

## ВСТУП

Продукти органічного синтезу є основою, на якій базуються найважливіші галузі сучасної промисловості: виробництво високомолекулярних сполук (пластмаси, синтетичні каучуки, хімічні волокна), синтетичних барвників, пестицидів, детергентів та ін. Стірол був і є однією з найважливіших речовин основного (важкого) органічного синтезу, який у значних кількостях використовують для виробництва синтетичних каучуків та пластмас (бутадієнстирольні та дивінілстирольні каучуки, полістирол; пінополістирол, співполімери стіролу з іншими мономерами). [1]

Стірол ( $C_6H_5CH=CH_2$ ) – ароматичний вуглеводень, рідина з характерним запахом, температурою кипіння  $145,20^{\circ}C$ , температурою кристалізації –  $30,60^{\circ}C$  та густиною при  $20^{\circ}C$   $0,906$  г/см<sup>3</sup>. [1]

Більшу частину стіролу (близько 85%) в промисловості отримують за допомогою дегідрування етилбензолу:

Реакція проходить при температурі  $600-650^{\circ}C$ , атмосферному тиску і з додаванням перегрітого водяного пару в 3-10 разів. Зазвичай використовуються оксидні залізо-хромовані каталізатори з часткою карбонату калію.

Стірол легко окислюється. Приєднує галогени, полімеризується з різноманітними мономерами. Полімеризація уже протікає при кімнатній температурі, саме через це при зберіганні стірол стабілізують різними антиоксидантами.

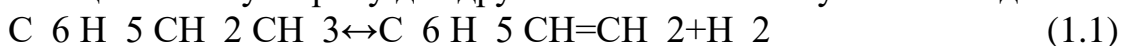
Стірол часто застосовують для виробництва полімерів. Різноманітні види полімерів на основі стіролу включають полістирол, пінопласт, модифіковані стіролом поліефіри, пластики АБС, і САН. Також стірол входить в склад напалму.

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

# 1 Технологічна схема синтезу стіролу із етилбензолу

## 1.1 Опис основної хімічної реакції

Реакція синтезу стіролу дегідруванням етилбензолу має вигляд:



Згідно з принципом Ле-Шательє для ендотермічної реакції підвищення температури сприяє повнішому перебігу цього процесу. Оптимальною є температура 560...600 °С; за вищої температури починається розклад етилбензолу і стіролу з утворенням бензолу, толуолу і смолоподібних продуктів. Ступінь перетворення етилбензолу в стірол зростає також з пониженням тиску до 0,01 МПа. Для здійснення цього процесу застосовують контактні апарати з нерухомим шаром каталізатора або з рухомим каталізатором. Каталізаторами є оксиди заліза, магнію, цинку, міді тощо. [2]

## 1.2 Опис функціональної схеми виробництва стіролу

Функціональну схему виробництва стіролу наведено на рисунку 1.1. На стадії випарювання за рахунок теплоти перегрітої водяної пари прореагованої суміші етилбензол випаровується. Суміш його з водяною парою подається на стадію перегрівання де нагрівається прореагованими газами до температури 530 °С. Далі відбувається стадія дегідрування на каталізаторі. Необхідна для реакції температура підтримується за рахунок теплоти перегрітої водяної пари. [2]

### Рисунок 1.1 – Функціональна схема виробництва стіролу

Регенерацію каталізатора здійснюють продуванням його повітрям, унаслідок чого сажа, що осіла на поверхні каталізатора, вигоряє, а він регенерується. Прореагована суміш віддає свою теплоту на стадіях перегрівання та випарювання і перегрівання й далі подається для охолодження в котлі-утилізаторі, де одержується необхідна для процесу водяна пара. [3]

Охолоджена газова суміш подається на стадію конденсації, яка відбувається внаслідок охолодження газу спочатку водою, потім – розсоллом. Унаслідок охолодження конденсується стірол і вода, які на стадії відстоювання розділяються. Стірол спрямовується на очищення від домішок інших вуглеводнів ректифікацією, а вода – на злив у колектор промислових стоків. Несконденсовані гази, які містять водень, використовуються як паливо. [5]

## 1.3 Опис технологічної схеми виробництва стіролу

На рисунку 1.2 наведена технологічна схема виробництва стіролу з етилбензолу.

### Рисунок 1.2 – Схема виробництва стіролу з етилбензолу:

1 – реактор; 2 – перегрівач; 3 – випарник; 4 – змішувач; 5 – котел-утилізатор; 6,7 – конденсатори; 8 – сепаратори; 9 – відстійник

Етилбензол змішується з водяною парою в змішувачі 4. Одержана суміш послідовно проходить між трубні простори випарника 3, а потім – перегрівача 2, де нагрівається до температури 530 °С, і надходить в реактор 1. Тут на шарі

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

катализатора відбувається ендотермічна реакція дегідрування етилбензолу. Необхідна для здійснення реакції теплота підводиться в апарат з перегрітою водяною парою. Після закінчення реакції каталізу поверхня катализатора покривається шаром сажі внаслідок перебігу побічних реакцій глибокого розщеплення вуглеводнів, і катализатор втрачає свою активність. Для регенерації катализатора реактор періодично продувають повітрям. Прореагована суміш охолоджується, проходячи трубками перегрівача, випарника і далі – котла-утилізатора 5. Пара, яка виробляється в котлі-утилізаторі, використовується в цьому виробництві як теплоносій. Охолоджена газова суміш надходить у конденсатори 6 і 7, перший з яких охолоджується водою, а другий – розсолон. Тут відбувається конденсація так званого стіролу-сирцю і води, які розділяються у відстійнику 9. Стірол подається далі на очищення від домішок ректифікацією. Несконденсовані гази відділяються від рідини у сепараторах 8. [2]

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

## 2 Розрахунок матеріальних балансів процесу синтезу стіролу із етилбензолу

### 2.1 Виконання структурного аналізу ХТС

Для початку складемо таблицю відповідності потоків та апаратів для формування на основі технологічної схеми (рис. 1.2) структурної схеми потоків та апаратів. З технологічної схеми можна виділити структурну схему (рис.2.1), яка складається з десяти апаратів, які впливають на виробництво стіролу, а саме:

1 – реактор; 2 – перегрівач; 3 – випарник ; 4 – змішувач; 5 – котел-утилізатор; 6,7 – конденсатори; 8 – сепаратор; 9 – відстійник; 10 – сепаратор.

