

**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**

Векшину Сергію Миколайовичу

1. Тема проекту Комп'ютерний розрахунок процесу отримання стирену дегідруванням етилбензолу

керівник проекту Бендюг Владислав Іванович, к.х.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)

С.М.Векшин

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ (підпис)

В.І.Бендюг

**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 отримання стирену дегідруванням етилбензолу

Виконав студент IV курсу, групи ХА-11  
Векшин Сергій Миколайович \_\_\_\_\_

Керівник доц. каф. КХТП, к.х.н., доц. Бендюг В.І. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

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

з математичн. моделювання 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. \_\_\_\_\_

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

Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

Студент \_\_\_\_\_  
Київ – 2015 року

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	11
Вступ .....	12
1 Опис технологічної схеми процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу .....	13
1.1 Способи отримання стирену .....	13
1.2 Отримання стирену із етилбензолу .....	13
1.3 Опис технологічної схеми процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу .....	14
2 Розрахунок матеріальних балансів процесу отримання стирену .....	17
2.1 Структурний аналіз ХТС .....	17
2.1.1 Побудова структурної схеми .....	17
2.1.2 Виконання структурного аналізу .....	18
2.2 Розрахунок матеріального балансу .....	23
2.2.1 Розрахунок ХТС процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу в CHEMCAD 5.2 .....	25
2.2.2 Результати розрахунку матеріального балансу .....	26
3 Комп'ютерний розрахунок адіабатичного двухступеневого реактора. Розробка обчислювального модуля процесу отримання стирену. ....	32
3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля .....	32
3.2 Типи хімічних реакторів .....	32
3.3 Модель проточного реактора ідеального витіснення. Основні характеристики .....	33
3.4 Опис обчислювального модулю .....	35
3.5 Керівництво користувача програмного продукту .....	39
4 Автоматизація технологічної схеми виробництва стирену .....	41
4.1 Мета автоматизації процесу .....	41

4.2	Опис схеми автоматизації .....	45
4.2.1	Регулювання температури в технологічній схемі виробництва стиролу .....	45
4.2.2	Регулювання тиску в технологічній схемі виробництва стиролу .....	46
4.2.3	Регулювання витрати і встановлення масового співвідношення пару та етилбензолу в технологічній схемі виробництва стиролу .....	47
5	Технічне завдання на виробництво стирену .....	48
5.1	Мета та вихідні данні .....	48
5.2	Етапи НДР .....	49
5.3	Основні вимоги до виконання НДР .....	49
5.4	Вибір метода досліджень .....	50
5.5	Проведення дослідної роботи .....	50
5.6	Економічне обґрунтування роботи над дипломним проектом .....	51
5.7	Економічне обґрунтування .....	53
5.8	Удосконалення результатів дослідження .....	56
6	Охорона праці .....	57
6.1	Виявлення .....	57
6.1.1	Повітря робочої зони .....	57
6.1.2	Виробниче освітлення .....	58
6.1.3	Захист від виробничого шуму й вібрацій .....	59
6.1.4	Електробезпека .....	60
6.1.5	Безпека технологічних процесів обслуговування обладнання .....	61
6.2	Пожежна безпека .....	62
	ВИСНОВКИ.....	63
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	67

Додаток А Моделювання реактора адіабатичного двухступеневого реактора .....	66
Додаток Б Програмний код обчислювального модуля .....	68
Додаток В Специфікація устаткування .....	70
Додаток Г Охорона праці на виробництві .....	72

## Перелік умовних позначень

*МТБ* – Матеріально – тепловий баланс;

*РІВ* – ректор ідеального витіснення;

*ХТС* –хіміко-технологічна схема;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ТЗ – технічне завдання;

ОФ – основні фонди;

А – амортизація основних фондів;

ОбЗ – обігові засоби;

С – собівартість;

П – прибуток;

Ц – ціна;

ФОП – фонд оплати праці;

$C_i$  – поточне значення концентрації і-ого компонента, моль/л

$C_i(0)$ - початкова концентрація і-ого компоненту, моль/л

$k_j$ - константа швидкості на j-ій стадії хімічної реакції

$G$  – масова витрата речовини (кг/год);

$L$  – довжина апарата, м;

$S$ - площа поперечного перетину реактора, м

## ВСТУП

Стирен (венілбензол, фенілетилен) –  $C_6H_5-CH=CH_2$  один із найважливіших мономерів. Він застосовується в промисловості синтетичних каучуків для отримання бутадієн-стирольних каучуків і латексів, в промисловості пластмас для отримання полістиролу і сополімерів стиролу, а також лакофарбової хіміко-фармацевтичній промисловості. [1].

Стирол являє собою безбарвну прозору рідину, що сильно заломлює світло рідина з характерним запахом. Змішується в усіх відношеннях з метиловим і етиловим спиртами, ацетоном, диетиловим ефіром, бензолом, толуолом, чотирьоххлоровим воднем. Він є чудовим розчинником для багатьох з'єднань. У воді розчиняється погано.

Стирол характеризується високою реакційною здатністю. На повітрі легко окислюється із утворенням альдегідів і кетонів, що передають йому неприємний запах. При нагріванні або під впливом ініціаторів стирол полімеризується із утворенням твердого полімеру – полістиролу. При збереженні і транспортуванні стирол заправляють інгібітором (гідрохіноном, *n*-трет-бутилпірокатехін, діоксин-*n*-хінон та ін.). [1].

Стирен горючий. Межі займання з повітрям 1,1-5,2%. Токсичний, ГДК стиролу у повітрі виробничих приміщень  $5 \text{ мг/м}^3$ .



# **1 Опис технологічної схеми процесу отримання стирену дегідруванням етилбензолу**

## **1.1 Способи отримання стирену**

Основними промисловими способом отримання стиролу є каталітичне дегідрування етилбензолу. В останні роки все більше значення в промисловості набувають процеси сумісного виробництва стиролу і пропілен оксиду і окислювального дегідрування етилбензолу. [2].

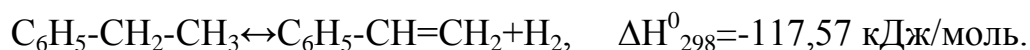
Під дегідруванням розуміють хімічні процеси, що зв'язані з відщепленням атомів водню від органічної сполуки. Дані процеси мають дуже важливе значення у промисловості. Дегідруванням отримують ненасичені сполуки, що представляють велику цінність в якості мономерів для виробництва синтетичного каучука і пластмас (бутадієн-1,3, ізопрен, стирол), а також деякі альдегіди і кетони (формальдегід, ацетон).

## **1.2 Отримання стирену із етилбензолу.**

Основними промисловими методами отримання стирену є каталітичні процеси газозфазного дегідрування етилбензолу і епоксидування пропілену гідропероксидом етилбензолу, в останньому стирол отримують разом з пропілен оксидом. [2].

