

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СТИРЕНУ ДЕГІДРУВАННЯМ ЕТИЛБЕНЗЕНУ	11
1.1 Опис процесу виробництва стирену дегідруванням етилбензену	11
1.2 Опис технологічної схеми	12
2 РОЗРАХУНОК ХТС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ СЕМСАД.....	17
3 РОЗРАХУНОК ІЗОТЕРМІЧНОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ СТИРЕНУ ДЕГІДРУВАННЯМ ЕТИЛБЕНЗЕНУ	22
3.1 Розробка моделі реактора синтезу.....	22
3.2 Програмний модуль для розрахунку математичної моделі процесу окислення метанолу	26
3.3 Інструкція користувача програмного продукту	28
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СТИРЕНУ	32
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми.....	32
4.2 Визначення параметрів автоматизації.....	33
4.3 Опис схеми автоматизації.....	33
5 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	36
5.1 Підприємство у промисловій структурі держави.....	36
5.2 Організаційна структура цеху.....	36
5.3 Класифікація виробничих процесів.....	37
5.4 Види руху предметів праці	37
5.5 Кількість одиниць обладнання і робітників	40
5.6 Контроль виробництва.....	41
5.7 Розрахунок оборотних фондів.....	42
5.8 Розрахунок основних засобів цеху	43

					ДП ХА6107 1490 001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Крамаренко			Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							7	110
Н. Контр.		Шахновський				КПІ ім. Ігоря Сікорського ХТФ, гр. ХА - 61		
Затверд.		Бугаєва						

5.9	Техніко-економічні показники цеху	45
5.10	Розрахунок цеху з урахування автоматизації.....	46
5.11	Техніко-економічні показники цеху	48
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	50
6.1	Виявлення і аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проєктується. Заходи з охорони праці	50
6.1.1	Повітря робочої зони	50
6.1.2	Виробниче освітлення.....	52
6.1.3	Виробничий шум і вібрація.....	54
6.1.4	Електробезпека	55
6.1.5	Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання....	58
6.2	Пожежна безпека	59
	ВИСНОВКИ.....	63
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	64
	ДОДАТКИ.....	Помилка! Закладку не визначено.
	Додаток А.....	Помилка! Закладку не визначено.
	Додаток Б.	Помилка! Закладку не визначено.
	Додаток В.	Помилка! Закладку не визначено.
	Додаток Г.	Помилка! Закладку не визначено.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВРПП – вид руху предмету праці;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСН – державні санітарні норми;

ОФ – основні фонди;

ОбФ – оборотні фонди;

П - регулятор – пропорційний регулятор;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПІД - регулятор – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор;

РІВ– реактор ідеального витіснення;

ФОП – фонд оплати праці.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Стирен C_8H_8 (вінілбензен) - безбарвна рідина зі специфічним запахом. Стирен практично не розчиняється у воді, добре розчинний в органічних розчинниках, хороший розчинник полімерів, має солодкий запах, хоча високі концентрації мають менш приємний запах. Чистий стирен - це легкозаймиста рідина, яка кипить при $145,2\text{ }^\circ\text{C}$ і замерзає при $-30,6\text{ }^\circ\text{C}$. Полімеризація відбувається вже при кімнатній температурі (іноді з вибухом), тому при зберіганні стирен стабілізують антиоксидантами.

Стирен є одним з найважливіших продуктів нафтохімії і сировиною для виробництва полімерних матеріалів. Процес виробництва стирену є найважливішою ланкою в сучасному нафтохімічному синтезі. Стирен є головною сировиною для отримання полістирену, одного з основних полімерів для виробництва каучуку та пластику. Кінцеві варіанти застосування стирену: одноразовий посуд, упаковка для електронного обладнання, компоненти автомобільних салонів. Так само стирен входить до складу напалму. Початковою сировиною для виробництва стирену є етилбензен. Більше 90% всього виробленого етилбензену переробляється в стирен. Найбільшими виробниками стирену в світі вважаються: США, Японія і Китай. Світове виробництво стирену в 2017 році становило близько 29,4 мільйонів тонн на рік[1].

Метою дипломного проєкту є дослідження процесу отримання стирену, його основних технологічних параметрів, розрахунок матеріальних балансів, розробка програмного модуля для розрахунку контактного реактора, розробка функціональної схеми автоматизації виробництва, оцінка техніко-економічних показників та охорона праці.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СТИРЕНУ ДЕГІДРУВАННЯМ ЕТИЛБЕНЗЕНУ

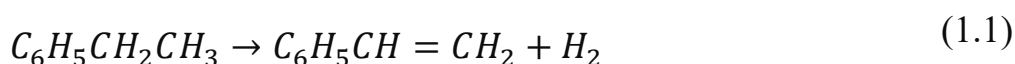
1.1 Опис процесу виробництва стирену дегідруванням етилбензену

Каталітичне дегідрування етилбензену є основним методом промислового виробництва стирену. Цим методом отримують близько 90% етилбензену по всьому світу. Інший промисловий спосіб, яким отримують решту 10%, полягає в дегідратації метилфенилкарбінола, що утворюється в процесі отримання оксиду пропілену з гідропероксиду етилбензену. Гідропероксид етилбензену отримують з етилбензену некаталітичним окисненням повітрям.[2]

Процеси дегідрування - це хімічні процеси, пов'язані з відщепленням атома водню від органічного з'єднання. Ці процеси мають величезне значення в промисловості. Дегідрування отримують насичені з'єднання, що представляють в якості мономерів для виготовлення синтетичного каучука, пластичних мас і іонообмінних смолів (наприклад, бутадієн-1,3, ізопрен, стирен), а також альдегіди і кетони (формальдегід, ацетон, метилетилкетон).

Усі реакції процесів дегідрування відбуваються з поглинанням тепла, тож вони є ендотермічними. Важлива особливість усіх реакцій дегідрування - це їх оборотність. І тому змінюючи рівновагу в бік отримання продуктів при дегідруванні призводить до підвищення температури. Тому процеси дегідрування необхідно проводити при відносно високій температурі, яка для різних процесів змінюється від 200 до 600-650 °С.

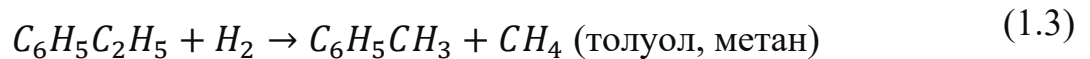
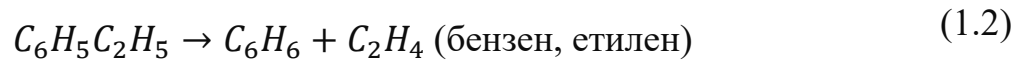
Дегідрування етилбензену в стирен протікає за такою реакцією:



Реакція - ендотермічна і протікає з збільшенням об'єму. Відповідно з підвищенням температур і зниженням парціального тиску вуглеводню збільшується степінь перетворення етилбензену в стирен. (Таблиця 1.1)

Також утворюються побічні продукти в результаті наступних реакцій:

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Можна обрати необхідні умови, ще дозволяють досягати економічно доцільну ступінь конверсії. Нижче наведено конверсію етилбензену Таблиця 1.1 при різних мольних співвідношеннях водяної пари (n) до одного моль етилбензену. За належного підбору каталізатора та умов приведення процесу можна проводити дегідратацію етилбензену в стирен з селективністю = 90 %.[3]

Таблиця 1.1 Конверсія етилбензену (при розведенні водяною парою в молярному співвідношенні n:1)

1.2 Опис технологічної схеми

Процес виробництва стирену з використанням каталітичного дегідрування етилбензену складається з чотирьох етапів:

- 1) Попереднє нагрівання, змішування та випаровування етилбензену,
- 2) Дегідрування,
- 3) Охолодження,
- 4) Поділ / очищення.

На рисунку 1.1 показана схема потоку виробничого процесу.

Попереднє нагрівання, змішування та випаровування етилбензену

Процес виробництва починається, коли 10 000 кг / год рідкого потоку етилбензену попередньо нагрівають від температури навколишнього середовища (25 °С) до температури приблизно 136 °С, за допомогою кожухотрубного теплообмінника.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 – Схема процесу виробництва стирену дегідруванням етилбензену

Отриманий попередньо нагрітий потік потім змішують з рециркуляційним потоком, що містить в основному етилбензен і воду, а також деякі сліди стирену та толуолу, що надходять з верху колони перегонки №2 (колона стирену) у циліндричній посудині під тиском (Змішувач потоків), що працює в ізобарних умовах. Вихідний потік, що виходить із змішувача потоку, повністю випаровується в іншому кожухотрубному теплообміннику, поки він не досягне температури приблизно 250 °С. Потім отримані пари відправляються в іншу посудину, що працює під тиском також в ізобарних умовах (паровий змішувач), при якому вводиться перегріта пара з метою

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищення температури парової суміші до температури реакції (600 °С). Кількість перегрітої пари для споживання в паровій мішалці повинна бути достатньою для отримання газоподібного потоку з кінцевим мольним співвідношенням вода / етилбензен приблизно 14: 1 до подачі в реактор перетворення (WVU, 2010).