Таблиця 2.1 Формалізація задачі ХТС

№ потоки	Назва	Ім'я відповідних моделей у програмі-симуляторі			Вхідні потоки
		Вихідні потоки			
1	Реактор	1	2-1	1-2	
2	Перегрівач	2	3-2	2-3	
3	Випарник	3	2-3, 4-3	3-2, 3-5	
4	Змішувач	4	5-4	4-3	
5	Котел-утилізатор	5	3-5	5-4, 5-6	
6	Конденсатор	6	5-6	6-7	
7	Конденсатор	7	8-7	7-10	
8	Сепаратор	8	6-8	8-7, 8-9	
9	Відстійник	9	10-9, 8-9	-	
10	Сепаратор	10	7-10	10-9	

Рис 2.1 Структурна схема процесу виробництва стіролу

Виконаємо послідовно всі етапи структурного аналізу цієї схеми.

Сформуємо матрицю суміжності А.

Для виконання цього етапу скористуємося програмним пакетом MathaLab

Застосуємо алгоритм покриття для визначення комплексів схеми. За алгоритмом маємо звести матрицю суміжності А послідовно в степені 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 та логічно їх помножити. В результаті отримаємо матрицю шляхів С. В програмному пакеті Matlab ця дія буде мати такий вигляд:

```
>> C=[A|A^2|A^3|A^4|A^5|A^6|A^7|A^8|A^9|A^10]
```

Для отримання матриці D, що вказує на наявні комплекси виконаємо наступну дію в програмному пакеті Matlab:

```
>> D=C&C'
```

З матриці D впливає, що в схемі буде один комплекс K=(1,2,3,4,5).

Далі сформуємо послідовність розрахунку з комплексів й поодиноких вершин:

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

ППРС = [К 6 7 8 9 10]

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

Будуємо продеремо комплексу К.

З прадерева отримано три контури

Таблиця 2.2 Матриця контурів К1

	1 - 2	2 - 1	2 - 3	3 - 2	3 - 5	5 - 4	4 - 3
I	1	1	0	0	0	0	0
II	0	0	1	1	0	0	0
III	0	0	0	0	1	1	1
f	1	1	1	1	1	1	1

Максимальні степені входження дужок рівні  $f = 1$  при рівних параметричностях. Але, розриваємо контури з рециклом 2 – 1, 3 – 2 та байпасом 3 – 5.

Рис. 2.2 Структурна схема процесу з розірваними зв'язками.

Таким чином, розірвавши отримані дуги, отримаємо послідовність розрахунку схеми:

ОПРС = ( 1,2,5,4,3,6,8,7,10,9)

Розрахунок матеріального балансу у середовищі Chemcad

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

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів було виконано в спеціалізованому середовищі Chemcad 6.3.1. Розроблена схема наведена на рисунку 2.3. Результати розрахунку матеріального балансу схеми наведено в таблицях 2.5 – 2.9.

Рисунок 2.3 - Схема отримання стіролу в Chemcad 6.3.1

Для створення схеми, яка зображена на рис. 2.3 схему, було обрано апарати такі апарати, які найточніше відображають характер реальних апаратів, а також, які найкраще підходять для технології, що реалізує ХТС.

Список використаних блоків та матеріальних потоків, що проходять між ними наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Список використаних блоків та матеріальних потоків

Назва блоку	Апарат	Вигляд моделі	Вхідні потоки	Вихідні потоки
1	2	3	4	5
Component separator (1)	Сепаратор		C8H8, C8H10, H2	C8H8, C8H10, H2
Kinetic Reactor (2)	Реактор		C8H10	C8H8, C8H10, H2
Heat Exchanger (3)	Конденсатор		C8H8, C8H10, H2O, H2	C8H8, C8H10, H2O, H2
Fired Heater (4)	Випаровувач		C8H10	C8H10

Опис блоків бібліотеки моделей:

Heat exchanger – конденсатор. Застосовується для теплообмінних процесів.

Component separator - розділювач компонентів . Використовується для сепарації компонентів.

Kinetic Reactor – це кінетичний реактор. Реактор для моделювання складних послідовних, або серійних реакцій. Застосовується коли відомі стехіометричні рівняння процесу.

Fired Heater – випаровувач. Він дозволяє змінити фазу речовини.

Таблиця 2.4 – Специфікація апаратів

Апарат	Умови роботи			
	Значення	фаза	Тип	
	температура, °C	тиск, МПа		
1	2	3	4	5
Component separator (1)	100	0,11	газ-газ	–
Kinetic Reactor (2)	650	0,11	газ-газ	Ізотермічний
Heat exchanger (3)	100	0,11	газ-рідина	Ізотермічний
Fired Heater (4)	650	–	рідина-газ	–

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс реактора.

Матеріальний баланс реактора

Компоненти	Вхід (кг/год)	Вихід (кг/год)
Етилбензен	10616.6997	2.8763
Водень	0	201.5403
Вода	0	0
Стірол	0	10413.1510
$\Sigma$	10616.6997	10617.5676

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс сепаратора.

