

## Зміст

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

#### ВСТУП

1	Аналіз технологічної схеми процесу отримання циклогексанону	11
1.1	Загальні відомості	11
1.1.1	Фізичні властивості циклогексанону	11
1.1.2	Хімічні властивості циклогексанону	11
1.1.3	Отримання циклогексанону	11
1.1.4	Токсичність циклогексанону	13
1.1.5	Застосування циклогексанону	13
1.2	Аналіз технологічної схеми отримання циклогексанону	15
1.2.1	Принцип дії схеми отримання циклогексанону	17
2	Моделювання процесу отримання циклогексанону у ChemCad	19
2.1	Коротка характеристика пакету ChemCad	19
2.2	Налаштування середовища ChemCad	19
2.3	Проектування схеми отримання циклогексанону у ChemCad	22
2.4	Структурний аналіз схеми отримання циклогексанону	23
2.5	Налаштування потоків у ChemCad	25
2.6	Результат роботи в у ChemCad	26
3	Автоматизований розрахунок реактора гідрогенізації фенолу	31
3.1	Технічне завдання на розроблення обчислювального модуля	31
3.2	Моделювання каталітичного реактора	31
3.3	Структура і технічні характеристики обчислювального модуля	35
3.4	Керівництво користувача програмного модуля	37
4	Автоматизація технологічної схеми процесу отримання циклогексанону	41
4.1	Аналіз основних параметрів виробництва	41
4.2	Розробка схеми автоматизації	45

					<b>ХА 3109 1490 001 ПЗ</b>			
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Хаметова А.В.			Комп'ютерний розрахунок процесу отримання циклогексанону Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Акрушів
Перевір.							7	91
Н. Контр.		Шахновський				НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ХТФ, гр. ХА – 31		
Затв.		Шахновський						

4.2.1	Контроль та регулювання температури	45
4.2.2	Контроль та регулювання витрати	45
4.2.3	Контроль та регулювання тиску	46
4.2.4	Контроль та регулювання рівня	46
5	Економіко-організаційні розрахунки процесу отримання циклогексанону	48
5.1	Теоретичні відомості для техніко–економічного обґрунтування процесу отримання циклогексанону	48
5.2	Техніко–економічні показники процесу отримання циклогексанону	54
5.3	Розрахунок вартості дипломного проекту по отриманню циклогексанону	59
6	Охорона праці	63
6.1	Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	63
6.1.1	Повітря робочої зони	63
6.1.2	Виробниче освітлення	66
6.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрації	68
6.1.4	Електробезпека	69
6.1.5	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	71
6.2	Пожежна безпека	71

## ВИСНОВКИ

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Додаток А

Додаток Б

Додаток В

Додаток Г

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МТБ – матеріальний баланс;  
Р – тиск;  
Т – температура;  
 $V_0$  – об’ємна витрата;  
Х – ступінь перетворення;  
u – лінійна швидкість потоку;  
 $P_i$  – парціальний тиск і-го компонента;  
атм – фізична атмосфера  
РІВ – реактор ідеального витіснення;  
ГДК – гранично допустима концентрація;  
ФОП – фонд оплати праці;  
ОФ – основні фонди;  
А – амортизація основних фондів;  
ОбЗ – оборотні засоби;  
С – собівартість;  
П – прибуток;  
Ц – ціна;  
Р – рентабельність;  
Е – ефективність підприємства;  
ФОП – фонд оплати праці;  
КНП – клас небезпечності підприємства;  
КПО – коефіцієнт природнього освітлення.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		9

## ВСТУП

Циклогексанон - безбарвна масляниста рідина з запахом ацетону, що має формулу  $C_6H_{10}O$ . Його виробляють у нас час у великих кількостях, так як він є напівпродуктом для отримання капролактаму, полімери якого переробляють в синтетичне волокно - капрон. Циклогексанон застосовують також як розчинник нітрату целюлози і багатьох природних і синтетичних смол.

Отримують циклогексанон шляхом окиснення циклогексана; гідруванням фенолу (на каталізаторі – Pd); окисненням або дегідруванням циклогексанолу. Незважаючи на те, що окиснення циклогексану домінує на ринку, але через більш дешеву сировину, гідрування фенолу залишається конкурентоспроможним, пропонуючи кращу селективність з меншою кількістю проблем з навколишнім середовищем і безпекою. Наявність недорогого фенолу є найбільш важливим елементом рентабельності.

Метою дипломного проекту є дослідження процесу отримання циклогексанону методом гідрогенізації фенолу на каталізаторі, основних технологічних параметрів процесу, розрахунок матеріальних балансів, розробка обчислювального модуля для реактора гідрогенізації фенолу, розробка функціональної схеми автоматизації виробництва, розрахунок техніко-економічних показників та їх оцінка, аналіз заходів охорони праці на підприємстві.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		10

# 1 Аналіз технологічної схеми процесу отримання циклогексанону

## 1.1 Загальні відомості

**Циклогексанон** — органічна сполука з хімічною формулою  $C_6H_{10}O$ . Молекула — шестичленний цикл з карбонільною функціональною групою [1].