Реакція каталітичного дегідрування

Каталітичне дегідрування етилбензену відбувається у вертикальному циліндричному корпусі та трубному реакторі (каталітичний реактор), який працює ізотермічно. Реакція газова суміш протікає всередині труб над шаром каталізатора, в той час як перегріта пара вводиться в оболонці реактора, щоб підтримувати температуру реакції в потрібному діапазоні (580 - 610 °С). Температуру реакції не слід підвищувати до значення, що перевищує 610 °С, оскільки відбудеться термічне розкладання як етилбензену, так і стирену. На виході з реактора отримують гарячу газоподібну суміш, яка має склад стиренової маси близько 93% (на сухій основі).

Охолодження

Гаряча газоподібна суміш, що надходить з каталітичного реактора, що має температуру біля 600 °С і тиск 3,5 бар, під тиском до 6,0 бар за допомогою регулюючих клапанів тиску.

Потім суміш охолоджують до 50 °С через два кожухотрубних теплообмінника (Холодильники), які використовують охолоджуючу воду як теплообмінний агент. Двофазний (пара-рідина) потік з температурою приблизно 50 °С виходить на виході другого охолоджувача, який потім направляється в зону відділення/очищення під тиском до 6,0 бар за допомогою регулюючих клапанів тиску.

Поділ/очищення

Стирен, присутній у вихідному потоці конверторного реактора, повинен бути відокремлений та очищений від решти хімічних речовин, що містяться в ньому (вода, толуол тощо). Для цього двофазний потік, отриманий на виході з охолоджувачів, направляється в трифазний сепаратор (рідина-рідина-пари-

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сепаратор або сепаратор LLV), який працює при 5 бар і 50 ° С. Газоподібна суміш, складена головним чином з водню, метану та етилену (а також незначної кількості води та стирену), отримується у верхній частині сепаратора LLV (легкий газоподібний потік), а рідкий потік, що містить воду та певні сліди стирену, бензену та етилен отримують на дні цього обладнання (потік стічних вод). Середній потік (корисний потік) містить в основному стирен, а також незначну кількість інших хімічних речовин і направляється в колонку для перегонки № 1 (Бензол-Толуолова колона), щоб відновити бензен та толуол, що містяться в ньому, а також для концентрації стирену.

І бензол, і толуол отримують у верхній частині колони для дистиляції № 1, тоді як на дні колони отримують потік, багатий стиреном, який направляється в колонку для дистиляції № 2 (стиренова колона) для проведення остаточного очищення. У стиреновій колоні стирен отримують в нижньому потоці чистотою близько 99,5%, тоді як потік, отриманий у верхній частині цієї колони (складається з переважно етилбензену, бензену та толуолу), рециркулює назад у процес (Рецикл) і змішують з чистим потоком етилбензену, який попередньо нагрівали на першому теплообміннику оболонки та трубки.

Оскільки чистий стирен міг спонтанно полімеризуватися за наявності високої температури та високого тиску (як правило, понад 6 бар та 125 °С), процес перегонки необхідно провести при мінімальному тиску. Це також слід зробити, щоб уникнути полімеризації вінілоароматичних хімічних речовин, створених під час етапу реакції, враховуючи, що колона Бензен-Толуол працює при тиску 1,5 бар, тоді як операція вторинної дистиляції, проведена в колоні стирену, проводиться на 1,0 бар (атмосферна перегонка).

Каталізатор

В даний час для одержання стирену з етилбензену використовують декілька оксидів металів. У цьому процесі в якості основного каталізатора буде використовуватися оксид заліза (III), що підтримується на глиноземі

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(Snyder & Subramaniam, 1994); він має щільність 1 282 кг/м³ і порожню фракцію 0,4.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						16
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРАХУНОК ХТС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ CHEMCAD

У даному розділі представлений комп'ютерний розрахунок матеріального балансу процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену, склади потоків, а також витрату кожного компоненту по стадійно.

Головною задачею матеріального балансу є розрахунок кількості використаних (введених або заданих) речовин, кількості отриманого продукту, а також побічних речовин. Кількість речовин, введених в виробництво, повинна дорівнювати кількості одержаних речовин. Це вираховується на основі стехіометричних рівнянь, що описують окремі стадії виробництва і побічні процеси [4].

Матеріальний і енергетичні баланси дозволяють скласти найбільш раціональну схему виробництва, встановити граничне значення виходу продукції, витрат сировини, енергії, визначити необхідні розміри апаратури, її економічні показники, ступінь досконалості відповідних процесів. При складанні матеріальних балансів необхідно знати склад сировини, продуктів і напівпродуктів, а інколи їх деякі фізико-хімічні властивості і їх зміни в залежності від зовнішніх умов [4].

Для розрахунку матеріального балансу застосуємо пакет програм для моделювання хімічних процесів - ChemCad 5.2.0. Розроблена схема наведена на рисунку 2.1. Вхідні дані для розрахунку матеріального балансу представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вхідні параметри процесу

Рисунок 2.1 – Схема процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену

Список використаних апаратів та їх вхідні та вихідні потоки наведені у таблиці 2.2.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Список використаних апаратів

Продовження таблиці 2.2

Після збору схеми з апаратів був сформований такий список компонентів, як наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Перелік використаних речовин

Для того, щоб вірно налаштувати об'єкти у симуляторі потрібно обрати систему вимірювань СІ та задати речовини котрі будуть використовуватись у технологічному процесі.

Для того щоб обрати систему вимірювання в ChemCad потрібно на вкладці Format обрати пункт Engineering Units та обрати Common SI, як зображено на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 – Вікно Engineering Units для налаштування системи вимірювань

Щоб обрати речовини котрі необхідні для технологічного процесу потрібно перейти до пункту меню ThermoPhysical та обрати Component List. В діалоговому вікні, що зображене на рисунку 2.3 зі списку обираємо потрібні речовини вводячи їх назву, формулу або ж CAS – номер та натискаємо «ОК»

Рисунок 2.3 – Вікно Component Selection для вибору речовин

Наступним кроком є задання вхідних та вихідних потоків та розміщення потрібних апаратів, котрі знаходяться на вкладці Edit Flowsheet. Розмістивши всі апарати з'єднуємо їх між собою потоками. Задаємо термодинамічні параметри вхідних потоків (рисунок – 2.4), які визначаються двома

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрами з трьох: температурою, тиском або ж часткою пари. Також вказуємо витрату вхідних компонентів, що були розраховані вище.

Рисунок 2.4 – Вікно Edit Streams (встановлення параметри вхідних потоків)

Задавши вхідні потоки можемо переходити до завдання параметрів апаратів. Для налаштування апарату потрібно натиснути на нього подвійним клацанням миші та обрати або вписати всі необхідні параметри.

Спочатку нагріваємо етилбензен за допомогою теплообмінника Heatexchanger (2) (рисунок 2.5) до температури 136 °C щоб можна було змішати з етилбенzenом який повертається з рециклу. Змішуємо етилбензен з тим, що повертається з рециклу за допомогою змішувача Mixer (14). Далі за допомогою теплообмінника Heatexchanger (3) нагріваємо суміш до 250 °C, потім за допомогою змішувача Mixer (4) змішуємо перегрітий пар 630 °C з підігрітим етилбенzenом, щоб нагріти цю суміш до 527 °C .

Рисунок 2.5 – Вікно налаштування теплообмінника Heatexchanger (2)

Далі нагріта суміш подається на реактор Equilibrium reactor (5) (рисунок 2.6) який працює ізотермічно, на виході з реактора отримують гарячу газоподібну суміш, яка має склад стиренової маси близько 93% (на сухій основі). В налаштуваннях ставимо три реакції, також що реактор працює з паром і повинен працювати ізотермічно при температурі 610 °C

Рисунок 2.6 – Вікно налаштування реактора Equilibrium reactor (5)

За допомогою двох охолоджуючих теплообмінників Heatexchanger (6,7) суміш охолоджується до 50 °C і подається на сепаратор LLV Separator (8)

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(рисунок 2.7), де відділяється гідроген на верх та вода на низ апарату. Сепаратор працює при тиску в 5 бар та температурі 50 °С

Рисунок 2.7 – Вікно налаштування сепаратора LLV Separator (8)

Суміш яка виходить з центру сепаратора, за допомогою насоса Pump No. 2 зменшується тиск суміші до 1.5 бар і подається на дистиляційну колону Shortcut Column (12) (рисунок 2.8), де наверх відділяється бензен та талуол, а на низ стирен з етилбенzenом. Задається тиск в 1.5 бар також, легкий компонент талуол та важкий стирен.

Рисунок 2.8 – Вікно налаштування дистиляційної колони Shortcut Column (12)

За допомогою другої дистиляційної колони Shortcut Column (13) (рисунок 2.9) остаточно відділяється стирен від етилбензену. Задається тиск в 1 бар, також легкий компонент етилбензен та важкий стирен.

Рисунок 2.9 – Вікно налаштування дистиляційної колони Shortcut Column (13)

Задавши всі потрібні параметри апаратів можемо розрахувати матеріальний баланс. Щоб розрахувати матеріальний баланс потрібно обрати в рядку меню пункт Result, пункт Convergence.