Матеріальний баланс сепаратора

Компоненти	Вхід (кг/год)		Вихід (кг/год)	
Етилбензен	2.8763	2.8763	0	
Водень	201.5403	201.5403	0	
Вода	0	0		
Стірол	10413.1510	4627.9117	5785.2389	
Σ	10617.5676	4832.3283	5785.2389	

Таблиця 2.7 – Загальний матеріальний баланс

Компоненти	Вхід (кг/год)				Вихід (кг/год)	
	Потік 1	Потік 2	Потік 5	Потік 7	Потік 8	
Етилбензен	10616.6997	0	0	2.8763	0	
Водень	0	0	0	201.5403	0	
Вода	0	80295.3749	80295.3749	0	0	
Стірол	0	0	0	4627.9117	5785.2389	
Σ	90912.0746	90912.9421				

На основі виконаних розрахунків було зроблено висновок, що матеріальний баланс процесу синтезу стіролу у спеціалізованому середовищі Chemcad v. 6.3.1 розрахований вірно. Результати розрахунків приведені у додатку А.

### 3 Розробка обчислювального модуля для розрахунку реактора синтезу стіролу

#### 3.1 Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

Розробити обчислювальний модуль для повірного розрахунку, комп'ютерного моделювання процесу дегідрування етилбензолу.

Для розрахунку концентрації в часі та по висоті апарату було вирішено використати модель ідеального витіснення. [5]

Для виконання розрахунків необхідно задати такі вхідні параметри як витрата речовини на виході, яка була розрахована в матеріальному балансі, висоту та діаметр моделюючого реактору.

Після задання вхідних параметрів потрібно розрахувати основні параметри, які необхідні для повірного розрахунку.

Площа поперечного перерізу потоку реакційної суміші:

де,  $d$  – діаметр реактору синтезу стіролу.

Об'ємний видаток реакційної суміші в м<sup>3</sup>/с:

де,  $V_v$  – об'ємна витрата речовини на виході з реактору синтезу стіролу.

Лінійна швидкість реакційної суміші:

Об'єм реактора синтезу стіролу:

де,  $L$  – висота реактору синтезу стіролу.

Час перебування реакційної суміші в апараті:

Розрахунки проводяться за реакцією:

Математична модель реактора ідеального витіснення (РІВ) в загальному вигляді записується:

Так як реактор працює в неперервному режимі, то доцільно розглядати ustalений режим, в якому:

Для цього можливо провести наступну заміну: замість швидкості реакції підставимо швидкість, з якою змінюється концентрація речовини  $I$ :

Для того, щоб зручніше було розв'язувати дану математичну модель можемо перейдемо до часу перебування реакційної суміші в реакторі. Тоді математична модель у загальному вигляді запишеться як:

Запишемо стехіометричне рівняння розглядаючого процесу:

Для того, щоб описати кінетику хімічної реакції, введемо наступні позначення:  
-етилбензен:  $A$ ;

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



-стірол: В;  
-водень: С;

Запишемо рівняння кінетики для цієї реакції:

Остаточний вигляд математичної моделі, якщо підставити рівняння хімічної кінетики, буде мати наступний вигляд:

Початкові умови:

$$C_A(0) = 10 \text{ кмоль/м}^3$$

$$C_B(0) = 0 \text{ кмоль/м}^3$$

$$C_C(0) = 0 \text{ кмоль/м}^3$$

Для розв'язування даних диференціальних рівнянь доцільно використати метод Ейлера. [6]

Для зручності реалізації методу Ейлера, запишемо праві частини рівнянь математичної моделі заданого РІВ:

$$[fC]_A(C_A) = [-k_1 C]_A$$

$$[fC]_B(C_A) = [k_1 C]_A$$

$$[fC]_C(C_A) = [k_1 C]_A$$

Для розрахунку обирається тисячу ітерацій, тоді крок інтегрування буде становити:

$$dt = \tau / 1000$$

Реалізуємо метод Ейлера в матричному вигляді:

Отримані результати - розподіл концентрації компонентів в часі та по довжні апарату.

### 3.2 Розробка програмного модулю

Для обчислювального модулю спочатку необхідно було скласти алгоритм згідно якого за допомогою мови програмування javascript, мови гіпертекстової розмітки документів HTML та каскадних таблиць стилів CSS було реалізовано повірочний розрахунок.

В результаті було отримано приклад веб-сайту, для повірочного розрахунку процесу дегідрування етилбензолу.

Програмний код реалізації повірочного розрахунку процесу дегідрування етилбензолу наведено в додатку В.

Для початку рохрахунку потрібно ввести початкові дані.

Рис. 3.1 – Початкові значення для розрахунку

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

В результаті роботи даного програмного модулю ми змогли отримати графіки залежності концентрації речовин від часу та висоти реактору синтезу стіролу:

Рис. 3.2 – Графік залежності концентрації речовин від часу перетікання реакції

Рис. 3.3 – Графік залежності концентрації речовин від висоти реактору  
Виконавши моделювання в MathCAD 15 (Додаток Б) та за допомогою програмного модулю ми можемо визначити чи відповідає реактор синтезу стіролу з заданими висотою та діаметром технічним умовам процесу дегідрування етилбензену.