По техніко-економічним показникам виробництво стиролу каталітичним газозфазним дегідруванням етилбензолу найбільш вигідне, і цей процес на даний момент залишається визначним. Отримання стиролу по прийнятій для розрахунку найбільш сучасній енерготехнологічній схемі в апараті підвищеної одиничної потужності складається із двох стадій: дегідрування етилбензолу із отриманням стирену-сирцю; ректифікації стиролу-сирцю із виділенням стиролу-ректифікату, етилбензолу, толуолу, бензолу. [2].

Дегідрування етилбензолу здійснюють в адіабатичному двухступеневому реакторі (із вбудованим проміжним теплообмінником) на залізо хром калієвому каталізаторі по реакції



Процес ведуть під тиском до 0,5МПа при температурі 580-610<sup>0</sup>С, масовим відношенням водяний пар: етилбензол, рівним (10-5):1, і об'ємної швидкості по рідкому етилбензолу 0,5 ч-1. В цих умовах степінь конверсії етилбензолу складає 55-60%, селективність по стиrolу 88-90%. [2].

### **1.3 Опис технологічної схеми процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу**

Свіжий рециркулярни етилбензол разом з невеликою кількістю пари подають в теплообмінники 3 і 4, де пари нагріваються гарячою реакційною сумішшю 520 – 530<sup>0</sup>С. Прогрітий до 700<sup>0</sup>С водяний пар викидають до трубчастої печі 1, звідки він поступає на зміщення з парами етилбензолу а потім в реактор 5. [3].

Реакційна суміш на виході із реактора має температуру 560<sup>0</sup>С. Вона віддає своє тепло на початку в теплообмінниках 4 і 3 для підігріву етилбензолу і потім в казані-утилізаторі 2 для отримання пару низького тиску (цей пар служить для випаровування і розбавлення етилбензолу перед теплообмінником 3). Потім парогазову суміш охолоджують в системі холодильників 6 водою і росолом, відділяють в сепараторі 7 конденсат від газу, який поступає в лінію паливного газу. Після в сепараторі 8 конденсат розділяють на водну і органічну фази. Останню, вміщуючу неперетворений етилбензол, стирен і побічні продукти (бензол, толуол), називають пічним маслом. Воно прямує на ректифікацію, яку оформляють із врахуванням доволі значної схлонності стиrolу до герметичної полімерізації. Щоб її уникнути використовують інгібітори, знижують температуру перегонки за рахунок застосування вакууму, скорочують час перебування стероловмісних рідин в колонах шляхом переміщення насадок, спеціальних конструкцій. Ректифікація важчає також при наближенні температур кипіння етилбензолу (136<sup>0</sup>С) і стиrolу (145<sup>0</sup>С). [3].

Пічкове масло поступає у вакум-ректифікаційну колону 9, де від нього відділяють бензол, толуол і велику частину етилбензолу. Цей дистилат в колоні 10 ділять на бензол-толуольну фракцію і етилбензол, що повертається на

дегідрування. Кубову рідину колони 9, що вміщає стирол, направляють у вакуум-ректифікаційну колону 11, де відділяють залишки етилбензолу разом з деякою частиною стиролу. Цю суміш повертають на ректифікацію в колону 9. Кубову рідину колони 11 піддають заключній ректифікації у вакуумній колоні 12. Дистилятом являється 99,8%-й стирол, що задовільняє по якості вимогам до цього мономеру. В кубі колони залишається важкий залишок, що містить полімери стиролу. Із нього в двох перегонних кубах періодично відділяють більш легкі речовини, які повертаються на ректифікацію в колону 12. [3, 4].

Розробляється метод окислювального дегідрування етилбензолу, коли суміш водяного пару, парів етилбензолу і кисню пропускають через оксидні гетерогенні каталізатори при  $600^{\circ}\text{C}$ . Це дозволяє запобігти оборотності і ендотермічності реакції, підвищити степінь конверсії етилбензолу при збереженні доброї селективності і зменшити енергетичні затрати. [5].

#### Рисунок 1.1 – Схема виробництва стирену:

1 – трубчата піч; 2 – казан-утилізатор; 3, 4 – теплообмінники; 5 – реактор;  
6 – холодильники; 7, 8 – сепаратори; 9-12 – ректифікаційні колони;  
13 – дефлегматори; 14 – кип'ятильники.

## **2 Розрахунок матеріальних балансів процесу отримання стирену**

### **2.1 Структурний аналіз ХТС**

Схема отримання стирену після дегідратації етилбензолу, що наведена на Рисунок 1.1 є замкненою тому необхідно провести її структурний аналіз для визначення послідовності розрахунку апаратів.

#### **2.1.1 Побудова структурної схеми**

Спершу складемо таблицю відповідності потоків та апаратів для того, щоб на основі технологічної схеми Рисунок 1.1 сформувати структурну схему потоків та апаратів.

Таблиця 2.1 – Формалізація задачі ХТС

Вхідний потік схеми входить в апарат 5, 7. Вихідні потоки виходять з апаратів 11, 14 та 16. Параметричність всіх потоків однакова.

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

Рисунок 2.1 – Структурна схема процесу

#### **2.1.2 Виконання структурного аналізу**

Виконаємо послідовно всі етапи структурного аналізу цієї схеми.

1. Сформуємо матрицю суміжності  $A$ .

Цей етап виконаємо із використанням програми Matlab.

Застосуємо алгоритм покриття для визначення комплексів схеми. За алгоритмом маємо звести матрицю суміжності  $A$  послідовно в степені 2, 3, ..., 12 та логічної їх помножити. В результаті отримаємо матрицю шляхів  $S$ . В Matlab ця дія виглядає так [9]:

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

Як можна бачити з матриці  $D$ , в схемі буде комплекс:

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

2. На цьому кроці для комплексу отримаємо контур та множини оптимально розвиваючих дужок ОРМД.

Спершу побудуємо прадерево комплексу  $K$ . Для цього використаємо список суміжності:

Таблиця 2.2 – Список суміжності

Дерево для  $K$  виглядає таким чином:

Рисунок 2.2 – Дерево комплексу  $K$

Конттури комплексу  $K$ , що отримані з дерева, наступні:

Складемо матрицю контурів для  $K$ :

Таблиця 2.3 – Матриця контурів  $K$

Степені входження 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, яку можна розірвати [9]:

Рисунок 2.3 – Структурна схема процесу

Таким чином, розірвавши отримані зв'язки, отримаємо послідовність розрахунку схеми:

## **2.2 Розрахунок матеріального балансу**

Хіміко-технологічні розрахунки складають головну, найбільш трудомістку частину проекту будь-якого хімічного виробництва, вони ж є завершуючою

стадією лабораторного технологічного дослідження і виконуються також при обстеженні працюючих цехів і установок. Метою цих розрахунків може бути визначення кінетичних констант і оптимальних параметрів виробництва або ж обчислення реакційних об'ємів і основних розмірів хімічних реакторів [8].

