H \cdot (1 + 1.4 - x_{C2H2}) \cdot \left[10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)}\right] + P \cdot (1.4 - x_{C2H2})}{(1 + 1.4 - x_{C2H2}) \cdot \left[10^{-4} \cdot e^{\left(\frac{8200}{8.31 \cdot T1}\right)}\right] + P \cdot (1.4 - x_{C2H2})} - K \cdot F \cdot (T1 - T2)$$

$$\left( CC_{2H2} \cdot U0 \cdot \frac{0.3178 \cdot 1.4 - 0.1616 + 0.4660}{1 + 1.4 - x_{C2H2}} \right) \cdot K \cdot F \cdot (T1 - T2)$$

$$U := \text{rddfixed} \left[ \begin{matrix} x_{C2H2} \\ T1 \\ T2 \end{matrix} \right], 0.1, 100, C$$

--	--	--	--	--	--

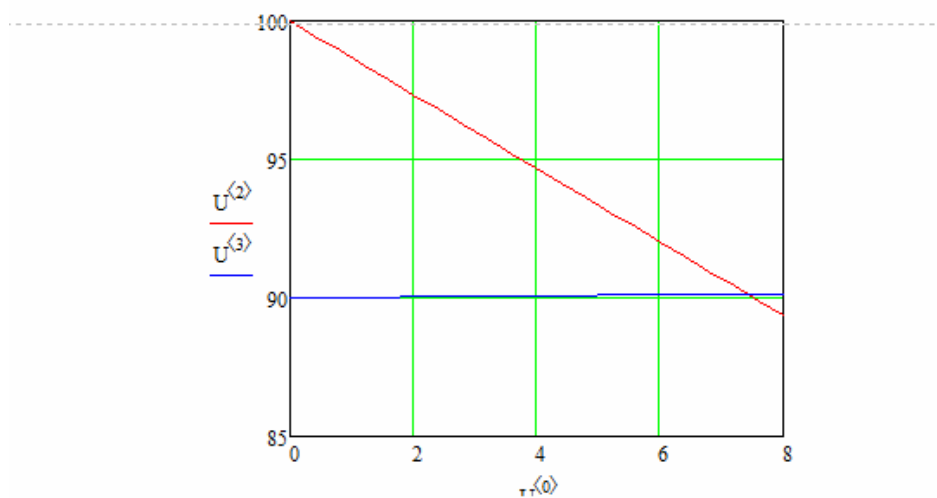


Рис 1 Залежність довжини реактора від температури холодоагента та температури реакційної суміші

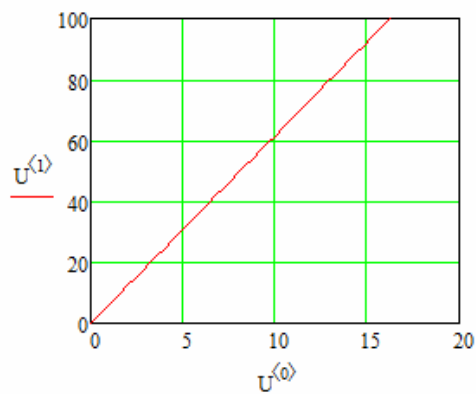


Рис 2 Залежність довжини реактора від ступеню перетворення ацетилену

Отже, виходячи з рисунку 2, задана ступінь перетворення досягається при довжині реактора 16 м.

Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХА 1107 1490 001 ПЗ

Арк

67

## Програмний код обчислювального модуля

### Додаток Б

```
Public Class Form1
    Public W, xC2H2, delH, j, fi, k, U0, ka, a1, k1, kt, T, p, T1, T2, CC2H2, k2, k3, x1,
        x2, tau, j2, L, c0, k0, En, R, T0, dH, Cp, q, h, S, qx, Cpx, T0x As Single

    Public Property Maximum As Double

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        T = Val(TextBox1.Text)
        k1 = Val(TextBox2.Text)
        k2 = Val(TextBox3.Text)
        k3 = Val(TextBox4.Text)
        a1 = Val(TextBox5.Text)
        p = Val(TextBox6.Text)
        T2 = Val(TextBox7.Text)
        T1 = Val(TextBox8.Text)
        kt = Val(TextBox9.Text)
        dH = Val(TextBox10.Text)
        fi = Val(TextBox11.Text)
        U0 = Val(TextBox12.Text)
        CC2H2 = Val(TextBox13.Text)
        k = k3 * k1 / k2
        ka = 1 / k2
        xC2H2 = 0

        Dim x(), a, b As Single
        Dim y() As Single
        Dim z(), g(), l(), g2() As Single
        Dim n, i As Integer
        Dim x0 As Single
        Dim m, m1, m2, m3, m4 As Single, rez As String

        Dim ha As Single
        a = 0
        b = 1500
        ha = 10
        n = (b - a) / ha
        ReDim x(n)
        ReDim y(n)
        ReDim z(n), g(n), l(n), g2(n)
        x(0) = 0
        z(0) = 0
        g(0) = 100
        g2(0) = 90
        For i = 0 To n
            x(i) = x0 + ha * i
        Next i
        rez = "x(i)" & " " & "xC2H2" & " " & "T1" & " " & "T2"
        For i = 0 To n - 1
            m1 = ha * f(z(i), g(i))
            m2 = ha * f(z(i) + ha / 2, g(i) + ha / 2 * m1)
            m3 = ha * f(z(i) + ha / 2, g(i) + ha / 2 * m2)
            m4 = ha * f(z(i) + ha, g(i) + ha * m3)
            m = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
            z(i + 1) = z(i) + m
            m1 = ha * du(g(i), g2(i))
            m2 = ha * du(g(i) + ha / 2, g2(i) + ha / 2 * m1)
            m3 = ha * du(g(i) + ha / 2, g2(i) + ha / 2 * m2)
            m4 = ha * du(g(i) + ha, g2(i) + ha * m3)
            j2 = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
        Next i
    End Sub
End Class
```

```

g(i + 1) = g(i) + j2

m1 = ha * dt(g(i), g2(i))
m2 = ha * dt(g(i) + ha / 2, g2(i) + ha / 2 * m1)
m3 = ha * dt(g(i) + ha / 2, g2(i) + ha / 2 * m2)
m4 = ha * dt(g(i) + ha, g2(i) + ha * m3)
j2 = (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
g2(i + 1) = g2(i) + j2
'MsgBox(x(i) & " " & z(i) & " " & g(i) & " " & g2(i))
Me.Chart1.Series("T1").Points.AddXY(x(i), g(i))
Me.Chart1.Series("T2").Points.AddXY(x(i), g2(i))
Me.Chart1.Series("xC2H2").Points.AddXY(x(i), z(i))
rez = rez & vbCrLf & Math.Round(x(i), 3) & " " & Math.Round(z(i), 3) &
" " & Math.Round(g(i), 3) & " " & Math.Round(g2(i), 3)
Next i
TextBox14.Text = rez
TextBox15.Text = "14.9"
End Sub

Private Function f(a, b) As Single
    f = k * ((1 - xC2H2) * (1.4 - xC2H2) * p ^ 2) / ((1 + 1.4 - xC2H2) * (ka + (ka +
p) * (1.4 - xC2H2))) * 1 / (CC2H2 * U0)
End Function
Private Function du(a, b) As Single
    du = (dH * (k * ((1 - xC2H2) * (1.4 - xC2H2) * p ^ 2) / ((1 + 1.4 - xC2H2) * (ka
+ (ka + p) * 1.4 - xC2H2)))) / ((CC2H2 * U0 * (0.3178 * 1.4 * (-0.1616) + 0.466) / (1 +
1.4 - xC2H2))) - kt * fi * (T1 - T2)
End Function

Private Function dt(a, b) As Single
    dt = kt * fi * (T1 - T2)
End Function

Private Sub Chart1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Chart1.Click
End Sub

Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
End Sub
End Class

```

					<i>XA 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		69

Блок-схема обчислювального модуля

					<i>ХА 1107 1490 001 ПЗ</i>	Арк
						70
Вик	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## Специфікація устаткування