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

4. Автоматизація технологічної схеми процесу синтезу стіролу із етилбензолу  
 Основна мета розробки схеми автоматизації – це вибір приладів та засобів автоматизації, які виконують такі функції, при яких даний технологічний процес здійснювався б найкращим шляхом, а саме: давав максимум виходу продукції з найкращою якістю працюючи без аварій, був зручним для технолога, для спостереження, та (при необхідності) для переналагодження на випуск продукції з іншими характеристиками. [3]

Для виконання цієї мети необхідно технологічне обладнання оснастити основними приладами та засобами автоматизації:

- вимірювальними перетворювачами;
- вторинними вимірювальними приладами;
- засобами регулювання та керування регуляторами або програмованими і логічними контролерами
- виконавчими механізмами;
- регулюючими органами.

Враховуючи наявність шкідливих та небезпечних речовин при виробництві стіролу варто ретельно віднестись до автоматизації виробництва та контролюванню технологічних показників.

#### 4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Завданням технологічного процесу виробництва являється виготовлення кінцевого продукту – стіролу, з умовою підтримання встановленої норми виготовлення. Для забезпечення виконання встановленої норми виготовлення стіролу та встановити перебіг процесу за заданими технічними показниками, необхідно впровадити регулювання таких параметрів, як: витрати водяного пару на вході в реактор, витрати води та розсолу на вході в конденсатори, витрати повітря на вході в реактор, витрати етилбензолу на вході в змішувач, температуру суміші етилбензолу і водяного пару на вході в реактор синтезу стіролу.

Після проведення аналізу технологічної схеми було виконано визначення потрібного ступеню автоматизації виробництва. Після визначення параметрів виробництва було встановлено параметри об'єкту автоматизації.

Було визначено місця для заміру параметрів на технологічному об'єкті, номінальні значення параметрів та межі їх зміни опираючись на обрані параметри регулювання та контролю. Підібрані та встановлені дані наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва стіролу  
 № 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	Трубопровід подачі етилбензолу в змішувач (4)	Об'ємна витрата	2200 ±10 м3/год	Контролювання

- 2 Трубопровід подачі суміші в випарник (3) Температура  
120±10°C Контролювання
- 3 Трубопровід подачі суміші в випарник (3) Концентрація C8H10  
33% Регулювання
- 4 Трубопровід подачі суміші в перегрівач (2) Температура  
320±10°C Контролювання
- 5 Трубопровід подачі суміші в реактор (1) Об'ємна витрата 2200 ±10  
м3/год Контролювання

Продовження таблиці 4.1

- 6 Трубопровід подачі суміші в реактор (1) Температура 650±10°C  
Контролювання
- 7 Трубопровід подачі водяної пари в реактор (1) Об'ємна витрата 4200  
±10 м3/год Регулювання
- 8 Трубопровід подачі повітря в реактор (1) Об'ємна витрата 1000 ±10  
м3/год Регулювання
- 9 Реактор(1) Тиск 0,1 ± 0,01 МПа Контролювання
- 10 Трубопровід подачі суміші стіролу в перегрівач (2) Температура  
650±10°C Контролювання
- 11 Трубопровід подачі суміші стіролу в перегрівач (2) Об'ємна витрата  
4500 ±10 м3/год Контролювання
- 12 Трубопровід подачі суміші стіролу в випарник (3) Температура  
450±10°C Контролювання
- 13 Трубопровід подачі суміші стіролу в котел-утилізатор (3) Температура  
240±10°C Контролювання
- 14 Трубопровід подачі конденсату водяної пари в котел-утилізатор (3)  
Об'ємна витрата 12000 ±10 м3/год Регулювання
- 15 Трубопровід подачі стіролу на ректифікацію Об'ємна витрата 2100  
±10 м3/год Контролювання

Продовження таблиці 4.1

- 16 Трубопровід подачі водяної пари в змішувач (4) Об'ємна витрата  
6600 ±10 м3/год Контролювання
- 17 Трубопровід подачі суміші стіролу в конденсатор (6) Температура  
200±10°C Регулювання
- 18 Трубопровід подачі суміші стіролу в конденсатор (6) Об'ємна витрата  
4500 ±10 м3/год Контролювання
- 19 Трубопровід подачі суміші стіролу в конденсатор (7) Температура  
160±10°C Регулювання

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

21	Трубопровід подачі суміші стіролу в конденсатор (7)	Об'ємна витрата 1300 ±10 м3/год	Контролювання
21	Трубопровід подачі газів на утилізацію	Об'ємна витрата 500 ±10 м3/год	Контролювання
22	Трубопровід подачі стіролу з водою на відстійник (9)	Об'ємна витрата 3200 ±10 м3/год	Контролювання
23	Трубопровід подачі стіролу з водою на відстійник (9)	Об'ємна витрата 1000 ±10 м3/год	Контролювання
24	Відстійник (9)	Концентрація C8H8 5%	Регулювання
25	Відстійник (9)	Концентрація C8H8 5%	Регулювання
26	Трубопровід зливу води в каналізацію	Об'ємна витрата 2100 ±10 м3/год	Контролювання

Виходячи з даних, що наведені в таблиці 4.1, була розроблена схема автоматизації процесу виготовлення стіролу, яка містить вісім регулюючих контурів та вісімнадцять контурів контролю.

Під час визначення приладів та засобів автоматизації, які будуть застосовуватись, рекомендується слідувати наступним правилам:

при регулюванні однакових параметрів технологічного процесу використовуються однотипні засоби автоматизації;

клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;

діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.

Для здійснення автоматизації процесу виробництва стіролу були вибрані технічні засоби за каталогами відповідних виробників [1-7]. Специфікація до обраних засобів наведена в додатку Д.