Матеріальні розрахунки, разом з тепловими, є основою технологічних розрахунків. До них слід віднести визначення виходу основного і побічних продуктів, витратних коефіцієнтів по сировині, виробничих втрат. Тільки визначивши матеріальні потоки, можна провести необхідні конструктивні розрахунки виробничого обладнання і комунікацій, оцінити економічну ефективність і доцільність процесу, складання матеріального балансу необхідне як при проектуванні нового, так і при аналізі роботи існуючого виробництва. При проектуванні нових виробництв використовується досвід тих, що існують з урахуванням результатів сучасних новітніх досліджень. На основі порівняльного техніко-економічного аналізу виробництв, що діють, можливо вибрати раціональнішу технологічну схему, оптимальні конструкції апаратів і умови здійснення процесу [8].

Основою матеріального балансу є закони збереження маси речовини і стехіометричних співвідношень.

Матеріальний баланс складають по рівнянню основної сумарної реакції з урахуванням побічних реакцій згідно закону збереження маси речовини. Загальна маса всіх матеріалів, які поступають в апарат (або в цех) тобто прихід, рівний загальній масі матеріалів, що виходять, тобто витраті. Матеріальний баланс складають на одиницю маси основного продукту (кг, т) або на одиницю часу (год, доба) [8].

Матеріальний баланс може бути представлений рівнянням, ліву частину якого складає маса всіх видів сировини і матеріалів, що поступають на переробку, а праву — маса отримуваних продуктів плюс виробничі втрати [8] :

(2.1)

Для розрахунку МТБ використовуємо спеціалізоване програмне забезпечення ChemCad та MathCAD.

Для формування технологічної схеми у ChemCad були використані стандартні прийоми роботи з програмними стимуляторами.

Процес моделювання в ChemCad включає наступні основні кроки:

- Старт нової роботи
- Визначення технічних одиниць
- Створення схеми потоків
- Відбір блоків
- Вибір параметрів термодинаміки
- Визначення вхідних потоків
- Визначення параметрів устаткування
- Запуск моделювання
- Отримання результатів
- Вивід результатів та друк

### **2.2.1 Розрахунок ХТС процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу в CHEMCAD 5.2**

Опираючись на теоретичні відомості про процесу отримання стирену дегідратуванням етилбензолу та взявши за основу початкові данні представимо в CHEMCAD 5.2 схему отримання стирену на Рисунок 2.4.

Рисунок 2.4 – Схема технологічної схеми отримання стирену в CHEMCAD 5.2

Модель складається з наступних блоків бібліотеки моделей Таблиця 2.4:

Таблиця 2.4 – Блоки моделі

Закінчення табл. 2.4



### **2.2.2 Результати розрахунку матеріального балансу**

Матеріальний баланс адіабатичного двухступеневого реактора наведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс реактора.

Матеріальний баланс першого сепаратора наведений в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс сепаратора 1

Матеріальний баланс другого сепаратора наведений в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс сепаратора 2

Матеріальний баланс першої ректифікаційної колони наведений в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 1

Матеріальний баланс другої ректифікаційної колони наведений в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 2

Матеріальний баланс третьої ректифікаційної колони наведений в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 3

Матеріальний баланс четвертої ректифікаційної колони наведений в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони 4

Загальний матеріальний баланс всієї досліджуваної системи наведений в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Загальний матеріальний баланс всієї досліджуваної системи

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу отримання стирену у спеціалізованому середовищі ChemCad v. 5.2.0 розрахований вірно.

## **3 Автоматизований розрахунок адіабатичного двухступеневого реактора**

### **3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля**

Розробити обчислювальний модуль призначений для комп'ютерного моделювання процесу отримання стирену шляхом дегідрування етилбензолу в адіабатичному двухступеновому реакторі.

Вихідними даними для розрахунку є:

Тип апарату – вертикальний циліндричний сталевий адіабатичний реактор шахтного типу з двома шарами каталізатора та вбудованим вертикальним двухходовим міжступінчатим теплообмінником з U-подібними трубками.

Початкова концентрація етилбензолу – 1 кмоль/м<sup>3</sup>

Густина етилбензолу – 0,8665 кг/м<sup>3</sup>

Витрати парогазової суміші – 44,87 м<sup>3</sup>/с

Питома теплоємність етилбензолу – 2,421 кДж/(кг\*С)

Енергія активації процесу дегідрування – 5,045\*10<sup>4</sup> Дж/моль

Початкова температура на вході в реактор – 610°С

Розробити програмний модуль в середовищі Visual Basic 2013.

### **3.2 Типи хімічних реакторів**

Хімічний реактор є основним технологічним апаратом, у якому відбуваються хімічні перетворення, спрямовані на одержання цільового продукту. При моделюванні реакторів користуються їх загальною класифікацією, яка проводиться по наступним ознакам [10,11]:

1. За принципом організації матеріальних потоків реактори бувають: періодичної дії; проточного типу; напівперіодичні.
2. По гідродинамічному режимі, якому відповідає визначена модель гідродинаміки: ідеального перемішування; ідеального витиснення; комбінованого типу.
3. По тепловому режимі: ізотермічні; адіабатичні; політропні.

*Проточний реактор ідеального витіснення.* У такому апараті вхідні реагенти безупинно подаються на вхід, а на виході безупинно відбираються продукти реакції. Потік рухається в трубі або змійовику подібно поршневі без зворотного перемішування[10].

Для заданого адіабатичного реактора по класифікаційним ознакам обираємо математичну модель проточного трубчатого реактора ідеального витіснення.

### **3.3 Модель проточного реактора ідеального витіснення. Основні характеристики**

В реакторі при постійній температурі відбувається протікання хімічної реакції в результаті якої утворюється стирен:

Запишемо дану хімічну реакцію для зручності оперування в буквеному вигляді:

Вихідними даними є :  $C_a(0)$ ;  $C_b(0)$ ;  $C_c(0)$  – початкові концентрації в об'ємі реактора і на його виході;

За технологією виробництва у між реакційна суміш сильно розбавляється інертною речовиною в даному випадку водяною парою (1:5,1:10) тому середовище проведення реакції можна вважати гомогенною а тому має місце наступна кінетична модель, що описується рівнянням (3.1).

В основі моделі ідеального витіснення лежить допущення про поршневе протіканні без перемішування вздовж потоку при рівномірному розподіленні речовини у напрямку, перпендикулярним до руху. Час перебування у системі кожного компонента однаковий і рівний відношенню об'єму системи до об'ємній витраті рідини[10].