### 1.1.1 Фізичні властивості циклогексанону

Циклогексанон — безбарвна масляниста рідина з запахом ацетону та м'яти. З часом, внаслідок окиснення повітрям, рідина набуває жовтявого кольору. Циклогексанон слабозчинний у воді (5—10 г/100 мл), але змішуваний зі звичайними органічними розчинниками.

- Густина – 948 кг/м<sup>3</sup>
- Молярна маса - 98,15 г/моль
- Температура кипіння - 155,6 °С
- Температура плавлення - -16,4 °С [1].

### 1.1.2 Хімічні властивості циклогексанону

За хімічними властивостями циклогексанон - типовий представник кетонів. Киснем або  $HNO_3$  окислюється до адипінової кислоти і нижчих моно- і дикарбонових кислот, при окисненні надуксусної кислотою утворюється капролактон; при кип'ятінні з  $(CH_3CO)_2O$  - циклогексенілацетат, при дії  $CH_2N_2$  - циклогептанон, в присутності безводних мінеральних кислот на холоді або лугів при 100-150 °С - 4-циклогексіліденциклогексанон.

Для циклогексанона характерні реакції приєднання [1].

### 1.1.3 Отримання циклогексанону

Основні промислові шляхи виробництва циклогексанону мають в якості відправних точок циклогексан і фенол, шляхом окислення і гідрування, відповідно. Інший цікавий метод заснований на гідратації циклогексена, отриманого селективним гідруванням бензолу. Проміжний циклогексанол додатково дегідратують або відокремлюють, якщо бажано.

Гідрування фенолу може відбуватися або в паровій, або в рідкій фазі. В обох процесах сьогодні використовується каталізатор на основі паладію, але з різними

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		11

опорами і активаторами. Процес, заснований на гідруванні фенолу, що розглядається тут, може бути описаний таким загальним стереометричним рівнянням:

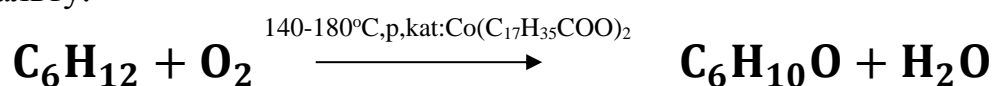


При  $y + z = 1$  і  $x = 2y + 3z$ . Якщо побічними продуктами нехтувати, молярне відношення  $x$  дає безпосередньо вихід. Циклогексанон вимагає ефективного молярного відношення водень / фенол, як 1/2,1, тому  $x = 2,1$ . [3]

У газофазній гідрогенізації фенолу робочі умови зазвичай представляють собою температури 140-170 °С і тиск трохи вище атмосферного. Старі процеси, засновані на нікелевому каталізаторі, мають дві різні стадії реакції: повне гідрування до циклогексанолу з подальшим дегідруванням. Модерні процеси, засновані на каталізаторах паладієвого типу, можуть досягати виходу більше 90% в циклогексаноні в одному реакторі. Без використання реактора дегідрування, що включає дороге устаткування для досягнення високих температур, є значною економічною перевагою.

Рідкофазна гідрогенізація фенолу працює при температурах близько 140-150 °С. З'являється висока селективність, більше 99% при 90% конверсії. Крім того, процес потребує меншої кількості інвентаризації каталізатора і за своєю суттю є безпечним.

У промисловості циклогексанон отримують також окисленням циклогексану киснем повітря при 140-180 °С і тиску 0,8-2 МПа в присутності нафтената або стеарата кобальту:



Селективність реакції сильно залежить від каталізатора. Наприклад, розчинний каталізатор на основі кобальту дає співвідношення кетон/спирт близько 3,5. Щоб максимізувати прибутковість, конверсія підтримується на низькому рівні. Зверніть увагу, що був розроблений більш селективний процес, заснований на борної кислоти, але окислювач коштує дорого, а технологія досить складна.

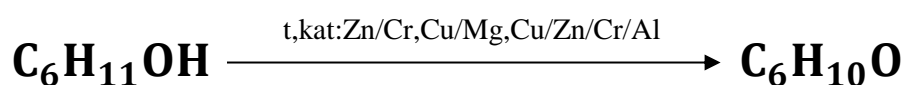
Незважаючи на те, що окислення циклогексану домінує на ринку, але через більш дешевої сировини гідрування фенолу залишається конкурентоспроможним,

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		12

пропонуючи кращу селективність з меншою кількістю проблем з навколишнім середовищем і безпекою. Наявність недорогого фенолу є найбільш важливим елементом рентабельності.