#### 4.2 Опис системи автоматизації

##### 4.2.1 Контроль та регулювання температури

В якості вимірювальних приладів температури з необхідною точністю для контурів 1, 2, 6, 8, 9 було обрано термоперетворювач опору марки ТСП- 0989Р (платиновий) (поз. 1-1, 2-1, 6-1, 8-1, 9-1) з діапазоном вимірювання температури від -200°C – 400°C, що призначені для вимірювання температури газів шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з термоперетворювача передається на показуючий ПД - регулятор марки ТРМ10 (поз. 1-2, 2-2, 6-2, 8-2, 9-2) , який відображає вимірювану температуру і в контурі регулювання видає регулюючий вплив на виконавчий механізм марки МЭО-40 (поз. 8-3, 9-3), який:

в контурі 8 змінює подачу води для охолодження реакційної суміші;

в контурі 9 змінює подачу розсолу для охолодження реакційної суміші;

В якості вимірювальних приладів температури з необхідною точністю для контурів 3, 4, 5 було обрано термопару типу К (ТХА) (поз. 3-1, 4-1, 5-1) з діапазоном вимірювання температури від -200°C – 1300°C, що призначені для вимірювання температури у будь якому середовищі (за необхідності комплектується чохлами) шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з термоперетворювача

										Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХА 4115 1490 001 ПЗ					

передається на показуючий ПІД - регулятор марки ТРМ10 (поз. 3-2, 4-2, 5-2), який відображає вимірювану температуру.

#### 4.2.2 Контроль та регулювання витрат

Для контролю витрати в контурах 7, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26 використовується вихревий витратомір digitalYEWFLOW(DY) (поз. 7-1, 12-1, 13-1, 14-1, 15-1, 16-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1, 25-1, 26-1) з температурою вимірюваного середовища від -40 до 700°C, прилад містить вбудований первинний перетворювач у вих. сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з витратоміру передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ10 (поз. 12-2, 13-2, 14-2), який відображає вимірювану витрату.

#### 4.2.3 Контроль якості продукту

Для контролю якості в контурі 10, 11, 24 використовується стаціонарний газоаналізатор ГАНК-4РБ (поз. 10-1, 11-1, 24-1) прилад містить вбудований первинний перетворювач у вих. сигнал 4 – 20 мА. Отриманий сигнал з витратоміру передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ10 (поз. 10-2, 11-2, 24-2), який відображає концентрацію речовини. Після чого передається регульований вплив на виконавчий механізм марки МЭО-40 (поз. 10-3, 11-3, 24-3), який:

в контурі 10 припиняється злив води в каналізацію;

в контурі 11 починається відправлення стіролу на ректифікацію;

в контурі 24 змінюється подача водяної пари в змішувач.

#### 4.2.4 Контроль тиску в реакторі

Для контролю тиску в реакторі (1) використовується електричний манометр ДМ-3583-160 М (поз. 17-1) та показуючий ПІД - регулятор марки ТРМ10 (поз. 17-2), який відображає значення тиску в реакторі.

Розроблена схема автоматизації дозволяє проводити процес синтезу стіролу згідно з технічним регламентом.

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

5. Економіко – організаційні розрахунки процесу синтезу стіролу із етилбензолу

5.1 Схема організації цеху синтезу стіролу із етилбензолу

Стірол – один із основних продуктів хімічної промисловості, виробництво якого складає мільйони тон на рік. В зв'язку з великим попитом людства синтетичного каучуку та пластмаси, світове виробництво стіролу відноситься до великотоннажних виробництв.

Проект передбачає розробку цеху синтезу стіролу продуктивністю 255 т/добу. Організаційна структура повинна повністю забезпечити потреби цеху в обслуговуванні. Таким чином в цеху повинні працювати:

Рисунок 5.1 – Структура працівників на підприємстві

5.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничі процеси цеху поділяються на основні, допоміжні, підсобні та бічні наведені у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Класифікація виробничих процесів цеху

Виробничі процеси      Стадії

Основні                      Аналіз сировини;

Синтез стіролу;

Аналіз готової продукції;

Відвантаження готової продукції;

Постачання сировини;

Допоміжні                      Обслуговування обладнання;

Ремонт;

Підсобні                      Забезпечення деталями для ремонту обладнання;

Постачання палива та енергоресурсів;

Бічні                              Утилізація відходів;

Хіміко-технологічний процес передбачає безперервний режим роботи. Обладнання підбрано таким чином, що на жодній стадії не відбувається простою, що дозволяє обрати паралельний ВРПП. Такий вибір передбачає безперервне використання обладнання (на відміну від послідовного) та економію капіталовкладень на додаткове обладнання (на відміну від змішаного).

Тривалість виробничого процесу складає 1 годину і складається із 6 операцій таблиця 5.2, оскільки виробництво безперервне працює 4 зміни по 6 годин без перерв.

Таблиця 5.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

№      Назва операції      Час виконання, хв

1      Змішування етилбензолу з водою      10

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2	Випарювання	10
3	Підігрів	10
4	Дегідрування етилбензолу	10
5	Охолодження	10
6	Відстоювання	10

### Рисунок 5.2 – Графік паралельного ВРПП

За попередніми розрахунками за змодельованою схемою в середовищі ChemCad встановлено, що за день підприємство виробляє – 255 тон, за рік – 93 075 тон.

#### 5.3 Чисельність персоналу

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання обсягу робіт та для повної комплектації робочих місць за зміну.

Режим роботи – в чотири зміни, тривалістю зміни 6 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу та фахівців робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи однозмінний тривалістю робочої зміни 8 годин.

Для робочого персоналу – зміна повинна складатися з начальника зміни (1), помічник начальника зміни (1), технолог (1), лаборанта (1), робочих (4), інженерів (2) охоронець (1), прибиральник (1), водій (1) – це ті, які мають чотири змінний графік роботи, а адміністративно-управлінський персонал працює в складі – начальник цеху (1), менеджер з постачання (1), завідуючий складом (1), бухгалтер (1), економіст (1).