Рівняння матеріального балансу для реактора ідеального витіснення в загальному випадку має вигляд:

У статичному адіабатичному режимі РІВ описується наступними рівняннями (3.2), (3.3):

де  $t$  – час, а  $l$  – відстань вздовж якої рухається речовина зі швидкістю  $u$ .

Так як ми маємо адіабатичний тепловий режим то наша система отримує одне додаткове рівняння:

Беручи до уваги те, що реакція проходить під дією каталізатора, то згідно закону Арреніуса вираз константи швидкості реакції матиме наступний вигляд: де  $k_0$  – постійна швидкість реакції дегідрування, 1/хв;  $E$  – питома енергія активації реакції дегідрування, Дж/моль;  $R$  – універсальна газова стала, Дж/(моль К).

В цьому випадку математична модель РІВ буде мати вигляд системи звичайних диференціальних рівнянь з відповідними умовами

Таким чином математична модель в адіабатичних умовах буде така:

$C_{An}$ ;  $C_{Bn}$ ;  $C_{Cn}$  ; – концентрації компонентів в вхідному потоці

Система диференціальних рівнянь (3.4) описує зміну концентрацій реагуючих речовин від часу перебування в РІВ

Граничні умови:

- Температура реакційної суміші – 690<sup>0</sup>С.
- Тиск – 0.7 МПа

Розв'язавши дану систему отримаємо на виході розподіл концентрацій по довжині апарату.

Вданому випадку ми проводимо повірочний розрахунок РІВ.

Для розв'язання даної системи був використаний метод Ейлера. Перевага даного методу полягає у простоті алгоритму розрахунку та задовільній точності розрахунків:

та початкові значення:

Виконавши певні векторні позначення де  $Y$ ,  $F$  и  $Y_0$  - вектори - стовпці, дану задачу можна записати у вигляді :

Тоді розрахункова формула для явного методу Ейлера матиме вигляд:

В результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь та графічної інтерпретації результатів отримали розподіл концентрацій компонентів

етилбензолу, стиролу, водню за висотою апарату та графік зміни температури по довжині апарату. Розподіл концентрацій компонентів зображений на рисунку 3.1 а графік зміни температури по довжині апарату на рисунку 3.2:

Рисунок 3.1 – Розподіл концентрацій по висоті апарату

Рисунок 3.2 – Зміна температури по довжині апарату

Таким чином по вибраній математичній моделі проточного реактора ідеального перемішування отримали розподіл концентрацій по висоті апарату, яка становить 9м.

### **3.4 Опис обчислювального модулю**

Обчислювальний модуль був написаний в інтегрованому розробки програмного забезпечення Visual Basic (v.6). Програма складається з 3 форм. В основній формі 2 процедури, що забезпечують розрахунок та виведення результатів. Крім того в основній формі відбувається розрахунок параметрів апарату по математичній моделі. Такожі в даній формі безпосередньо виводяться результати розподілу концентрацій та результати математичного моделювання. В формі 3 проводиться розрахунок кількості паралельно з'єднаних реакторів для забезпечення заданої продуктивності. Блок-схема алгоритму зображена на Рисунку 3.3. Початкова форма зображена на Рисунку 3.4, основна форма розрахунок параметрів апарату по математичній моделі зображена на Рисунку 3.5. Розрахунок кількості паралельно з'єднаних реакторів зображений на Рисунку 3.6.



Рисунок 3.3 – Блок-схема обчислювального модулю

Рисунок 3.4 – Початкова форма

Рисунок 3.5 – Результати розрахунків по математичній моделі

Рисунок 3.6 – Розрахунок кількості паралельно з'єднаних реакторів

Таблиця 3.1– Опис процедур програми

Таблиця 3.2 – Вхідні дані до розрахунку

### **3.5 Керівництво користувача програмного продукту**

Для використання програмного модулю досить запустити виконуючий файл програми з розширенням Стирен15.exe. Інтерфейс програми досить простий, а тому проблем з її використанням не повинно бути. Після запуску програми з'являється початкове вікно програми під назвою «Початок роботи» з нього ти можемо перейти у головне розрахункове вікно програми. Початкові данні вже занесені на форму або ж вводимо їх вручну , після чого заповнюються поля для вводу даних. Далі натискаємо на кнопці «Calculation» і отримуємо в цьому ж вікні параметри по математичній моделі. Отримані значення розподілу концентрацій по висоті апарату з'являються на графіку розподілу концентрацій компонентів за висотою апарату. Для закінчення роботи з програмним модулем в вікні основної форми натискаємо на кнопку «Вихід».

Лістинг програми знаходиться в Додатку А.

## **4 Автоматизація технологічної схеми виробництва стирену**

### **4.1 Мета автоматизації процесу**

Задача технологічного процесу виробництва стирену полягає в отриманні потрібного виходу продукту з заданої вхідної суміші етилбензолу. Для забезпечення необхідного виходу продукту та протікання всього процесу необхідно регулювати температуру та тиск на різних стадіях процесу[12].

Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення необхідного протікання процесу треба здійснювати регулювання наступних величин :

- 1) Регулювати температуру реакційної суміші на виході з реактора;
- 2) регулювати температуру перегрітої водяної пари на виході з трубчатої печі;
- 3) регулювати температуру свіжої рециркуляційної суміші етилбензолу разом з невеликою кількістю пари на виході з теплообмінників;
- 4) регулювати температуру пічного масла на реактифікаційних колонах 1-4;
- 5) регулювати тиск реакційної суміші в реакторі;
- 6) регулювати тиск охолоджуючої води на вході в холодильник;
- 7) контролювати витрати речовин в трубопроводах.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, обрано об'єкти автоматизації, обрано регульовані і регулюючі параметри, визначено параметри контролю, реєстрації та регулювання. Для обраних параметрів було визначено необхідну точність вимірювання і регулювання (норми технологічного режиму) та діапазони їх можливої зміни. Ці дані наведено в Таблиця 4.1[12].

#### Таблиця 4.1 – Параметри регулювання технологічної схеми виробництва стиролу

На основі параметрів регулювання розроблена схема автоматизації отримання стирену. За допомогою каталогів фірм виробників підібрані засоби автоматизації, враховуючи особливості технологічного режиму. При цьому слід дотримуватися наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуємо однотипні засоби автоматизації;
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.[13]

## **4.2 Опис схеми автоматизації**

### **4.2.1 Регулювання температури в технологічній схемі виробництва стиролу**

Для забезпечення подачі пари до змішувача з температурою 700°C використовується наступний комплект приладів:

1) Перетворювач термоелектричний ТСМ ПТ 100 (поз. 1-1, 2-1,3-1,4-1) – призначений для вимірювання температури у газоподібних та рідких сумішах. Вихідний сигнал передається на автоматичний регулятор.