Матеріальний баланс схеми, що зображена на рисунку 2.1 наведений в таблицях 2.4 – 2.8, детальний опис по всім потокам наведений в додатку А.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс реактора 5

Компонент	Вхід	Вихід
	Потік 9	Потік 10

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс LLV сепаратора 8

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс дистиляційної колони Shortcut Column (12)

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс дистиляційної колони Shortcut Column (13)

Таблиця 2.8 – Загальний матеріальний баланс процесу

Отже, як бачимо з таблиці 2.8 вхід та вихід продуктів співпадають, отже матеріальний баланс процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену розрахований вірно.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ІЗОТЕРМІЧНОГО РЕАКТОРУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ СТИРЕНУ ДЕГІДРУВАННЯМ ЕТИЛБЕНЗЕНУ

Метою даного розділу є проектування ізотермічного реактору безперервної дії у якому відбувається процес дегідрування етилбензену в стирен з побічними реакціями за допомогою інженерного програмного забезпечення MathCad

3.1 Розробка моделі реактора синтезу

Розробка математичного опису процесу дегідрування етилбензену здійснювалась шляхом використання кінетичного підходу. Попередньо встановлено, що реакція дегідрування етилбензену на залізооксидних катализаторах супроводжується побічними реакціями, що виражаються у взаємодії продуктів реакцій розкладання етилбензену, які можуть призводити до утворення бензену, толуолу, а також метану і етилену [5]. В ході виконання наукових досліджень виявлено, що модель з прийнятною точністю описує динаміку зміни концентрації основних компонентів реакції на виході з реакторного блоку: етилбензену і стирену [7].

Для опису нашого реактора використовувалась модель ідеального витіснення (РІВ). Було прийнято, що процес іде за умов поршневого просування без змішування вздовж потоку при рівномірному розподілі реакційної маси у напрямку перпендикулярному рухові. Час перебування в реакторі усіх часток однаковий і дорівнює відношенню об'єму реактора ідеального витіснення до об'ємної витрати газу або рідини [7].

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

$$\frac{dC_i}{dt} = -u \frac{dC_i}{dl} + Wr_i$$

де u – середня лінійна швидкість потоку в реакторі; l - координата довжини реактора; τ - час перебування, що у даному випадку є аналогом довжини апарату; C_i – концентрація компоненту; Wr_i - швидкість реакції.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У статичному ізотермічному режимі процес РІВ достатньо описати тільки рівнянням покомпонентного матеріального балансу

$$-u \frac{dC_i}{dl} + W r_i = 0$$

$$dC_i(0) = C_{\text{вх}}$$

Враховуючи, що $dl/u = d\tau$, систему напишемо так:

$$\frac{dC_i}{dt} = W r_i$$

Виходячи з вищевикладеного, отримана кінетична схема процесу, що описує механізм реакції утворення стирену і реакцій виділення побічних продуктів дегідрування, при створенні якої прийняті наступні допущення:

1) такі продукти реакції як бензен і етилен утворюються тільки в результаті реакції розкладання етилбензену.

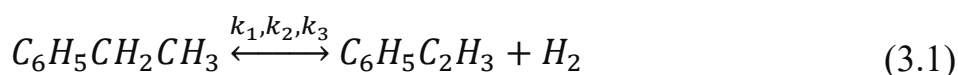
Протягом процесу дегідрування паралельні реакції відділення молекули водню від етилбензену відбувається 3 складних хімічних реакцій 1-го і 2-го порядків двох видів: мономолекулярні і бімолекулярні [6], деякі з яких є оборотними. Виходячи з цього, прийняті два додаткових допущення: [10]

2) константи швидкостей отримання компонентів мономолекулярних, а також прямих і зворотних реакцій не рівні;

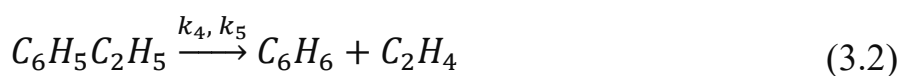
3) значення констант швидкостей отримання компонентів молекулярних реакцій, що відбуваються під час дегідрування, однакові для кожної реакції.

В результаті (згідно з прийнятими припущеннями) кінетична схема дегідрування набуде вигляду:

1. Реакція отримання стирену і водню (3.1):

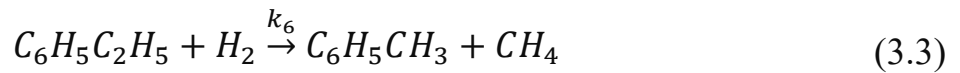


2. Реакція отримання бензену і етилену (3.2):



3. Реакція отримання толуолу і метану (3.3):

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



При розробці математичної моделі процесу додатково прийнятий наступний ряд припущень: [10]

1) Температурний режим роботи реактора вважається постійним і дорівнює 560 °С.

2) Зміна активності каталітичної системи протягом процесу не враховується.

3) Значення констант швидкостей всіх реакцій вважаються постійними.

Таким чином, використовуючи складену кінетичну схему, отримуємо математичний опис процесу виробництва стирену для кожного ступеня реакторного блоку. Опис є теоретично обґрунтованою нестационарною кінетичною моделлю [7] і являє собою систему диференціальних рівнянь, що описують динаміку зміни концентрацій етилбензену і продуктів реакції протягом часу протікання процесу:

Спочатку виконаємо заміну хімічних сполук умовними позначеннями (Таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 Умовні позначення сполук

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\left\{ \begin{array}{l} W_A = \frac{dC_A}{dt} = -\frac{k_3}{k_p} C_A C_C + k_1 C_B \\ W_B = \frac{dC_B}{dt} = \frac{k_3}{k_p} C_A C_C - k_1 C_B - k_2 C_B - k_4 C_B - k_5 C_B \\ W_C = \frac{dC_C}{dt} = -\frac{k_3}{k_p} C_A C_C + k_2 C_B - k_6 C_B C_C \\ W_D = \frac{dC_D}{dt} = k_4 C_B \\ W_E = \frac{dC_E}{dt} = k_5 C_B \\ W_F = \frac{dC_F}{dt} = k_6 C_B C_C \\ W_G = \frac{dC_G}{dt} = k_6 C_B C_C \end{array} \right. \quad (3.4)$$

Нижче в таблиці 3.2 наведені значення констант швидкості реакції. При $t=0$, на вході реактора концентрації компонентів будуть дорівнювати: [10]

$$C_A(0) = 0; C_B(0) = 0.998;$$

$$C_C(0) = C_D(0) = 0.001;$$

$$C_E(0) = C_F(0) = C_G(0) = 0,$$

Константа рівноваги розраховується для конкретного значення температури реакції за такою залежністю: [10]

$$k_p = 16.72 \cdot e^{\left(-\frac{15.35}{T}\right)},$$

де T - температура в реакторі дегідрування, °К. При $T = 560$ °С,
 $k_p = 16.415 \text{ c}^{-1}$

Таблиця 3.2 – Значення констант швидкості реакції

Для того, щоб розв'язати систему диференційних рівнянь (3.4) використаємо математичний пакет програми MathCad 15 та метод Рунге-Кутта.

Результати моделювання процесу дегідрування етилбензену представлені на рисунку 3.1.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 - Залежність концентрацій етилбензену та стирену від часу
На графіку можемо спостерігати, що концентрація стирену та етилбензену майже не змінюється при $t=21c$. Вирішення даної моделі в програмному додатку MathCad наведено в Додатку Б.

3.2 Програмний модуль для розрахунку математичної моделі процесу окислення метанолу

За допомогою програмного середовища Visual Studio 2017 на мові програмування C#, було розроблено програмний модуль для розрахунку математичної моделі дегідрування етилбензену в стирен в ізотермічному реакторі. Даний програмний модуль містить в собі дві частини розрахунку: для даного дипломного проєкту та універсальний для ізотермічного РІВ.

Обчислювальний модуль складається з таких елементів:

1. Файли форм – Form1.Designer.cs, Instruction.Designer.cs, About.Designer.cs;
2. Файл проєкту - Form1.cs.
3. Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Основні елементи програмного модуля

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Розроблений програмний модуль містить в собі наступні обробники подій, що представлені в таблиці 3.4:

Таблиця 3.4 – Обробники подій обчислювального модуля

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний програмний модуль використовується для розрахунку математичної моделі процесу дегідрування етилбензену ізотермічного РІВ.

3.3 Інструкція користувача програмного продукту

Дана програма розроблена для розрахунку математичної моделі ізотермічного реактору процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену.

Графічний інтерфейс програми містить в собі вікно, кнопки керування, вкладки, панель меню та інші елементи. Головне вікно програми наведено на рисунку 3.2. При запуску в програмі вже містяться введенні тестові дані.

Рисунок 3.2 – Головне вікно програми

Головне вікно програми складається з двох вкладок. Перша вкладка представлена блоками. В першому блоці наведено реакції утворення стирену. Другий блок містить в собі комірки для введення початкових концентрацій компонентів, третій блок містить комірки для введення коефіцієнтів швидкості реакції, четвертий представлений для введення початкового та кінцевого часу реакції та кроку для розв'язання математичної моделі.

Для того щоб розв'язати математичну модель потрібно ввести у всі поля для введення концентрації компонентів, коефіцієнти швидкості реакції, час та натиснути кнопку «Розрахувати», що знаходиться зліва. Якщо хоча б один елемент не буде введений не вірно або взагалі не введений програма повідомить це за допомогою вікна «Помилка», що зображений на рисунку 3.3

Рисунок 3.3 – Вікно «Помилка»

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку відображаються у вигляді таблиці зміни концентрацій від часу реакції та графіку. Таблиця зміни знаходиться праворуч зверху та зображена, а графік залежності зміни концентрації від часу знаходиться знизу праворуч. Результати розрахунку математичної моделі реактору представлені на рисунку 3.4.