Отже, явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу:

$$Ч_{\text{яв}}=1+1+1+1+1=5 \quad (5.1)$$

Явочна кількість виробничого персоналу:

$$Ч_{\text{яв}}=(1+1+1+1+4+2+1+1+1)*4=52 \quad (5.2)$$

Чисельність за списком – потреба цеху у працівниках, крім штатної, для виконання непланованих робіт, заміна хворих, відсутніх у відпустках або відсутні з інших поважних причин, також сюди включають консультантів, сумісників і т.д.

$$Ч_{\text{сп}}=Ч_{\text{яв}}*K_{\text{пер}} \quad (5.3)$$

$$K_{\text{пер}}= (T_{\text{підп}}^{\text{рік}})/(T_{\text{прац}}^{\text{норм}})=8760/1821=5 \quad (5.4)$$

де  $K_{\text{пер}}$  – коефіцієнт перерахунку,  $T_{\text{рік}}$  – річний робочий час цеху,  $T_{\text{прац}}$  – річний робочий час цеху з урахуванням святкових вихідних, хвороб та відпусток.

Тоді чисельність за списком виробничого персоналу становить:

$$Ч_{\text{сп}}=13*5=65 \text{ осіб.} \quad (5.5)$$

З чого слідує, що чисельність за списком підрозділу становить:

$$[Ч^{\text{підрозділу}}]_{\text{сп}}=65+5=70 \text{ осіб.} \quad (5.6)$$

Тривалість роботи цеху на рік:

$$T_{\text{підп}}^{\text{рік}}=365*24=8760 \text{ год/рік} \quad (5.7)$$

Тривалість роботи працівника:

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль – перевірка якості продукції, що надходить на підприємство, як сировини. На даному підприємстві це визначення якості вихідної сировини (вміст природного газу та повітря). Цей контроль проводиться лаборантами цеху. Вони зобов'язані вести журнал вхідного контролю.

Проміжний контроль – це перевірка технологічної дисципліни при виконанні технологічного процесу. Виконується технологом, який веде журнал проміжного контролю.

Заключний контроль – це оцінка якості готової продукції, в нашому випадку стіролу. Основна мета цього контролю – виявлення браку. Заключний контроль проводить технолог та помічник начальника зміни. Результати заключного контролю заносять до журналу заключного контролю, згідно якого оформляється паспорт на продукцію.

#### 5.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні цеху, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються підприємством в ході продажу.

До оборотних засобів відносять:

Заробітна плата;

Затрати на сировину та електроенергію;

Оренда приміщення;

Заміна каталізаторів та ремонт частин;

Заробітна плата працівників цеху наведена в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Заробітна плата працівників цеху

Посада	З/П працівника в місяць	З/П всіх працівників на даній посаді
Начальник цеху	15 000	15 000
Помічник начальника зміни	11 000	55 000
Начальник зміни	12 000	60 000
Інженер	8 000	80 000
Технолог	7 500	37 500
Лаборант	6 000	30 000
Бухгалтер	10 000	10 000
Економіст	8 000	8 000
Менеджер з постачання	10 000	10 000
Завідуючий складом	9 000	10 000
Робочий	8 000	160 000
Охоронець	6 000	30 000
Прибиральник	4 000	20 000
Водій вантажника	8 000	40 000
Сумарна З/П	565 500	

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



де А – амортизація, грн/рік; Фпп – повна початкова вартість, грн; К – витрати на капітальні ремонти, грн; Р – витрати на поточні ремонти, грн; Л – ліквідаційна вартість, грн; Тексп – плановий період експлуатації, років.

Таблиця 5.6 – Основні фонди

Обладнання	Кіл.	Термін експлуатації, років	Повна вартість, грн	Ліквідаційна вартість, грн	Амортизація, грн/рік	початкова
Контактний апарат	1	5	5 000 000	250 000	950 000	
Перегрівач 1	5	1 000 000	50 000	190 000		
Випарник 1	5	1 000 000	50 000	97 000		
Змішувач 1	5	500 000	15 000	97 000		
Котел-утилізатор 1	5	2 000 000	75 000	385 000		
Конденсатор 2	5	2 000 000	50 000	390 000		
Сепаратор 2	5	1 000 000	50 000	190 000		
Відстійник 1	5	1 000 000	50 000	190 000		
Вартість трубопроводів	-	5	4 000 000	200 000	760 000	
Елементи автоматизації	-	5	4 000 000	150 000	770 000	
Нематеріальні активи	-	5	600 000	30 000	114 000	
Транспорт	5	3 000 000	150 000	570 000		
Інвентар	5	500 000	10 000	98 000		
Лабораторне обладнання		5	2 000 000	10 000	398 000	
Всього	-	27 600 000	5 199 000			

### 5.6 Розрахунок техніко-економічних показників

Таблиця 5.7 – Основні економічні показники

Показник	Формула	Опис	Результат
Ціна річного випуску	$V_{\text{прод}}^{\text{рік}} = C_{\text{стирену}} * V * 365$		$= 63\,000 * 255 * 365$
	Цстирену – вартість 1 т стирену, V – випуск за добу		5 863 725 000,0
Собівартість	$C = A + O_{\text{бз}} = 5\,199\,000 + 5\,016\,978\,269,04$	A – амортизація, O <sub>бз</sub> – оборотні засоби	5 022 177 269,04 грн/рік
Капіталовкладення	$K = O_{\text{ф}} + O_{\text{бз}} = 27\,600\,000 + 5\,016\,978\,269,04$	O <sub>ф</sub> – основні фонди	5 044 578 269,04 грн
Прибуток за рік	$\Pi = \text{Ц} - C = 5\,863\,725\,000,0 - 5\,022\,177\,269,04$	Ц – ціна	841 547 730,96 грн/рік
Рентабельність	$R = \Pi / C * 100 = 841\,547\,730,96 / 5\,022\,177\,269,04 * 100$		16,75%
Економічна ефективність	$E = \Pi / K * 100 = 841\,547\,730,96 / 5\,044\,578\,269,04 * 100$		0,16
Термін повернення капіталовкладень	$T = K / \Pi = 5\,044\,578\,269,04 / 841\,547\,730,96$		5,99 року

						ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
							30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Фондовіддача  $\PhiВ = В / ОФ = 5\,863\,725\,000,0 / 27\,600\,000$  212,67  
грн/грн

Фондоємність  $\PhiЄ = 1 / \PhiВ$  0.0047 грн/грн

З отриманих результатів можна зробити висновок, що підприємство вигідне, оскільки має термін повернення капіталовкладень менше 7 років та досить високу економічну ефективність.

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

## 6 Охорона праці

Технологічний об'єкт, що розглядається - виробництво стиролу дегідратацією етилбензолу, що містить шкідливі, вибухонебезпечні речовини. Також на даному об'єкті передбачено використання електроенергії та теплової енергії. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблено заходи та засоби для створення на об'єкті безпечних і здорових умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на виробництві стиролу. Заходи з охорони праці.

### 6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи, які виконуються в цеху за важкістю відносяться до категорії II а. [15]

Параметри мікроклімату обрані в залежності від категорії тяжкості виконуваної роботи та наведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура, С°	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
1	2	3	4	5

Холодний Середньої важкості II а 19-21 60-40 0,2

Теплий Середньої важкості II а 21-23 60-40 0,3

Для того, щоб попередити небезпеку отруєння та забезпечення оптимальних гігієнічних умов праці передбачається штучна і природна вентиляція.

За допомогою спеціально вбудованих вентиляційних каналів на верхній частині даху забезпечується природна вентиляція у всіх приміщеннях. Для посилення тяги встановлюються дефлектори типу ЦАГІ. [16]

Основною речовиною у виробництві являється етилбензол. Незважаючи на те, що апаратура і трубопроводи є герметичними, відбуваються витіки газу через певні нещільності. Тому можливе утворення вибухонебезпечних сумішей в разі великих скупчень газу. Ця проблема вирішується шляхом установки загальнообмінної припливно-витяжної системи.

Оскільки в ході технологічного процесу використовуються токсичні і небезпечні речовини, для запобігання отруєнь, або небезпечних ситуацій передбачається аварійна витяжна вентиляція що вмикається автоматично. Витяжні труби розташовані у стелі і на рівні підлоги. Кратність повітрообміну в приміщенні не менше 8 разів на годину.

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

В таблиці 6.2 наведено основні санітарні характеристики підприємства, що розглядається, а саме підприємства виробництва стиролу.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика виробництва

Назва виробничої дільниці Підприємство виробництва стиролу

1 2

Шкідливі речовини, що виділяються С8Н8, С8Н10

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Група шкідливої речовин, характеристика шкідливого впливу  
Високошкідливі речовини. Наявність їх в повітрі в кількості 0,33 мг/дм<sup>3</sup>  
і більше викликає задишку і запалення легенів.

ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м<sup>3</sup> 0,1-1,0 мг/м<sup>3</sup>

Клас небезпечності шкідливої речовини II — високошкідливі;

Засоби індивідуального захисту фільтруючий протигаз марки БКФ або марки А; комплект спецодягу з прогумованої тканини; окуляри захисні.

Продовження таблиці 6.2

1 2

Засоби долікарняної допомоги Викликати блювоту і промити шлунок у хворого слід тільки в тих випадках, коли відсутні ушкодження стравоходу. Після цього включають корекцію ацидозу, контролювання шоку і судом і підтримання прохідності дихальних шляхів у разі набряку голосової щілини за допомогою інтубації або трахеотомії.

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. За технологічним процесом ведеться постійний нагляд на посту керування шляхом виводу інформації про процес на ЕОМ.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна.

Використовуються у приміщенні цеху такі типи освітлення: природне, штучне, суміщене та місцеве освітлення. Природне освітлення - це комбінована система поєднання верхнього й бокового освітлення. Штучне освітлення представлене 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

Характеристика зорової роботи Загальне спостереження за ходом виробничого процесу:

періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні

Розряд зорової роботи VIII-б

Штучне освітлення Освітленість, лк При системі загального освітлення 100

При системі комбінованого освітлення Всього -

Ут.ч. від загального -

Природне освітлення КПО, ен, % При

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

боковому  
освітленні 0,3

Суміщене освітлення При боковому освітленні 0,2

Розраховуємо необхідну кількість ламп в зоні реактора, що забезпечують нормоване значення освітленості, для штучного освітлення, за формулою [13]:31200

$$N=(E \cdot S_{п} \cdot k \cdot Z)/(F \cdot \eta)=(50 \cdot 450 \cdot 1,2 \cdot 1,3)/(2280 \cdot 0,5) \approx 30$$

де, E = 50 лк - нормована освітленість; S<sub>п</sub> = 450 м<sup>2</sup> - площа приміщення; k = 1, 2 - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості ламп в процесі експлуатації; η = 0, 5 - коефіцієнт використання світлового потоку, визначається з урахуванням коефіцієнта відбиття світлового потоку від стін. N = 30 шт.

Вибираємо 30 ламп розжарювання типу Г 152-135-150 зі світловим потоком рівним 2280 лк. [15]

Аварійне освітлення автоматично включається при будь-якій аварійній ситуації, у тому числі при спрацюванні газоаналізаторів в водню і фенолу.