2) Автоматичний регулятор (поз. 2-3, 2-4,15-3,15-4) – призначений для автоматичного двох - і трьохпозиційного регулювання температури в різних технологічних процесах. Можливий перехід із автоматичного на ручне керування. Регулюючий вплив подається на регулюючі органи.

Для стабілізації перед входом в реактор температури 525°C і після реактора 560°C використовується наступний комплект приладів:

1) Перетворювач термоелектричний ТХА-2088 (поз. 3-1, 4-1) – призначений для вимірювання температури у газоподібних та рідких сумішах. Вихідний сигнал передається на регулятор.

2) Електричний регулятор ТРМ 10 (поз. 3-2,4-2) – призначений для автоматичного однопозиційного регулювання температури. Регулюючий вплив подається на виконавчий механізм.

3) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 3-3,4-3) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

Для підтримки в ректифікаційних колонах з температури 140°C використовується наступний комплект приладів:

1) Перетворювач термоелектричний ТХА-2088 (поз. 5-1,6-1,7-1,8-1) – призначений для вимірювання температури у газоподібних та рідких сумішах. Вихідний сигнал передається на регулятор.

2) Електричний регулятор ТРМ 10 (поз. 5-2,6-2,7-2,8-2) – призначений для автоматичного однопозиційного регулювання температури. Регулюючий вплив подається на виконавчий механізм.

3) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 5-3,6-3,7-3,8-3) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

#### **4.2.2 Регулювання тиску в технологічній схемі виробництва стиролу**

Для контролю тиску у верхній частині реактора (0.5 МПа) використовується наступний комплект приладів:

1) Вибухозахищений цифровий манометр ДМ5002Вн (поз. 9-1) – призначений для вимірювання тиску газоподібних та рідких сумішей. Вихідний сигнал передається на регулятор.

2) Електричний регулятор ТРМ 10 (поз. 9-2) – призначений для автоматичного однопозиційного регулювання температури. Регулюючий вплив подається на виконавчий механізм.

3) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 9-3) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

Для регулювання тиску суміші на вході в холодильник використовується наступний комплект приладів:

1) Вибухозахищений цифровий манометр ДМ5002Вн (поз. 10-1) – призначений для вимірювання тиску газоподібних та рідких сумішей. Вихідний сигнал передається на регулятор.

2) Електричний регулятор ТРМ 10 (поз. 10-2) – призначений для автоматичного однопозиційного регулювання температури. Регулюючий вплив подається на виконавчий механізм.

3) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 10-3) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

Для контролю тиску у ректифікаційній колоні (1МПа) використовується наступний комплект приладів:

1) Вибухозахищений цифровий манометр ДМ5002Вн (поз. 11-1,12-1,13-1,14-1) – призначений для вимірювання тиску газоподібних та рідких сумішей. Вихідний сигнал передається на регулятор.

2) Електричний регулятор ТРМ 10 (поз. 11-1,12-1,13-1,14-1) – призначений для автоматичного однопозиційного регулювання температури. Регулюючий вплив подається на виконавчий механізм.

3) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 11-1,12-1,13-1,14-1) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

#### **4.2.3 Регулювання витрати і встановлення масового співвідношення пару та етилбензолу в технологічній схемі виробництва стиролу**

Для регулювання витрати і встановлення потрібного співвідношення пару та етилбензолу (1.7-2.1:1) , що надходить до пеактора використовується наступний комплект приладів:

1) Масовий витротатомір Масс560 (поз. 16-1,16-2, 17-1,17-2, 18-1,18-2, 19-1,19-2, 20-1, 20-2, 21-1, 21-2, 22-1, 22-2, 23-1, 23-2, 24-1, 24-2, 25-1, 25-2, 26-1, 26-2, 27-1, 27-2, 28-1, 28-2, 29-1, 29-2, 30-1) – призначений для вимірювання витрати газоподібних та рідких сумішей. Вихідний сигнал передається на виконавчий механізм.

2) Виконавчий механізм електричний МЕО-40 (поз. 16-3, 17-3, 18-3, 19-3, 20-3, 21-3, 22-3, 23-3, 24-3, 25-3, 26-3, 27-3, 28-3, 29-3, 30-3) – призначений для переміщення різноманітних регулюючих органів.

Вибрані прилади автоматизації наведені у специфікації устаткування, виробів та матеріалів – додаток Б.

Розроблена схема автоматизації процесу отримання стиролу забезпечує проведення процесу в регламентованому режимі.

## 5 Технічне завдання на виробництво стирену

### 5.1 Мета та вихідні дані

Метою виробництва стирену є отримання цільового продукту 99,8%-ого стирену, що задовольняє по якості вимоги до цього мономеру. Та інших побічних продуктів які використовуються у хімічній промисловості.

Вихідні дані:

Тип виробництва – безперервне.

Річна продуктивність установку по стирену-ректифікату – 310000 т.

Річний фонд робочого часу – 7920 год.

Масова доля стирену в стирені-ректифікаті – 99,85%.

Склад свіжого етилбензолу (%): етилбензол – 99,965; бензол – 0,035.

Склад зворотнього (циркуляційного) етилбензолу (%): етилбензол – 93,94; стирен – 2,76; толуол – 3,30.

Втрати на стадії ректифікації (%): стирену - 1,25; етилбензолу – 0,08.

Сумарна ступінь конверсії етилбензолу – 0,56.

Селективність за стиреном – 0,89.

Масове співвідношення водяна пара:етилбензол (уточнюється при розрахунку) – 2,0.

Ступінь конверсії етилбензолу в стирен на першому ступені дегідрування (уточнюється при розрахунку) – 0,31.

Тип реактора - вертикальний циліндричний сталевий адіабатичний реактор шахтного типу з двома шарами каталізатора та вбудованим вертикальним двухходовим міжступінчатим теплообмінником з U-подібними трубками.

Внутрішній діаметр реактора – 6500 мм.

Загальна висота реактора – 9140 мм.

Тиск перегрітої водяної пари в міжступінчатому теплообміннику – 0,9 МПа.

Діаметр труби в міжступінчатому теплообміннику – 25\*2,5 мм.

Температура перегрітої водяної пари на вході в міжступінчатий теплообмінник – 760<sup>0</sup>С.



Температура перегрітої водяної пари на виході з міжступінчатого теплообмінника –  $655^{\circ}\text{C}$ .

Температура парогазової суміші на вході в міжступінчатий теплообмінник –  $547^{\circ}\text{C}$ .

Температура парогазової суміші на виході з міжступінчатого теплообмінника –  $610^{\circ}\text{C}$ .

Насипна щільність залізохромкалієвого каталізатора –  $1400 \text{ кг/м}^3$ .