Крім того, цей процес дозволяє ефективно реалізувати багаті фенолом відходи з вугільної промисловості.

Дегідрування циклогексанолу до циклогексанону, одержуваний в цьому процесі, при температурі вище 220 ° С і атмосферному тиску в присутності змішаних цинкхромових (360-380 °С), мідномагнієвих (240-260 °С ) або мідноцинкхромалюмінієвих (240 °С) каталізаторів [3]:



#### 1.1.4 Токсичність циклогексанону

Смертельна доза циклогексанона при прийомі всередину становить 50 г. Концентрація парів циклогексанона в атмосфері вище 300  $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$  викликає подразнення слизових оболонок.

Гранично допустимий вміст в повітрі робочої зони – 10  $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ .

За ступенем впливу на організм циклогексанон відноситься до речовин 3-го класу небезпеки [1].

#### 1.1.5 Застосування циклогексанону

Два основних напрямки використання циклогексанону:

1. В присутності окиснювачів циклогексанон легко перетворюється на адипінову кислоту, яку потім вводять в реакцію поліконденсації з гексаметілендіаміном з ціллю отримання найлона:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

Рисунок 1.1 – Перший напрямок використання циклогексанону

2) Реакція циклогексанона з гідроксиламіном призводить до оксиму циклогексанона. Останній під дією сірчаної кислоти здійснює перегрупування Бекмана, перетворюючись в капролактам, який гідролізують, отримуючи  $\epsilon$ -амінокапронову кислоту. Поліконденсація амінокапронової кислоти приводить до капрону.

Рисунок 1.2 – Другий напрямок використання циклогексанону

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		14



Додаткові способи використання циклогексанону:

- Використовується лакофарбовими заводами в якості компонента для виготовлення розчинника Р-7.
- Застосовується підприємствами-виробниками електроізоляційних матеріалів як розчинник електроізоляційних лаків.
- Використовується в якості компонента для виготовлення розчинника РЕ-7В (для розчинення НЦ-241, НЦ -258) і для виготовлення розчинника РЕ-11В (для розчинення ґрунтовки ЕФ -083).
- Використовується для виробництва тиоколового герметика як компонент і як розчинник.
- Використовується при виробництві сольвентних чорнил для струменевого друку.
- Використовується в якості сировини для виробництва пероксиду циклогексанона.
- Циклогексанон використовують для очищення [2].

## 1.2 Аналіз технологічної схеми отримання циклогексанону

Гідрування фенолу з утворенням циклогексанону.

Обраний процес це виробництво циклогексанона, він є ключовим проміжним продуктом у виробництві штамп е-капролактаму та адипінової додати, які є основними матеріалами для полімерів nylon- типу.

Номінальна потужність становить 120000 метричних тонн циклогексанону в рік. Крім того можливо переключатися на виробництво КА-масла, яку використовують як проміжний продукт для виробництва адипінової кислоти.

На рис. 1.3 показані основні реакції, пов'язані з виробництвом циклогексанона шляхом гідрування фенолу. Реакції мають послідовний тип, в якому бажаний продукт є проміжним продуктом. Невеликі кількості циклогексену можуть з'явитися при більш високій температурі шляхом дегідратації циклогексанолу [3].

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		15

### Рисунок 1.3 – Механізм рідкофазної гідрогенізації фенолу

За цим механізмом в технологічній схемі гідрогенізації фенола, рис. 1.4, представлені такі реакції:

Важливим аспектом є утворення домішок. Легкі домішки можуть відбуватися переважно шляхом дегідрування циклогексанолу до циклогексену і води, але при більш високих температурах можуть з'явитися циклогексан і бензол. Утворення циклогексена термодинамічно вигідно, хоча селективний каталізатор може вирішити цю проблему [3].

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		16

Рисунок 1.4 – Технологічна схема процесу отримання циклогексанону:

1, 3, 9, 11, 22, 23 – теплообмінник; 2 – випарник; 4, 24 – реактор;  
5 – холодильник; 6, 12, 19 – роздільник; 7 – компресор; 8, 14, 15, 17, 20 – насос; 10,  
16 – ректифікаційна колона.

### 1.2.1 Принцип дії схеми отримання циклогексанону

Чистий та після рециркуляції фенол надходить до теплообмінника **1**, де нагрівається до температури 110 °С, далі циркулює в випарник **2**. Куди подають чистий водень та під тиском 200 кПа, через компресор **7**, з рециклу.