#### 6.1.3 Захист від виробничого шуму й вібрацій

Джерелами шуму і вібрації в цеху є повітродувки, компресори та вентилятори. Відповідно до ДСН 3.3.6.039-99, допустимий рівень шуму в цеху і на робочих місцях становить 80 дБА.

Фактичний рівень шуму в цеху складає 50 дБА, тому потреба в додаткових засобах захисту від шуму відсутня.

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

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях.

Вид трудової діяльності, робоче місце Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц Рівні шуму еквівалентні рівні шуму, дБА, дБАекв.

	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2									
Виконання всіх видів робіт на робочих місцях	96	83	74	68	63				
	60	57	55	54	65				

#### 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<sub>л</sub> = 6 мА, U<sub>дот</sub> = 36 В;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						34

ХА 4115 1490 001 ПЗ



при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л}=0,3$  мА,  $U_{дот} = 2$ В.

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

, мА;

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

$I_{л} = A$

Напруга дотику розраховується за формулою:

$U_{д} = I_{л} \cdot R_{л} \cdot 10^3 = 0,05 \cdot 4000 = 220$  В.

Таблиця 6.5 – Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Ділянка Категорія приміщення по електробезпеці.

Виробничий цех Особливо небезпечне приміщення

Побутові приміщення Приміщення без підвищеної небезпеки

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

Застосування ремінних передач з струмопровідної гуми;

Відведення зарядів статичної електрики шляхом заземлення системи трубопроводів і апаратів, якими рухається стирол;

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 роботи тільки за допомогою промислового пілосмоку або вручну за допомогою спеціальної щітки.

Для запобігання прямих ударів блискавки споруди захищені стрижньовими блискавковідводами. Електричне обладнання закритого типу, яке встановлюють на заводі, має пило- та вологонепроникне виконання.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.

Роботи зі стиролом відносяться до робіт підвищеної небезпеки. До виконання робіт зі стиролом допускаються особи, що досягли віку 18-ти років; пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці; пройшли медичний огляд та не мають медичних протипоказань.

Особи, які працюють зі стиролом, повинні вміти користуватися засобами індивідуального та колективного захисту. При роботі зі стиролом можливе ураження ЦНС, подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів. [17]

Запах стиролу відчутний при  $0,07$  мг/м<sup>3</sup>. Середня летальна доза складає  $500-5000$  мг/м<sup>3</sup>.

Гранично допустима концентрація (ГДК) становить  $30$  мг/м<sup>3</sup>.

Перед початком роботи передбачено увімкнути загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію. Перевірити справність та наявність засобів колективного та індивідуального захисту, справність технологічного

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

обладнання. При виявленні несправності обладнання та засобів колективного та індивідуального захисту негайно сповістити керівника.

Транспортування стиролу повинно здійснюватися засобом, що виключає можливість попадання його у навколишнє та виробниче середовище.

Стирол передбачено зберігати у спеціально підготовлених приміщеннях, які повинні бути обладнані вентиляцією.

Після закінчення робіт необхідно прибрати робоче місце.

## 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 [18].

Цех виробництва, згідно ДБН В.1.1-7-2002, належить до категорії А будівель. Приміщення категорії А слід розміщувати біля зовнішніх стін, а в багатоповерхових будівлях - на верхніх поверхах. Для зменшення можливого збитку від вибуху газоповітряних сумішей передбачається у зовнішній частині будівлі спеціальні легкоскидуючі конструкції (скління вікон і ліхтарі). [19]

Підлога на робочих місцях є рівною, теплою, щільною та такою, що не чинить опір ударам; вона неслизька та зручна для очистки поверхні; також вона стійка до хімічних впливів та поглинення цих речовин.

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, передбачено сповіщувачі вибухонебезпечного виконання ТРВ-1.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності наведено у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Речовини, що мають обіг у виробництві С8Н8 С8Н10

Агрегатний стан речовин у н. у. Безбарвна рідина з різким запахом

Безбарвна рідина з різким запахом

Горючість, займистість Вибухонебезпечна, горюча Вибухонебезпечна, горюча

Показники пожежної вибухонебезпечності Температура спалаху 250  
235

Температура займання 275 245

Температура самозаймання 290 260

Межа запалення % об'ємних 10 4,3-45  
мг/м<sup>3</sup> 79 2,3

Вибухонебезпечні суміші з повітрям Категорія ІІВ -

Група ТЗ -

Вогнегасні засоби Пінні вогнегасники типу ВХП Пінні  
вогнегасники типу ВХП

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ХА 4115 1490 001 ПЗ

Категорія приміщення за  
ОНТП 24-86 В  
Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок згідно з ПУЕ 1  
Категорія об'єкта і тип зони захисту згідно з  
БН 305-77 ПБ

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті був розглянутий процес синтезу стіролу із етилбензолу.

Було вирішено наступні задачі:

Проаналізовано технологічні особливості виробничого процесу синтезу стіролу із етилбензолу.

Проаналізовано технологічну схему, обрано параметри контролю і регулювання технологічних параметрів та межі їх зміни.

Для схеми даного процесу проведено розрахунок матеріальних балансів.

Обрано математичну модель реактору синтезу стіролу. Модель вирішено за допомогою методу Ейлера і покладено в основу програмного модуля написаного на мові програмування javascript.

Розроблено схему автоматизації, яка дозволяє керувати процесом синтезу стіролу із етилбензолу.

Проведено основні техніко-економічні розрахунки цеху по виробництву стіролу із етилбензолу.

Проведено аналіз підприємства по виробництву стіролу із етилбензолу.

					ХА 4115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37