Рисунок 3.4 – Результати розрахунку математичної моделі реактору

На графіку якщо концентрації речовин занадто малі в порівнянні з головними речовинами і не видно, можна приховати, а потім знову відобразити (Рисунок 3.5). Для прикладу на рисунку 3,5 було приховано відображення кривої концентрації А та В.

Рисунок 3.5 – Зміна відображення кривих на графіку

Також в програмі передбачена панель інструментів з вкладками «Меню» та «Довідка». При натисканні на вкладку «Меню» з'являється ті ж самі функції, що були вже описані, вони виконують ідентичні функції (рис.3.6).

Рисунок 3.6 – Вкладка «Меню» панелі інструментів

При натисканні на вкладку «Довідка», що показано на рисунку 3.7 з'являється меню, в якому присутня «Інструкція» та інформація про програму («Про програму»).

Рисунок 3.7 – Вкладка «Довідка» панелі інструментів

Щоб дізнатися як користуватися програмою та який метод розрахунку вона використовує потрібно відкрити інструкцію користувача. Для цього потрібно натиснути на вкладку «Довідка» та обрати пункт «Інструкція», що зображена на рисунку 3.8.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Рисунок 3.8 – Інструкція користувача

Для того щоб отримати детальну інформацію про розробника програми потрібно відкрити інформацію про програму, натиснути на вкладку «Довідка» та обрати пункт «Про програму», що зображена на рисунку 3.9.

Рисунок 3.9– Про програму

Також було розроблено універсальне введення хімічних реакцій для моделювання будь-яких ізотермічних реакторів. (Рисунок 3.10)

Рисунок 3.10– Універсальне введення хімічних реакцій

На попередньому рисунку відображена робота тестового прикладу, а саме дегідрування етилбензену в стирен.

Передбачені обробники можливих помилок, наприклад, намагання додати рівняння до системи рівнянь без веденої концентрації (рисунок 3.11)

Рисунок 3.11 – Вікно «Помилка»

Також якщо введенні в систему всі рівняння система відобразить помилку (рисунок 3.12).

Рисунок 3.12 – Вікно «Помилка»

Якщо користувач намагається додати дві константи рівноваги підряд відобразиться помилка (рисунок 3.13).

Рисунок 3.13 – Вікно «Помилка»

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

За результатами розробленого програмного модуля у середовищі програмування Visual Studio 2017 на мові С# було виконано розрахунок ізотермічного реактору процесу отримання стирену дегідруванням етилбензену. Лістинг коду програми наведено в Додатку В.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СТИРЕНУ

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Автоматизація виробництва — застосування технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, що вивільняють людину від функцій управління й залишають за людиною функції контролю та прийняття рішень. Автоматизація сприяє загальному технологічному прогресу суспільства й полягає у створенні можливостей для поліпшення умов і продуктивності праці, зростання якості продукції і, як результат, — підвищенню конкурентноспроможності продукції на ринку [9].

Автоматичний контроль та керування технологічним процесом відіграє важливу роль в виробництві стирену. Даний процес є дуже складним та чутливим, оскільки під час виробництва використовують вибухонебезпечні та токсичні речовини, високі температури та відбуваються перепади тиску. Тому для забезпечення безпеки для людини, сприянню вироблення продукції високої якості слід знизити вплив людини на хід процесу [10].

Отже, основною метою даного розділу є розробка схеми автоматизації та вибір приладів і засобів автоматизації, котрі будуть забезпечувати ефективне проходження технологічного процесу.

Метою даного процесу є отримання кінцевого продукту – стирену заданої кількості. Основним апаратом в якому утворюється стирен є каталітичний реактор. Тому для отримання якісного та максимального виходу продукту потрібно встановити такі контури:

- контур контролю температури вхідної суміші;
- контур регулювання витрати гріючої пари в реакторі;
- контур контролю тиску.

Згідно аналізу технологічної схеми для ефективного виробництва потрібно запровадити такі додаткові контури регулювання та контролю:

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витрати етилбензену, перегрітої пари; температуру в реакторі, теплообмінниках, ректифікаційних колонах; тиск у реакторі, ректифікаційних колонах та в сеператорі; концентрації стирену та етилбензену в робочій зоні; контури сигналізації.

4.2 Визначення параметрів автоматизації

Для безпечної роботи виробництва, підтримання робочих параметрів, отримання цільового продукту і попередження аварійної ситуації було визначено параметри регулювання, контролю та сигналізації котрі наведені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та керування процесом

Продовження таблиці 4.1

На основі наведених даних у таблиці 4.1 було розроблено схему автоматизації процесу виробництва стирену шляхом дегідрування етилбензену. Для даної схеми підібрані необхідні технічні засоби з інтернет ресурсів та каталогів [17-25]. (первинні та вторинні прилади, перетворювачі, регулятори, виконавчі механізми тощо). Обрані засоби автоматизації представлені в специфікації, яка наведена в додатку В.

4.3 Опис схеми автоматизації

Контроль та регулювання витрати. Для контролю та регулюванню витрати використовується звужуючий паристій діафрагма камера ДКС 0,6 – 65 (поз.1-1) з діаметром умовного проходу 65 мм, ДКС 0,6 – 100 (поз.2-1, 5-1) з діаметром умовного проходу 100 мм, ДКС 0,6 – 150 (поз.3-1, 4-1). Сигнал з діафрагми поступає на дифманометр безшкальний ДМ-3583М (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2), вимірявши перепад тиску, передає свій вихідний сигнал на прилад контролю, реєстрування та регулювання ПІД - регулятор ТРМ10 (поз. 1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3). Регулятор видає регулюючий вплив на виконавчий механізм - клапан електричний типу МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 1-4).

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль та регулювання тиску. Для контролю тиску було вибрано високотемпературний перетворювач тиску DPT -950 (поз. 6-1, 7-1), з межами вимірювань від 0 до 25МПа. Для вимірювання тиску в контурах 8-1, 9-1 було обрано перетворювач тиску VEGABAR 51. Під дією тиску на мембрану і рідину, що знаходиться в чутливому елементі відбувається зміна, яка обробляється електронікою і перетворюється у вихідний сигнал.

Сигнал з датчиків тиску поступає до показуючого та сигналізуючого приладу П-регулятор (поз. 6-2, 7-2, 8-2, 9-2) марки ТРМ1, що відображає вимірюваний тиск, лампи НЛ1 та НЛ2 марки ЛС – 47М сигналізують про низький або високий тиск.

Контроль та регулювання температури. Для контурів 10-1, 12-1, 14-1, 15-1, 16-1 в якості вимірювальних приладів температури обрано термоперетворювачі опору марки ТСП – 1187 з діапазоном вимірювання температури від -200 °С до 500 °С, що призначені для вимірювання температури у рідких, вибухонебезпечних і газоподібних середовищах шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Для контурів 11-1, 13-1 в якості вимірювальних приладів температури обрано термоперетворювачі опору марки 0192Т з діапазоном вимірювання температури від -40 °С до 1000 °С. Отриманий сигнал з термоперетворювача опору передається на електричний ПД-регулятора марки ТРМ10 (поз. 10-2, 11-2, 12-2, 13-2, 14-2, 16-2) з вхідним сигналом 4 – 20 мА, котрий відображає виміряну температуру і видає регулюючий вплив на виконавчий механізм МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 10-3, 11-3, 12-3, 13-3, 14-3, 16-3)

Контроль рівня. Для контролю та сигналізації рівня в ректифікаційних колонах встановлені комплекти САУ-М6, котрі містять в собі кондуктометричні датчики (поз. 17-1, 18-1), електричний регулятор (поз. 17-2, 18-2) та сигналізатори верхнього рівня НЛ – 3 та НЛ – 4.

Контроль та регулювання концентрації. Для контролю значення конценентрації стирену використовується аналізатор рідин АЖК – 3101К, що

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складається з первинного перетворювача (поз. 19-1) та реєструючого приладу (поз. 19-2).

Для контролю та сигналізації концентрації стирену та етилбензену на виробництві встановлені системи контролю загазованості типу MSMR-16. Станція MSMR-16 призначена для моніторингу та реєстрації концентрації газів і парів горючих, токсичних рідин. Система складається з виносних датчиків MGX-70 (поз. 20-1, 21-1), реєстратора (поз. 20-2, 21-2) та сигналізатора котрий вмикається якщо концентрація перевищила норму HL - 4, HL - 5.

Розроблена схема автоматизації забезпечує ведення процесу виробництва стирену відповідно до технічного регламенту.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Головною метою даного розділу є розрахунок техніко – економічних показників, котрі характеризують доцільність автоматизації процесу з виробництва стирену шляхом дегідрування етилбензену за рахунок використання програмного модуля та оптимізації апаратів.

5.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Класифікаційні ознаки підприємства:

- за формою власності – приватне;
- за організаційно-правовою формою – товариство з обмеженою відповідальністю;
- за власником – юридична особа;
- за масштабом виробництва – одиничне;
- за структурою виробництва – вузькоспеціалізовані;
- за ресурсами що споживаються – матеріаломісткі;
- за потужністю – велике;
- за випуском продукції – велике;
- за режимом роботи – позасезонне;
- за призначенням продукції – промислового призначення;
- сфера діяльності – виробництво стирену.

Мета діяльності: задоволення потреб хімічних підприємств, що використовують стирен у якості сировини, для виготовлення інших продуктів і як наслідок отримання прибутку.