## Специфікація устаткування

Позиція на схемі	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка	Завод - виробник	Одиниці	К-ть
1	2	3	4	5	6
1а,2а,7а,9а,13а	Термоелектричний перетворювач опору Робочий діапазон температур: -200°С - 600°С; Вихідний сигнал – 4-20 мА; Вхідний Сигнал – 4-20 мА; Напруга живлення – 12 - 36В; Межа похибки - 0,7 - 2,5%;	ТСП-1187	НВО «Електротермія» Приладобудівний завод м. Луцьк	штук	5
16,26,76,96,136	Електричний ПІД-регулятор; вхідний сигнал 4 - 20 мА; вихідний – 4 - 20мА; клас точності 0,25.	МТМ 620	ТОВ НВП "Мікротерм" м. Северодонецьк	штук	5
2в,3г,5г,8г,13в,14г, 16г	Електричний виконавчий механізм; вхідний сигнал: – 4-20мА; вих. сигнал 3 фази 380 В.	МЕО-40/10- 0,25-99К	НВО «Теплоавтомат» м. Харків	штук	7
3а,4а,5а,8а	Звуковий пристрій – діафрагма безкамерна; Р <sub>у</sub> =0,6-1,6 МПа; Д <sub>у</sub> =600 мм; сталь 12Х18Н10Т	ДБС 1,6 - 600	ТОВ НВП «Еглер» м. Москва	штук	4
11а,12а,10а,14а	Звуковий пристрій – діафрагма камерна; Р <sub>у</sub> =0,6-10 МПа; Д <sub>у</sub> =200 мм; сталь 12Х18Н10Т	ДКС 10 - 200	ТОВ НВП «Еглер» м. Москва	штук	4
16а,18а,19а	Звуковий пристрій – діафрагма камерна; Р <sub>у</sub> =0,6-10 МПа; Д <sub>у</sub> =80 мм; сталь 12Х18Н10Т	ДКС 10 - 80	ТОВ НВП «Еглер» м. Москва	штук	3

Продовження Специфікації устаткування

1	2	3	4	5	6
36,46,56,86, 116,126,136,146, 176,186,196	Дифманометр мембранний <u>безшкальний</u> ; верхня межа надлишкового тиску 160 кгс/см <sup>2</sup> , вихідний сигнал: <u>0-20 мА</u> . Похибка показань ± 1%	ДМ-3583 М	ВАТ «Промприлад» м. Івано-Франківськ	штук	11
3в,4в,6в,8в, 11в,12в,13в,14в, 17в,18в,19в	<u>Показувочий автоматичний прилад</u> слідкуючого урівноваження. Похибка реєстрації ±1%, показань ±0,5%; вихідний сигнал – <u>4-20 мА</u>	РП 160 - 30	ДП «Львівприлад» м. Львів	штук	11
19а,19б	Система стаціонарна автоматичного контролю загзованості з датчиками. Вихідний сигнал: <u>4-20 мА</u> . Робочий діапазон температур - від -50 до +75 ° С	ИГС-98	НВП «Дельта» м. Москва	комплект	1
15а	Манометр Діапазони показань приладу: от 0 до 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600 кгс/см <sup>2</sup> <u>Клас точності - 1</u>	МП4-У	ЧП« <u>Промтехсервіс</u> » м.Київ	шт	1
6а,6б	Комплект контролювання концентрації газу <u>складається</u> з: блоку обробки сигналу(ВОС), датчику(ТД). Газосигналізатор ТХС-1 - Діапазони вимірювань від 0 до 50% НКПР - Діапазони температур -45 - 80° С - Сигнали струму 0-5 мА або 4-20мА	ТХС-1	НВО Електрохімія м. Луцьк	комплект	1



# Охорона праці на виробництві

## Додаток Д

### Охорона праці на виробництві

Додаток Д – Показники **пожежо-** і вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Речовини, що мають об'єкт у виробництві	Агрегатний стан речовин у н. у.	Ацетилен	Вінілхлорид	Деревина	Машинне масло
Агрегатний стан речовин у н. у.	Газ	Газ	Газ	Твердий	Рідкий
	Горючість, займистість	Вибухонебезпечна, горюча	Вибухонебезпечна, горюча	Деткозаймиста, горюча	Вибухонебезпечна, горюча
Показники пожежної вибухонебезпечності	Температура спалаху	10	-78	820	158
	Температура займання	15	13	822	200
	Температура самозаймання	335	472	850	350
Межа заповнення	% об'ємних	2,3-80,7	3,6 - 33	36	41
	мг/м <sup>3</sup>	2,5	1,2	630	897
Вибухонебезпечні суміші з повітрям	Категорія	ПС	II	-	-
	Група	T2	T1	-	-
Вогнетасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24-86	Пінні вогнетасні засоби типу ВХП	Вуглекислотні вогнетасні засоби типу ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8	Порошковий вогнетасні засоби типу ОП-10, пісок	Пінні вогнетасні засоби типу ВХП
		В	В	-	-
Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту згідно з ВН 305-77	1	1	0	0
		П6	П6	-	-

ХА 1107 1490 001 ПЗ

Арк

73

Дата

Підпис

№ докум

Арк.

Вик