Продуктивність каталізатора за час пробігу –  $2370\text{-}2380 \text{ кг продукту/кг каталізатора}$ .

Об'єм каталізатора в реакторі –  $100 \text{ м}^3$ .

Термін служби (пробіг) каталізатора –  $15840 \text{ год.}$ [2]

## **5.2 Етапи НДР**

Головними в НДР можна виділити такі етапи:

1. Характеристика виробництва, продукції, сировини та допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.
2. Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля.
3. Креслення загального вигляду основного апарату.
4. Розробка рішень контролю та керування виробництвом. Технологічна схема та схема автоматизації.
5. Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом.
6. Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів.

## **5.3 Основні вимоги до виконання НДР**

Точність вимірів регулюється відповідно до місця вимірювання параметрів, приладів вимірювання і самого параметру від  $0.1\%$  до  $1\%$ .

В даній роботі проводяться виміри за температурою тиском і витратами.

## **5.4 Вибір метода досліджень**

Основними промисловими методами отримання стирену є каталітичні процеси газофазного дегідрування етилбензолу і епоксидування пропілену гідропероксидом етилбензолу, в останньому стирол отримують разом з пропіленоксидом.

По техніко-економічним показникам виробництво стиролу каталітичним газофазним дегідруванням етилбензолу найбільш вигідне, і цей процес на даний момент залишається визначним. Отримання стиролу по прийнятій для розрахунку найбільш сучасній енерготехнологічній схемі в апараті підвищеної одиничної потужності складається із двох стадій: дегідрування етилбензолу із отриманням стирену-сирцю; ректифікації стиролу-сирцю із виділенням стиролу-ректифікату, етилбензолу, толуолу, бензолу.

Дегідрування етилбензолу здійснюють в адіабатичному двухступеновому реакторі (із вбудованим проміжним теплообмінником) на залізо хром калієвому каталізаторі.[2]

## **5.5 Проведення дослідної роботи**

Дослідна робота процесу отримання стирену проводилася декількома етапами. Спочатку проведений структурний аналіз, що необхідний для визначення замкнутості схеми і послідовності розрахунку апаратів.

Наступним кроком є розрахунок матеріального балансу. Головною метою цих розрахунків є визначення кінетичних констант і оптимальних параметрів виробництва або ж обчислення реакційних об'ємів і основних розмірів хімічного реактора.

Розрахунок реактора є також одним із ключових факторів даного дослідження. За гідродинамічним режимом ми маємо реактор ідеального витіснення.

Для розрахунку матеріального балансу і розрахунку реактора використовуємо спеціалізоване програмне забезпечення ChemCad та MathCAD відповідно.

### **5.6 Економічне обґрунтування роботи над дипломним проектом**

Вартість основних фондів(ОФ):

- Вартість приміщення  $400 * 5 = 2\ 000$  грн.
- Вартість обладнання  $4\ 688 + 5\ 940 + 1500 + 700 + 22 + 1000 = 13\ 850$  грн.
- Нематеріальні активи  $10\ 000$  грн.
- Інше  $300 + 10 + 50 + 100 = 460$  грн.
- Всього  $26\ 310$  грн.

Амортизація (А) складає:

Вартість оборотних фондів підприємства(ОбФ):

$$\text{ОбФ} = (\text{сукупні витрати на електроенергію}) + (\text{витрати на сировину})$$

Таблиця 5.1 – Витрати на сировину

$$\text{ОбФ} = 460 \text{ грн/сезон}$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок праце місткості роботи

Фонд оплати праці:

Фонд оплати праці на підприємстві складає:

Оборотні засоби:

Розрахунок техніко-економічних показників

Собівартість наукового дослідження:

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту:

Прибуток розробника наукового дослідження складає:

Рентабельність наукового дослідження складає:

Ефективність підприємства:

де  $K$  – капіталовкладення у реалізацію даного проекту:

Період повернення капіталовкладень:

Отже, можна зробити висновок, що якісними показниками розглянутого підприємства є прибуток, що становить 125 659 грн/рік, рентабельність підприємства 72%, собівартість продукції 174 341 грн/рік та показник ефективності підприємства – 4.69. [14]

## 5.7 Економічне обґрунтування

Вартість основних фондів(ОФ): 174 341

- Вартість приміщення 4 000 000 грн.
- Вартість обладнання 2 500 000 грн.
- Нематеріальні активи 100 000 грн.
- Інше 274 341 грн.
- Всього 6 874 341 грн.

Амортизація (А) складає:

Вартість оборотних фондів підприємства(ОбФ):

$$\text{ОбФ} = (\text{сукупні витрати на електроенергію}) + (\text{витрати на сировину})$$

Таблиця 5.3 – Витрати на сировину

Таблиця 5.4 – Заробітна плата працівників підприємства

Фонд оплати праці:

Фонд оплати праці на підприємстві складає:

Оборотні засоби:

4.3 Розрахунок техніко-економічних показників

Сезонна собівартість продукції:

Собівартість одиниці продукції:

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту:

Прибуток підприємства з одиниці продукції складає:

Сезонний прибуток підприємства:

Рентабельність підприємства складає:

Ефективність підприємства:

де  $K$  – капіталовкладення у реалізацію даного проекту:

Період повернення капіталовкладень:

Отже, можна зробити висновок, що якісними показниками розглянутого підприємства є прибуток, що становить 21 537 900 000 грн/рік, рентабельність підприємства 65.8%, річна собівартість продукції 32 712 771 174 грн/рік та показник ефективності підприємства – 0.658. [14]

При оцінці діяльності підприємства найбільш значущим показником є рентабельність підприємства. Це відношення отриманого прибутку до зроблених затрат. Якщо рентабельність підприємства більше нуля, то підприємство прибуткове, якщо менше нуля - ні. [14]

Дане підприємство має рентабельність 65,8 %, отже є досить прибутковим. Термін повернення капіталовкладень вкладникам становитиме приблизно 1,41 роки. [14]

### **5.8 Удосконалення результатів дослідження**

При впровадженні проекту рекомендуються:

- Існує можливість збільшити об'єм виробництва стиролу з 310 000 т/рік до 410 000 т/рік в такому разі прибуток підприємства зросте на 37%.
- Запровадити повторне використання одного з продуктів виробництва виробництва а саме паливного газу. Паливний газ доцільно перенаправити в мережу паливного газу, що дозволить суттєво знизити затрати на підприємства на паливо. [14]

При підготовці технічного завдання на виробництво стирену також були розраховані економічні показники проведеного наукового дослідження його

загальна собівартість була врахована при розробці підприємства. Також були проаналізовані можливості збільшення об'ємів виробництва і як наслідок прибутку підприємства. [14]

## **6 Охорона праці**

Технологічний об'єкт, що розглядається - виробництво стиролу дегідратацією етилбензолу, містить в обігу шкідливі, вибухонебезпечні речовини. Також в даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Тому доцільно розглянути, які засоби та заходи щодо створення на об'єкті здорових і безпечних умов праці і пожежної безпеки.