Вид економічної діяльності підприємства: 20.16 | Виробництво пластмас у первинних формах.

5.2 Організаційна структура цеху

Розглянемо організаційну структуру цеху виробництва стирену зображена на рисунку 5.1.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 5.1 - Схема організаційної структура цеху

5.3 Класифікація виробничих процесів

Виробничий процес – об'єднання основних, допоміжних і підсобних процесів у просторі і часі [26].

Основні:

- Завантаження сировини в апарати;
- Налаштування обладнання;
- Вхідний та вихідний контроль якості;
- Підготовка обладнання;
- Відвантаження готової продукції.

Допоміжні:

- Огляд та ремонт обладнання;
- Проміжний контроль якості.

Підсобні:

- Прибирання приміщення;
- Забезпечення деталями для ремонту обладнання.

Побічні:

- Утилізація відходів.

5.4 Види руху предметів праці

Види руху предметів праці (ВРПП) – порядок проходження предметів праці (сировини, матеріалів) через всі стадії виробничого циклу [26].

Виділимо 8 найголовніших операцій (табл. 5.1). Кожна з них триває певний час, а цикл триває 120 хвилин.

Таблиця 5.1 Тривалість стадій

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послідовний рух предметів праці, це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується (рис.5.2) [11].

Так як тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП розраховується за формулою [26]:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i$$

де B - кількість виробленої продукції; t_i - тривалість i -ої операції, хв;
 N - кількість операцій.

Рисунок 5.2 – Послідовний ВРПП

Тривалість обробки:

$$t_i = 5 + 10 + 10 + 30 + 20 + 15 + 25 + 5 = 120 \text{ хв.}$$

Час зміни становить 8 годин ($t_{\text{зм}} = 8 \text{ год}$).

Розрахуємо кількість одиничних циклів, що відбувається при послідовному ВРПП:

$$n(5 + 10 + 10 + 30 + 20 + 15 + 25 + 5) \leq (8 \cdot 60)$$

$$n = 4$$

Отже, за зміну виконується 4 цикли.

Тоді тривалість виробничого циклу за зміну буде:

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = (5 + 10 + 10 + 30 + 20 + 15 + 25 + 5) \cdot 4 = 480 \text{ хв}$$

Кількість обладнання: $N_{\text{обл}} = 8 \text{ од.}$

При послідовному ВРПП цеху за 480 хв зможе здійснити 4 цикла, використовуючи 8 одиниць обладнання та одну людину.

Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії (рис.5.3) [24].

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При паралельному ВРПП тривалість виробничого циклу обчислюється за такою формулою [26] :

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^N t_i + (B - 1)t_{\text{max}}$$

де t_{max} – тривалість найдовшої операції.

Рисунок 5.3 – Паралельний ВРПП

Розрахуємо кількість одиничних циклів за зміну, що відбувається при паралельному ВРПП:

$$n = \frac{(T_{\text{вц}}^{\text{пар}} - \sum_{i=1}^N t_i)}{t_{\text{max}}} + 1 = \frac{(480 - 120)}{30} + 1 = 13$$

Отже, за зміну обслуговується 13 циклів.

Тоді, фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (5 + 10 + 10 + 30 + 20 + 15 + 25 + 5) + (13 - 1) \cdot 30 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при паралельному ВРПП цех за 480 хвилин зможе виконати 13 циклів, використавши 8 одиниць обладнання, при чисельності персоналу 8 осіб.

Синхронізований вид руху предметів праці – окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – це проміжок часу між запуском у виробництво 2-ох одиничних виробів на будь-якій операції (рис.5.4) [26].

Для синхронізованого ВРПП тривалість виробничого циклу рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^m t_i + (B - 1)R$$

де R – ритм (для нашого цеху візьмемо 20 хвилин).

Рисунок 5.4 – Синхронізований ВРПП

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість партій, яку можливо виготовити за одну зміну при синхронізованому ВРПП [26]:

$$n = \frac{(T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} - \sum_{i=1}^m t_i)}{R} + 1 = \frac{(480 - 120)}{20} + 1 = 19$$

Тоді, тривалість виробничого циклу при синхронізованому ВРПП буде рівна:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (5 + 10 + 10 + 30 + 20 + 15 + 25 + 5) + (19 - 1) \cdot 20 = 480 \text{ хв}$$

Отже, при синхронізованому ВРПП цеху за 480 хвилин зможе виготовити 19 партій стирену, використовуючи 10 одиниць обладнання, при чисельності персоналу 8 осіб.

Проаналізувавши всі ВРПП, можемо зробити висновок, що кращим буде синхронізований. Так як при послідовному та паралельному виготовляється менше партій стирену при майже однаковій кількості обладнання в порівнянні з синхронізованим ВРПП, яке є дуже дорогим. При синхронізованому ВРПП випуск продукції є оптимальним, використовується достатня кількість людей та обладнання.

Розрахуємо випуск продукції за рік. За робочий день цеху виробляється 19 партій по 18 600 кг стирену, цех працює 250 днів на рік. Таким чином, в середньому, за рік цех виготовляє:

$$V = n \cdot D_p = 250 \cdot 18\,600 \cdot 19 = 88\,350\,000 \text{ кг} = 88\,350 \text{ т.}$$

Отже, при даному синхронізованому ВРПП кількість виготовленого стирену є 88 350 т, що є достатньою для ринку.

5.5 Кількість одиниць обладнання і робітників

Кількість обладнання, яке використовується на виробництві визначаємо за допомогою схеми оптимального руху предметів праці, яка наведена на таблиці 5.1.

Таблиця 5.2 Кількість обладнання

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо чисельність персоналу явочну і за списком. Чисельність персоналу наведено в таблиці 5.3 .

Цех працює 250 днів на рік в 1 зміну по 8 годин.

Таблиця 5.3 Персонал цеху

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot K_{перерах}$$

$$K_{перерах} = \frac{T_{підп}^{рік}}{T_{прац}^{рік}}$$

$T_{підп}^{рік}$ - річний фонд часу роботи цеху в годинах;

$T_{прац}^{рік}$ - річний час роботи цеху з урахуванням вихідних, святкових днів, відпусток.

Явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу (директор цеху, бухгалтер, менеджер з постачання, головний інженер, головний технолог, прибиральник) $Ч_{яв} = 6$, решта відноситься до робочого персоналу $Ч_{яв} = 12$

$$T_{підп}^{рік} = 250 \cdot 8 = 2000 \frac{\text{год}}{\text{рік}};$$

$$T_{прац}^{рік} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 + (T_{св}^*) \cdot 1 = 2015 \frac{\text{год}}{\text{рік}};$$

$$K_{перерах} = \frac{2000}{2015} = 0,99 \approx 1$$

Розраховуємо чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{сп} = 18 \cdot 1 = 18 \text{ особи}$$

Отже для роботи виробництва потрібна 1 робоча бригада та адміністративно-управлінський персонал, які будуть працювати в денну зміну з понеділка по п'ятницю.

5.6 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції, що випускається вимогам

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Об'єкт контролю цеху являється сировина та обладнання, а суб'єктами – директором, головний технолог, лаборант, технолог, начальник зміни [26].

Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль - це перевірка якості сировини на відповідність фізико-хімічним параметрам, що надходить на підприємство. Даний контроль проводиться лаборантом. Перевіряється вхідний етилбензен на наявність домішок та відповідність якості. Контроль проводиться відразу після поставки сировини. Результати досліджень записуються лаборантами до спеціального журналу вхідного контролю [26].

Проміжний контроль – проводиться під час виробничого процесу стирену. Даний контроль направлений на виявлення порушення нормального ходу виробничого процесу, виявлення несправностей та запобігти появі браку. Об'єктами є обладнання, прилади, технологічний персонал. Суб'єктами виступають інженери - технолог, начальник зміни. Начальник зміни заповнює журнал проміжного контролю [26].

Вихідний контроль (контроль готової продукції) – це перевірка якості стирену на відповідність таким параметрам як вигляд, хімічний склад, наявність домішок. Даний контроль виконується лаборантом. Результати контролю записуються лаборантами до журналу вихідного контролю. На підставі вихідного контролю створюється паспорт якості продукції, який підписується головним технологом та директором [26].

5.7 Розрахунок оборотних фондів

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які у розпорядженні цеху, використовуються в процесі виготовлення продукції і повертаються цехом в ході продажу. До оборотних засобів відносять: сировина, електроенергія, водопостачання, опалення, ФОП [26].

Розрахуємо вартість електроенергії.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок електроенергії розраховуємо за нерегульованим тарифом. Потужність обладнання складає $N = 740$ кВт/год. Середня ціна на електроенергію складає 2,5 грн кВт/год.

Витрати на електроенергію протягом року:

$$Z_{e/e} = 8 \cdot 740 \cdot 250 \cdot 2,5 = 3\,700\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Витрати на опалення. Загальна площа 1800 м^2 , тарифна ставка на опалення 42,73 грн/ м^2 , сезон опалення триває 6 місяців:

$$Z_{\text{опал}} = 1800 \cdot 42,73 \cdot 6 = 461\,484 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Вартість сировини наведена в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 Вартість сировини

Заробітна плата працівників наведена в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 Заробітна плата працівників

Вартість оборотних фондів наведена в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 Вартість оборотних фондів.

Розраховуємо баланс споживання оборотних фондів (табл.5.8).

Таблиця 5.8 Баланс оборотних фондів

5.8 Розрахунок основних засобів цеху

Основні засоби – це засоби праці, які багаторазово приймають участь в процесі виробництва зі збереженням своєї матеріальної форми [24].

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди;
- машини і обладнання;
- транспорт;

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виробничий і господарський інвентар;
- нематеріальні активи.

Вартість основних засобів наведені у таблиці 5.9:

Таблиця 5.9 Основні засоби

Продовження таблиці 5.9

Амортизаційні відрахування:

- 1) Амортизація будівлі $T_{\text{експ}} = 20$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{900\,000}{20} = 45\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 2) Амортизація обладнання $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{5\,550\,000}{5} = 1\,110\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 3) Амортизація меблів $T_{\text{експ}} = 4$ років:

$$A_{\text{мбл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{200\,000}{4} = 50\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 4) Амортизація інвентарю $T_{\text{експ}} = 4$ років:

$$A_{\text{інв}} = \frac{V_{\text{інв}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{50\,000}{4} = 12\,500 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 5) Амортизація нематеріальних активів $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{акт}} = \frac{V_{\text{акт}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{300\,000}{5} = 60\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 6) Амортизація внутрішньо-цехового транспорту $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{акт}} = \frac{V_{\text{тр}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{300\,000}{5} = 60\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{мбл}} + A_{\text{інв}} + A_{\text{акт}} + A_{\text{трн}} = 45\,000 + 1\,110\,000 + 50\,000 + 60\,000 + 60\,000 + 12\,500 = 1\,337\,500 \text{ грн/рік.}$$

Сукупність витрат по виробництву наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 Прямі витрати по виробництву

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість непрямих складає 20% від прямих, отже $V_n = 4\,096\,753\,623,2 \cdot 0,2 = 819\,350\,724,64$ грн/рік

5.9 Техніко-економічні показники цеху

Річний випуск продукції:

$$V = 88\,350 \text{ т/рік}$$

Чисельність персоналу (Ч):

$$Ч = 18$$

Собівартість продукції:

$$\begin{aligned} C &= \text{ОбФ} + A + \text{ФОП} + V_n = 4\,096\,753\,623,2 + 819\,350\,724,64 = \\ &= 4\,916\,104\,347,84 \text{ грн/рік} \end{aligned}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{одн}} = \frac{4\,916\,104\,347,84}{88\,350} = 55\,643,51 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Запланована ринкова ціна одного замовлення:

$$Ц = 70\,500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Прибуток за рік:

$$П = Ц - C = 88\,350 \cdot 70\,500 - 4\,916\,104\,347,84 = 1\,312\,570\,652 \text{ грн/рік}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОбФ} + \text{ОФ} = 4\,092\,634\,523,2 + 7\,300\,000 = 4\,099\,934\,523 \text{ грн.}$$

Рентабельність цеху:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100\% = \frac{1\,312\,570\,652}{4\,099\,934\,523} \cdot 100\% = 26,7\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$E = \frac{П}{K} = \frac{1\,312\,570\,652}{4\,099\,934\,523} = 0,32$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,32} = 3,12 \text{ років}$$

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фондовіддача:

$$\Phi В = \frac{В}{ОФ} = \frac{6\,228\,675\,000}{7\,300\,000} = 721,12 \text{ грн. прод./грн. ОЗ}$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{€} = \frac{1}{\Phi В} = \frac{1}{721,12} = 0,0014$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{ОФ}{Ч} = \frac{7\,300\,000}{18} = 479\,861,11 \text{ грн./особу}$$

З отриманих результатів можна зробити висновок, що цех є вигідним, оскільки має термін повернення капіталовкладень 3,12 років. Розрахуємо цех з урахуванням автоматизації та порівняємо.

5.10 Розрахунок цеху з урахування автоматизації

Під час виконання дипломного проєкту був розроблений програмний модуль, який має на меті розрахунок та моделювання процесу отримання стирену шляхом дегідрування етилбензену. Також була проведена автоматизація виробництва, що має на меті зниження витрат енергії за рахунок оптимізації апаратів та зменшення витрати сировини на 5-10%. Отже, при застосуванні вище перерахованих комплексів, можна скоротити чисельність персоналу знизити витрату електроенергії, що відобразиться на техніко-економічних показниках. Розрахуємо техніко-економічні показники виробництва при використанні програмного модуля та контурів автоматизації на виробництві.

Автоматизація виробництва дає змогу зменшити витрату сировини, розрахуємо витрату та вартість сировини після автоматизації (табл.5.11)

Таблиця 5.11 Вартість сировини

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перерахуємо кількість працівників котрі працюють на автоматизованому виробництві (табл.5.12).

Таблиця 5.12 Заробітна плата працівників

Продовження таблиці 5.12

Чисельність за списком складає 13 чоловік. Явочна кількість адміністративно-управлінського персоналу $Ч_{\text{яв}} = 7$, робочого персоналу $Ч_{\text{яв}} = 6$. Програміст входить в управлінський персонал, а оператор входить до робочого персоналу.

Розрахунок електроенергії розраховуємо за нерегульованим тарифом. Потужність обладнання складає $N = 540$ кВт/год. Середня ціна на електроенергію складає 2,5 грн кВт/год.

Витрати на електроенергію протягом року:

$$Z_{e/e} = 8 \cdot 540 \cdot 250 \cdot 2,5 = 2\,700\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Так як в цеху використовується програмний модуль, потрібно врахувати його та комп'ютери в вартість ОФ. Розробимо калькуляцію на ПЗ (табл.5.13).

Таблиця 5.13 Калькуляція на ПЗ

Перерахуємо вартість основних фондів ОФ = 5 600 000 + 260 000 = 5 920 000 грн.

Термін експлуатації складає 10 років, отже амортизація складає:

$$A_{\text{мод}} = \frac{V_{\text{тр}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{320\,000}{10} = 32\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

Амортизація складає: $A = A_{\text{заг}} + A_{\text{авт}} = 997\,500 + 32\,000 = 1\,029\,500$ грн/рік.

Таблиця 5.14 Витрати по виробництву

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість непрямих складає 20% від прямих, отже $V_n = 3\,890\,067\,359,28 \cdot 0,2 = 778\,013\,471,86$ грн

5.11 Техніко-економічні показники цеху

Річний випуск продукції:

$$V = 88\,350 \text{ т/рік}$$

Чисельність персоналу (Ч):

$$Ч = 13$$

Собівартість продукції:

$$C = \text{ОбФ} + A + \text{ФОП} + V_n = 3\,890\,067\,359,28 + 778\,013\,471,86 = 4\,668\,080\,831,14 \text{ грн/рік}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{одн}} = \frac{4\,668\,080\,831,14}{77\,004} = 52\,836,23 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Запланована ринкова ціна одного замовлення:

$$Ц = 70\,500 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Прибуток за рік:

$$\Pi = Ц - C = 77\,004 \cdot 70\,500 - 4\,668\,080\,831,14 = 1\,560\,594\,169 \text{ грн/рік}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОбФ} + \text{ОФ} = 3\,886\,487\,219,28 + 7\,620\,000 = 3\,894\,107\,219,28 \text{ грн.}$$

Рентабельність цеху:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\% = \frac{1\,560\,594\,169}{4\,668\,080\,831,14} \cdot 100\% = 33,43\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{1\,560\,594\,169}{3\,894\,107\,219,28} = 0,4$$

Період повернення капіталовкладень:

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ років}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B}{O\Phi} = \frac{6\,228\,675\,000}{7\,620\,000} = 817,41 \text{ грн. прод./грн. ОЗ}$$

Фондоємність:

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{817,41} = 0,0012$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр.}} = \frac{O\Phi}{\text{Ч}} = \frac{7\,620\,000}{13} = 586\,153,85 \text{ грн./особу}$$

Порівняння техніко – економічних показників звичайного виробництва та автоматизованого виробництва приведені у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Порівняння техніко-економічних показників

З розрахунків котрі наведені в таблиці 5.15 можемо зробити висновок, що автоматизоване виробництво з використанням програмного модуля є ефективнішим, ніж не автоматизоване. Внаслідок автоматизації рентабельність цеху збільшилась та становить 33,43 %, період повернення капіталовкладень зменшився та складає 2,5 роки, чисельність персоналу зменшилась на 5 чоловік, коефіцієнт економічної ефективності також збільшився до 0,4.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному дипломному проєкті розглядається виробництво стирену дегідратацією етилбензену. Даний процес передбачає використання шкідливих, пожежо- та вибухонебезпечних речовин, електроенергії, теплової та механічної енергії. Усі технічні рішення у даному проєкті було прийнято з урахуванням усіх вимог охорони праці та пожежної безпеки.

В даному розділі проведено аналіз шкідливих та небезпечних факторів виробництва стирену та розроблено заходи, направлені на створення безпечних умов праці та пожежної безпеки.

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проєктується. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються в приміщенні цеху відносяться до категорії Па. У таблиці 6.1 приведено санітарні норми параметрів мікроклімату в цеху виробництва стирену [27].

Таблиця 6.1 - Санітарні норми параметрів мікроклімату

З метою забезпечення санітарних вимог передбачено наступні заходи: раціональне планування виробничих приміщень, оптимальне розміщення устаткування (з тепло-, холодо- та вологовиділеннями), теплоізоляція устаткувань, комунікації. Для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається: автоматизація, механізація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням.