### **6.1 Виявлення**

#### **6.1.1 Повітря робочої зони**

Згідно ДСН 3.3.6.042-95 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" визначаємо категорію робіт, та важкістю – середньої важкості: II а. [15,16]

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Для попередження небезпеки отруєння та забезпечення оптимальних гігієнічних умов праці передбачається природна і штучна вентиляція.

Природна вентиляція у всіх приміщеннях забезпечується за допомогою спеціально вбудованих вентиляційних каналів на верхній частині даху. Для посилення тяги встановлюються дефлектори типу ЦАГІ. [15]

Основною речовиною, застосовуваною у виробництві, є етилбензол. Незважаючи на герметичність апаратури, і трубопроводів, відбуваються витіки газу через незначні нещільності, і в разі великих скупчень газу можливе утворення вибухонебезпечних сумішей. Це завдання вирішується шляхом установки загальнообмінної припливно-витяжної системи. У приміщеннях, де виділяються шкідливі або вибухонебезпечні гази, пари і пил необхідний повітрообмін визначають за формулою [14]:

Де  $L_{pz}$  - витрата повітря, що видаляється з робочої зони приміщення місцевими відсмоктувачами і на технологічні потреби, рівний  $81, 24 \text{ м}^3 / \text{год}$ ; М - витрата кожного з шкідливих або вибухонебезпечних речовин, що надходять в

повітря приміщення, рівний 1058400 мг / год;  $Q_3$  - концентрація шкідливої або вибухонебезпечної речовини в повітрі, мг / м<sup>3</sup>;  $q_{pz}$ - виходячий з робочої зони, рівний 8,17 мг / м<sup>3</sup>;  $q_{yx}$  – приходячий в приміщення, рівний 8,17 мг / м<sup>3</sup>;  $q_n$  - подається в приміщення, що становить 30%  $q_{yx}$  і дорівнює 2, 451 мг / м<sup>3</sup>.

Кратність повітрообміну в приміщенні дорівнює 8.

Вибираємо вентилятор марки ВЦ 14-46-5К-02 з вибухозахищеним електродвигуном типу ВА 02-4-8.

### **6.1.2 Виробниче освітлення**

Згідно з ДБК К.2.5-28-06 в 90\*9 на виробництві виконується робота II і IV рівнів.

Таблиця 6.2 – Характеристика зорової роботи

Вибираємо 30 ламп розжарювання типу Г 125-135-150 зі світловим потоком рівним 2280 лк. [15,16]

### **6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій**

Джерелами шуму і вібрації є повітродувки, вентилятори, компресори, а також знос устаткування.

Відповідно до ДСН визначаємо допустимий рівень параметрів шуму в приміщенні і на робочих місцях, і не повинен перевищувати 80 ДБА. Фактичний рівень звуку на виробництві стирену становить 85 дБ. [18]

Для захисту від шуму і вібрації застосовуються, насамперед, технічні заходи: ретельне статичне і динамічне балансування, центровка обертових і рухомих частин обладнання. Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.2. [18]

Таблиця 6.3 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму згідно з [18] передбачено м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрацій застосовуємо



рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками. Для захисту від вібрацій що передаються через ноги, передбачено взуття товстою гумовою підошвою. Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірник шуму та вібрації марки ВШВ–003.

#### 6.1.4 Електробезпека

Електричне устаткування на виробництві живиться від трифазної чотирихпровідної 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  $I_{л} = 6 \text{ мА}$ ,  $U_{дот} = 36 \text{ В}$ ; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л} = 0,3 \text{ мА}$ ,  $U_{дот} = 2 \text{ В}$ .

Згідно з [17] порівнюють розрахункові значення із гранично допустимим значенням струму:

де  $R_{л} = 2 \dots 4 \text{ кОм}$ , опір тіла людини;

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

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

Напруга дотику розраховується за формулою:

Таблиця 6.4 – Класифікація приміщень по ступеню небезпеки враження електричним струмом

Для зниження небезпеки накопичення зарядів статичної електрики на трубопроводах, машинах і апаратах передбачені такі заходи [17]:

- Відведення зарядів статичної електрики шляхом заземлення системи трубопроводів і апаратів, якими рухається стирол або метан;
- Застосування ремінних передач з струмопровідної гуми;
- Для запобігання виникнення іскрового розряду забороняється проводити очищення, прибирання машин і апаратів, в яких можлива присутність хімічного продукту виробництва, за допомогою стиснутого повітря. Очистку та

прибирання робити тільки за допомогою промислового пілосмоку або вручну за допомогою спеціальної щітки.

Для забезпечення індивідуального захисту використовуємо діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огороження, захисні окуляри. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило- та вологонепроникне виконання.

### **6.1.5 Техніка Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

Ця інструкція є обов'язковою для виконання всіма особами, які працюють зі стиролом. Роботи зі стиролом відносяться до робіт підвищеної небезпеки. До виконання робіт зі стиролом допускаються особи, які досягли 18 років; пройшли медичний огляд відповідно та не мають медичних протипоказань; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці; при наявності розписки про небезпеку стиролу. Особи, які працюють зі стиролом, зобов'язані вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту. При роботі із стиролом можливе враження ЦНС, подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів. [16,19,20]

Запах стиролу відчутний при  $0,07 \text{ мг/м}^3$ . Середня летальна доза складає 500-5000  $\text{мг/м}^3$ .

Гранично допустима концентрація (ГДК) становить  $30 \text{ мг/м}^3$ .

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 стиролу повинно здійснюватись засобом, який виключає можливість попадання його у виробниче та навколишнє середовище;

Стирол необхідно зберігати у спеціальних приміщеннях. Приміщення повинно бути обладнане вентиляцією;

По закінченню робіт необхідно: прибрати робоче місце. [20]

## **6.2 Пожежна безпека**

Можливість поширення пожежі в будинках в значній мірі залежить від вогнестійкості основних будівельних конструкцій приміщення, планування і розміщення обладнання в будівлі. [19]

Приміщення категорії А слід розміщувати біля зовнішніх стін, а в багатоповерхових будівлях - на верхніх поверхах. Для зменшення можливого збитку від вибуху газоповітряних сумішей необхідно передбачати у зовнішній частині будівлі спеціальні легкоскидуючі конструкції (скління вікон і ліхтарі).