Контроль температури проводиться за допомогою використання електронних та спиртових термометрів, відносну вологість за допомогою гігрометрів, швидкість руху повітря за допомогою анемометрів [28].

Для запобігання утворенню вибухонебезпечних сумішей у цеху передбачено вентиляцію наступних видів: загальнообмінна (підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення), припливна (подає чисте повітря), аварійна (видаляє з зони цеху шкідливі речовини під час виникнення аварії) [28].

Оскільки в ході виробництва в обігу є токсичні та шкідливі речовини, для запобігання отруєнь для працівників передбачено засоби індивідуального захисту, а саме: спецодяг, гумові рукавиці та взуття, захисні окуляри, маски фільтрувальні марки FFP2 та FFP3.

В таблиці 6.2 наведено коротку санітарну характеристику цеху, що проєктується.

аблиця 6.2 - Коротка санітарна характеристика цеху

Продовження таблиці 6.2

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

6.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до VIII - б розряду [29].

Для освітлення цеху проєктом передбачено використання таких видів освітлення: природнього, штучного та суміщеного освітлення. У денний час передбачено використання комбінованого природнього освітлення, тобто поєднання бокового та верхнього освітлення. Штучне освітлення здійснюється за допомогою рівномірного розташування світильників у верхній зоні цеху [29].

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 6.3 наведено санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 6.3. Норми освітленості і КПО цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Проведемо розрахунок штучного освітлення, що забезпечують нормований рівень освітленості для операторського приміщення площею 20 м², ширина - 5 м, довжина – 5 м, висота – 3м.

Для розрахунку використаємо метод світлового потоку.

Світловий потік лампи світильника, визначається за формулою 6.1:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\eta} \quad (6.1)$$

де, $E = 300$ Лк - нормована освітленість, лк; S – площа приміщення, що освітлюється, м²; $K_3 = 1,5$ – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\rho_{ст} = 50\%$ і $\rho_{стелі} = 50\%$.

Індекс приміщення:

$$I = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (6.2)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м; h – висота підвісу.

$$I = \frac{5 \cdot 5}{1 \cdot (5 + 5)} = \frac{25}{10} = 2,5 \quad (6.3)$$

Знаючи індекс приміщення можемо знайти коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,64$

Підставляємо значення в формулу 6.1:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\eta} = \frac{3000 \cdot 25 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,64} = 19335 \text{ Лм}$$

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Для освітлення приміщення виберемо люмінесцентні лампи білого кольору ЛБ – 30, котрі забезпечують світловий потік 2180 Лм .

Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою 6.4:

$$N = \frac{F}{F_{л}} = \frac{19335}{3120} = 6 \quad (6.4)$$

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

Отже, в приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен з світильників комплектується двома лампами, тому потрібно використовувати три світильники із двома працюючими лампами.

Також передбачено використання аварійного та евакуаційного освітлення. Аварійне освітлення вмикається при будь – яких аварійних ситуаціях та при відмові робочого освітлення. Мінімальна освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні складає 5% від нормованої освітленості робочого освітлення [29].

Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках — не менше 0,2 лк [29].

Для оцінки освітленості у виробничих приміщеннях передбачено використання фотоелектричного люксметра Testo 540 раз на півріччя та після ремонту світильників.

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

Шум та вібрацію у цеху створюють наступні механізми: вентилятори, електродвигуни, компресори, насоси та інші.

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99, у виробничих приміщеннях прийнято, норму рівня звуку, яка не повинна перевищувати 80 дБА. Згідно з ДСН 3.3.6.039-9,9 допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1 – го ступеня шкідливості – до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості - до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2 – го ступеня

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

шкідливості по вібраці. Фактичний рівень звуку становить 50 дБА, що відповідає вимогам [30].

Для зменшення рівня шуму на виробництві передбачається використання перегородок, встановлення звукоізоляційних перегородок: екранів, кожухів, кабін, балансування, демпфірування вібрації деталей.

Для звукоізоляції особливо шумних ділянок використовуються спеціальні звукоізоляційні легкі багат шарові перегородки з повітряними прошарками, глушники шуму, що встановлюються на повітроводах. Для зменшення вібрації використовуються амортизатори, що виготовлені з сталевих пружин, що встановлюються під вібруюче устаткування [30].

Для індивідуального захисту від шуму передбачено використання протишумових вкладишів або багаторазових берушів, віброзахисне взуття та рукавиці.

В проєктованому цеху для вимірювання шуму та вібрацій використовують шумомір-віброметр ВШВ-003.

6.1.4 Електробезпека

Під час роботи в цеху з виробництва стирену можливі ураження електричним струмом. Найнебезпечнішими ділянками є установки, та як вони являються струмопровідними. Причинами ураженням електричним струмом може бути: знехтування правилами охорони праці, дотик до механізмів, деталей, що під напругою, пошкодження ізоляції та інші .

Для зниження потенціалу статичної електрики передбачається заземлення всіх металевих частин обладнання, де можлива електризація, провідники, які можуть заряджатися по індукції [32].

Електричне устаткування проєктованого виробництва живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220В з глухозаземленою нейтраллю. Відповідно до ГОСТ 12.1.038–92 гранично допустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі $I_{\text{л}}$

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

= 6 мА, $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$, а при нормальному режимі роботи електричного обладнання $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}$.

Порівняємо розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму.

Сила струму, що проходить через людину:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА} \quad (6.10)$$

де, $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$ – фазова напруга, $R_{\text{л}} = 4000 \text{ кОм}$ – загальний опір тіла людини, $R_0 = 4 \text{ Ом}$ – опір робочого заземлення нейтралі:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{4000 + 4} = 0,05 \text{ мА} \quad (6.11)$$

Формула напруга дотику:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \text{ В} \quad (6.12)$$

$$U_{\text{д}} = 0,05 \cdot 4000 = 220 \text{ В} \quad (6.13)$$

Отже, при порушенні вимог ПУЕ на виробництві можливі електротравми.

Для забезпечення електробезпеки передбачаються наступні технічні засоби та заходи: ізоляція оголених струмопровідних частин, розділення електромереж, заземлення або занулення корпусів електроустановок, оснащення автоматичним захисним відключенням, застосування ремінних передач з струмопровідної гуми, попереджувальні знаки та огорожі [31].

Для персоналу, який працює з електроустановками передбачено засоби індивідуального захисту: діелектричні рукавички, калоші, ізолюючі килимки та підставки, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, переносні заземлення, спецодяг. Також для запобігання удару струмом на потенційно небезпечних об'єктах встановлено попереджувальні знаки [32].

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання прямих ударів блискавки споруда захищена стрижньовими блискавковідводами.

На виробництві передбачено планову перевірку справності всіх електроприладів та установок інженером з охорони праці.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Виробництво стирену є виробництвом з підвищеною небезпекою, адже в ході технологічного процесу використовуються пожежонебезпечні речовини та обладнання, які є небезпечними з точки зору техніки безпеки та можуть призвести до нещасних випадків, руйнування будівель та споруд.

Проаналізувавши небезпечні стадії процесу виготовлення стирену було розроблено низку заходів для запобігання надзвичайних ситуацій.

Небезпечні речовини, такі як стирен, бензол та інші, будуть зберігатися в окремому темному, прохолодному, у щільно закритій упаковці у добре вентильованому приміщенні для унеможливлення попадання у приміщення цеху.

При заступанні на зміну персонал буде ставити підпис про ознайомлення з правилами техніки безпеки та приступати до роботи тільки в спецодезії.

Транспортування стирену та інших небезпечних речовин здійснюватиметься засобом, що виключає можливість попадання його у навколишнє та виробниче середовище.

Згідно СНиП 3.05.05-84, вентиляційні канали, а також водопровідні і паропровідні труби та інші подібні комунікації, розташовано над робочою зоною працівника і над проходами та будуть мати теплоізоляцію і обладнуватимуться конденсатовідводами [33].

Для ремонту та огляду обладнання передбачено драбини та лази для внутрішнього огляду в захисних костюмах. Всі прилади для вимірювання, регулювання, керування і тд. встановлені в легко доступних місцях для огляду, заміни та обслуговування.

Нагрівальні прилади повинні мають решітчасті огороження, які виключають доступ працівників до гарячих поверхонь [33].

Регулююча й запірні арматура систем опалення встановлена в місцях, легкодоступних для обслуговування [33].

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потенційно небезпечні місця позначено яскравими кольорами, огорожувальними стрічками, табличками або спеціальними наклейками.

Центральний пульт управління технологічним процесом обладнується засобами відображення інформації (сигналізацією, мнемосхемою) про порушення нормального режиму функціонування кожної одиниці виробничого обладнання, засобами аварійної зупинки всього процесу або окремих його одиниць [33].

6.2 Пожежна безпека

Цех з виробництва стирену є небезпечним виробництвом, оскільки передбачає використання вибухо- та пожежонебезпечних речовин.

Причиною та джерелами займання на виробництві можуть бути: коротке замикання, пошкодження електропроводок та обладнання, займісті суміші, прямий удар блискавки та інше.

Поширення пожежі в будинках залежить від вогнестійкості основних будівельних конструкцій приміщення, планування і розміщення обладнання в будівлі. Тому безпека приміщення досягається застосуванням конструкцій і матеріалів, що мають необхідну границю вогнестійкості [31].

У таблиці 6.4 наведено показники пожежо – і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, класифікація цеху за пожежо – і вибухонебезпечністю та влаштуванням блискавкозахисту.

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) [34].

Проєктом передбачено наступні заходи пожежної безпеки. В приміщенні виробництва встановлено протипожежні водопроводи, пожежні щити з набором: вуглекислих вогнегасників типу ВВК -5 та ОХП-10, ломів, багрів, сокир та ємності з піском. Пожежогасіння здійснюється за допомогою

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежних кранів укомплектованих рукавами довжиною 20 м, стволами – розпилувачами та важелями, котрі розміщені в шафах. Над небезпечними ділянками встановлена сигналізація з датчиками РП-50 і СПД-3. Задля безпеки персоналу та зменшення поширення вогню передбачено автоматичну систему пожежогасіння з тепловими датчиками в вибухозахищеному виконанні, котра при включенні блокує вентиляцію [34].

На виробництві передбачається евакуаційні сходи, що ведуть на зовні та щонайменше по два евакуаційних виходи з кожного поверху при щільності людського потоку від 1 до 3 чол/м². Висота та ширина шляхів евакуації повинна становити не менше ніж 2.0 м, а ширина -1.0 м. Між будинками передбачено протипожежні розриви, що становлять 10 м [34].

За допомогою світлових покажчиків, звукових сигналів та повідомлень здійснюється оповіщення персоналу про пожежу [34].

Для захисту електроустаткування від загоряння проводиться постійних контроль та технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



У даному розділі було проведено аналіз небезпечних факторів, що виявлені на проєктованому об'єкті. Розроблені заходи, для створення безпечних умов праці працівників.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було розглянуто процес отримання стирену шляхом дегідрування етилбензену. Під час роботи над даним проєктом були вирішені такі завдання:

1. Проаналізовано технологічний процес отримання стирену.
2. Виконано розрахунок матеріального балансу технологічної схеми виробництва стирену шляхом дегідрування етилбензену у моделюючій програмі ChemCad.
3. Розроблено та розраховано математичну модель ізотермічного реактора синтезу у програмному середовищі MathCad. На основі математичної моделі реактору розроблено програмний модуль в середовищі програмування Visual Studio з застосуванням мови програмування C#.
4. На основі проведеного аналізу технологічної схеми, як об'єкту автоматизації були розроблені контури керування та регулювання процесом, обрано прилади та розроблено схему автоматизації.
5. Виконано розрахунок техніко – економічних показників виробництва стирену.
6. Виявлено та проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори, розроблено заходи щодо їх зменшення.
7. За результатами роботи опубліковано статтю: Крамаренко Д., Бугаєва Л. М., Безносик Ю. О. Комп'ютерне моделювання виробничого процесу отримання стирену. Збірник наукових статей Восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерне моделювання в хімії і та технологіях і системах сталого розвитку – КМХТ2020», Київ 19-22 травня 2020 року. Київ, 2020. С.122-126.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nexant. TECH Report 2018-6: Styrene/Ethylbenzene / Nexant. – 2018. – С. 2.
2. Органічна хімія; Підручник для технікумов. 4-е видання., Перер. і доп.- М .: Хімія, 1989. - 448 с.
3. Тимофєєв В.С. Принципи технології основного органічного і нафтохімічного синтезу: Підручник. Посібник для вузів / В.С. Тимофєєв, Л.А. Серафимів. - 2-е вид., Пероб. - М .: Вища. шк., 2003. - 536 с .
4. Загальна хімічна технологія: Метод. вказівки до вивчення курсу для студ. хімічн. ф-ту (напрямок підготовки: 6.051301 – “Хімічна технологія”). Ч. 3/ І. А. Іващенко.
5. Назаров А. А. Получение бутадиена дегидрированием бутанов и бутиленов. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-butadiena-degidrirovaniem-butanov-i-butilenov/viewer> (дата звернення 03.03.2020).
6. Amaury Pérez Sánchez¹, Eddy Javier Pérez Sánchez², Rutdali María Segura Silva³. Simulation of the styrene production process via catalytic dehydrogenation of ethylbenzene using CHEMCAD® process simulator Revista Tecnura, 21(53), 15-31.
7. Холохонова Л.І., Коротка Є.В. Кінетика хімічних реакцій. Кемерово: КемТІПП, 2004. С. 4-11.
8. Пушкарьова Т.П., Перегудов А.В. Математичне моделювання хімічних процесів. Красноярськ, 2013. С. 22-25.
9. Журавлева К. А. Получение стирола дегидрированием. К.: Вестник Казанского Технологического Университета. - 2012.-Т. 15 № 12. - с. 149-152.
10. В.К. Битюков, И.А. Жатова, М.В. Алексеев, А.П. Попов. Разработка математической модели кинетики процесса дегидрирования этилбензола в двухступенчатом адиабатическом реакторе непрерывного действия. Вестник ВГУИТ. Воронеж. 2015. № 2. С. 55-60.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

11. С.М. Кузьменко, Л.С. Голуб, М.В. Бугрим. Методичні вказівки до виконання дипломних проєктів для студентів IV курсу денної та V курсу заочної форм навчання з напрямку підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» спеціальності «Хімічні технології високомолекулярних сполук. Д.: ДВНЗ УДХТУ. 2015. – 45 с.
12. А.М.Алиев, И.И.Османова, А.Р.Сафаров, А.М.Гусейнова, Х.А.Алиева. Управление процессом дегидрирования этилбензола в стирол в нестационарных условиях. А.: Азербайджанский химический журнал. 2018. С. 17 – 22.
13. Алексеев М.В., Попов О.П., Жатов І.А. Розробка математичної моделі динаміки дегідрірованія етилбензену в виробництві стирену // Збірник праць XXVII міжнародної наукової конференції ММТТ-27 .: в 12 т. Секція 9. Тамбов .: ТДТУ, 2014. Т.2. С.12.
14. Крамаренко Д., Бугасва Л. М., Безносик Ю. О. Комп'ютерне моделювання виробничого процесу отримання стирену. Збірник наукових статей Восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерне моделювання в хімії і та технологіях і системах сталого розвитку – КМХТ2020», Київ 19-22 травня 2020 року. Київ, 2020. С.122-126.
15. О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько; Автоматизація виробничих процесів: підручник Х: Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2014.-186с.
16. Дипломне проєктування: Автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. Г. Бондаренко, О. В. Сангінова, А. М. Шахновський. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,1 Мбайт). – К : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 122 с.
17. Діафрагми для витратомірів URL: https://www.elemer.ru/production/armatura_pressure/diafragma.php (дата звернення 28.05.2020).

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Дифманометр ДМ-3583М URL: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/285/> (дата звернення 29.05.2020).
19. КИПиА - контрольно измерительные приборы: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, терморегуляторы. Датчики температуры, давления и уровня производство КиП ОВЕН Украина Харьков [Электронный ресурс] / Компания ОВЕН // Каталог обладнання контрольновимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – URL: <http://owen.com.ua> (дата звернення 1.04.2020).
20. МЕО-40 URL: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/591/> (дата звернення 29.05.2020).
21. Оптический датчик для измерения динамического давления. URL: https://el-scada.ru/files/Wave-Phire_DPT950.pdf (дата звернення 05.06.2020).
22. Преобразователь давления VEGABAR 51. URL: <http://www.pkimrex.ru/opisanie/preobrasovatel-davleniya-vegabar-51> (дата звернення 05.06.2020).
23. АЖК-3101М анализатор жидкости кондуктометрический. URL: <http://www.td-anion.ru/catalog/konduktometry/azhk-3101m.htm> (дата звернення 05.06.2020).
24. Система MSMR-16. URL: <https://www.altersa.pl/ru/стационарные-системы/msmr-16.html>. (дата звернення 05.06.2020).
25. Сигнальная лампа ЛС-47М (желтая) (матрица) ИЕК MLS20-230-K05. URL: http://iek.co.ua/index.php?id_product=619&controller=product (дата звернення 05.06.2020).
26. Підлісна О. А. Економіка, організація та управління хімічних підприємств / О. А. Підлісна, Ю. В. Тюленева // НТУУ "КПІ". – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24062/1/NP_praktyka_KhTF.pdf. (дата звернення 11.05.2020)

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 1999. 12 с.
28. Вентиляція виробничих приміщень URL: https://pidruchniki.com/1775072438280/bzhd/ventilyatsiya_virobnichih_primischen. (дата звернення 30.05.2020).
29. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018. 133 с.
30. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ, 1999. 34 с.
31. Орленко А. Т., Фоменко І. О., Полукаров Ю. О., Праховнік Н.А. Методичні вказівки щодо загальних вимог з охорони праці до технологічних процесів і обладнання при переробці пластмас у виробі. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 30 с.
32. Система електрозахисних засобів URL: <https://spo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/1120.html> (дата звернення 30.05.2020).
33. СНиП 3.05.05-84. Технологічне устаткування і технологічні трубопроводи. М.: ГУП ЦПП, 1996. - 32 с.
34. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ, 2017. 39 с
35. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. К.: Інтерсервіс, 2017. – 254 с.
36. Бойко Т. В., Фоглер О.М., Абрамова А.О. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для студ. напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія». К: 2014. – 162 с.

					ДП ХА6108 1490 001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		