У будівлі передбачається, не менше двох евакуаційних виходів, відстанню від робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення 25 м, при щільності людського потоку від 1 до 3 чол/м<sup>2</sup>; ширина шляхів евакуації 2 м; ширина дверей не менше 0,8 м. [19]

Для виявлення початкової стадії пожежі в зовнішніх установках розташованих у вибухонебезпечному середовищі використовують сповіщувача вибухонебезпечного виконання ТРВ-1. [19]

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті був розглянутий процес отримання стирену.

Вирішені задачі:

1. Досліджено технологічні особливості виробництва стирену.
2. Був розрахований матеріальний баланс схеми процесу отримання стирену.
3. Згідно з технічним завданням було розроблено обчислювальний модуль для розрахунку основних параметрів реактора.
4. Розроблено схему автоматизації процесу отримання стирену, та були підібрані основні технічні засоби автоматизації.
5. Розроблено ТЗ на виробництво стирену. Розраховано собівартість готової продукції, економічний ефект від збільшення кількості обладнання. Вирішено, що дане виробництво є економічно вигідним та доцільним.
6. Виявлено та проаналізовано небезпечні виробничі та шкідливі фактори, визначено шляхи їх вирішення.

1. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Учебник для вузов. 4-е изд. - М.: Химия, 1988. - 592 с.
2. Гутник, С. П. Расчеты по технологии органического синтеза [Текст] : учебное пособие / С. П. Гутник, В. Е. Сосонко, В. Д. Гутман. - М. : Химия, 1988. - 272 с. : ил. - (Для техникумов). - ISBN 5-7245-0016-7
3. Кирпичников П.А., Береснев В.В., Попова Л.М. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука. Учеб пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1986 – 224 с.
4. Адельсон С.В., Вишнякова Т.П., Паушкин Я.М. Технология нефтехимического синтеза. Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Химия, 1985. — 608 с.
5. Гутник С.П. и др. Примеры и задачи по технологии органического синтеза. М.: Химия, 1984. - 190 с.
6. Одабашян Г.В. Наглядное пособие по курсу Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Часть 3. Процессы окисления, дегидрирования, гидрирования и синтеза на основе окиси углерода. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1982. - 38 с.
7. Потехин В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. Учебник для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб: ХИМИЗДАТ, 2007. — 944 с. — ISBN 978-5-93808-147-5
8. Мухленов, И.П. Расчеты химико-технологических процессов [Текст] / И.П. Мухленов – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
9. Кафаров В. В. Математичне моделювання / В.В. Кафаров, М.Б.Глібов. - [Под ред. Е.С. Гридасова]. – Навчальне видання. – М.: Вища школа, 1991. – 400с.
- 10.Бойко, Т. В. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для

- студентів напряму підготовки «Хімічна технологія та інженерія» [Текст] / Т. В. Бойко В. І. Бендюг, І. О. Потяженко – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 128с.
- 11.Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов [Текст] / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464с.
- 12.Полоцкий, Л.М. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации [Текст] / Л.М. Полоцкий, Г.И. Лапшенков. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
- 13.Економіка підприємства: навч. посібник [Текст] / за заг. ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 264 с.
- 14.Соколов В. М. Предупреждение аварий в химических производствах [Текст]. - М.: Химии, 1972.-392 с.
- 15.Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. [Текст] / Д.В. Зеркалов. – К.: «Основа». 2011. – 551 с.
- 16.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.
- 17.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.
- 18.Гайдуков Н.С. Пожарная безопасность промышленных зданий [Текст]. – К.:Строитель,1979.-166 с.
- 19.Основи охорони праці [Текст]. Підручник, 2-е видання, доповнене та перероблене./ За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського - К.: Основа. 2006. - 448 с.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

## Програмний код обчислювального модуля

```
Private Sub Command2_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Form1.Show
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
kool = 1
End Sub
```

```
Private Sub Graf_Click()
Picture1.Cls
```

```
Dim byt1 As Long, i As Integer, n As Integer, k As Single
Dim U As Single, A As Integer, Om As Single, O As Integer, dl As Single, ll As Single, max
As Single
n = 1000
```

```
ReDim l(n) As Single, Ca(n) As Single, Cb(n) As Single, Cc(n) As Single
U = CSng(Me.Text1.Text)
Ca(0) = CSng(Me.Text2.Text)
Cb(0) = CSng(Me.Text3.Text)
Cc(0) = CSng(Me.Text4.Text)
k = CSng(Me.Text5.Text)
ll = CSng(Me.Text6.Text)
l(0) = 0
dl = (ll / 1000)
pps = &HFF&
Om = Ca(0)
max = 0.0001
For i = 1 To n
l(i) = l(i - 1) + dl
Ca(i) = (-k * Ca(i - 1)) * dl * (1 / U) + Ca(i - 1)
If max < Ca(i) Then max = Ca(i)
Cb(i) = (k * Ca(i - 1)) * dl * (1 / U) + Cb(i - 1)
If max < Cb(i) Then max = Cb(i)
Cc(i) = (k * Ca(i - 1)) * dl * (1 / U) + Cc(i - 1)
If max < Cc(i) Then max = Cc(i)
Next i
```

```
With MSFlexGrid1
MSFlexGrid1.Rows = n
MSFlexGrid1.Cols = 4
MSFlexGrid1.FixedRows = 0
MSFlexGrid1.FixedCols = 0
```



```

For i = 0 To n - 1
    MSFlexGrid1.Row = i
    MSFlexGrid1.Col = 0
    MSFlexGrid1.Text = l(i)
    MSFlexGrid1.Col = 1
    MSFlexGrid1.Text = Ca(i)
    MSFlexGrid1.Col = 2
    MSFlexGrid1.Text = Cb(i)
    MSFlexGrid1.Col = 3
    MSFlexGrid1.Text = Cc(i)
Next i
End With

Label23.Caption = ll / 4
Label24.Caption = ll / 2
Label25.Caption = ll
Label30.Caption = ll / 4 * 3
Label19.Caption = max
Label21.Caption = max / 4 * 3
Label22.Caption = max / 4
Picture1.Scale (0.1, max)-(9.1, -0.000075)
For i = 0 To n - 1
    Picture1.ForeColor = pps
    Picture1.ForeColor = &H0&
    Picture1.PSet (l(i), Ca(i))
    Picture1.ForeColor = &HFF&
    Picture1.PSet (l(i), Cb(i))
    Picture1.ForeColor = &HFF&
    Picture1.PSet (l(i), Cc(i))
    Picture1.ForeColor = &H0
    Picture1.PSet (0, l(i))
Next i
Picture1.Line (0, 0)-(9.1, 0)
For i = 0 To n - 1 Step 100
    Picture1.ForeColor = &H0
    Picture1.PSet (l(i), 0)
Next i

End Sub

Private Sub Command1_Click()
If kool = 1 Then
    kool = 5
Else
    kool = kool - 1
End If
End Sub

```