Після подачі в випарник, при температурі 115 °С, фенол випаровується і утворює газову суміш з воднем. Отримана суміш парів з випарника **2** надходить в теплообмінник **3**, де підігрівається до температури 150°С. Підігріта суміш надходить в трубчатий каталітичний реактор **4**, де відбувається саме гідрогенізація фенолу. Продукти реакції з реактора подаються в холодильник **5**, де охолоджуються до температури 33 °С та конденсуються, окрім водню. Газорідинна суміш з холодильника потрапляє в сепаратор **6**. Водень з сепаратора **6** надходить до компресора **7**, а продукти реакції підігріваються в теплообміннику **9** та йдуть на ректифікацію. Для розділення легких та твердих фракцій, застосовують **2** ректифікаційні колони.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		17

В колоні **10** відділяється фенол від циклогексанону й циклогексанолу, та йде в рецикл. В колоні **16** отримуємо цільовий продукт – циклогексанон, який відділяється від циклогексанолу. Циклогексанол нагрівається в теплообміннику **22**, до температури 185 °С, та потрапляє в реактор **24**, де відбувається дегідрогенізація до циклогексанону, та як наслідок, в результаті температури під 330 °С, утворюються проміжні продукти: циклогексен, бензол та циклогексан, які надолі ідуть в рецикл. [3]

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		18

## **2. Моделювання процесу отримання циклогексанону у ChemCAD**

### **2.1 Коротка характеристика пакету ChemCAD**

ChemCAD - ефективний інструмент для комп'ютерного моделювання хіміко-технологічних процесів при розробці, модернізації та оптимізації хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв. Цей пакет програм для моделювання та розрахунку технологічних схем з рециклічними потоками органічних і неорганічних речовин і безперервних сумішей (у разі нафтових фракцій), а також енергетичних потоків.

ChemCAD дозволяє створювати, аналізувати і оптимізувати різні варіанти технологічного оформлення виробничих процесів, оцінювати їх ефективність і вибирати найкращий з них.

Комплекс досліджень з використанням ChemCAD дає можливість домогтися задовільного збігу результатів розрахунків з даними промислових експериментів, що дозволяє вирішувати завдання автоматичного управління процесами і підвищити ефективність діючих виробництв, визначити оптимальні режимні і конструкційні параметри процесів в окремих апаратах з позиції всього виробництва в цілому.

В ході виконання роботи було використано дві версії ChemCAD – ChemCAD 5.2 і ChemCAD 6.3.1. Перша з них має інтерфейс типу Windows XP, остання – має більше функціоналу та новітні ший інтерфейс [4].

### **2.2 Налаштування середовища ChemCAD**

На початку роботи у моделюючій програмі ChemCAD її потрібно налаштувати відповідно до своїх потреб.

1) Задаємо технічні розмірності.

Для цього у рядку меню натискаємо Format - Engineering Units. У спливаючому вікні обираємо розмірності одиниць із системи СІ (рис. 2.1).

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		19

Рисунок 2.1 – Вікно вибору розмірності одиниць

2) Обираємо компоненти (речовини), що використовуються у схемі.

Усі компоненти програми містяться у банку даних, доступ до якого можливий наступним чином: у рядку меню натискаємо ThermoPhysical – Select Components, які доступні в режимі Simulation (Моделювання). Обираємо за допомогою вбудованого пошуку потрібні речовини (рис. 2.2), а саме: Фенол ( $C_6H_6O$ ), Водень ( $H_2$ ), Циклогексанол ( $C_6H_{12}O$ ), Циклогексанон ( $C_6H_{10}O$ ), Циклогексен ( $C_6H_{10}$ ), Циклогексан ( $C_6H_{12}$ ), Бензол ( $C_6H_6$ ) та воду ( $H_2O$ ).

Рисунок 2.2 – Вибір компонентів



					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		20

3) Обираємо апарати для технологічної схеми.

ChemCAD містить вбудовану бібліотеку апаратів (рис. 2.3), яка доступна при відкритті нового документу.

Рисунок 2.3 – Бібліотека апаратів у ChemCAD

4) Вхідні і вихідні потоки

Розміщення зображень апаратів технологічної схеми починається, як правило, з виставлення піктограми Feed (живлення) . Поруч з піктограмою автоматично виставляється її ID (ідентифікаційний) номер. Першому апарату присвоюється ID, потім номер збільшується в порядку виставлення піктограм. Завершення розміщення зображень апаратів технологічної схеми закінчується виставленням піктограм Product (Продукт) .

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		21

### 2.3 Розрахунок матеріальних балансів схеми отримання циклогексанону

Складена схема у ChemCAD буде складатись з 21-го апарату, 2 вхідних потоків, та 3 вихідних.

Рисунок 2.4 – Моделювання процесу отримання циклогексанону в ChemCAD:

1,2,7 – суматор; 3, 5, 12, 19, 20 – теплообмінник; 4 – випарник; 6, 21 – реактор;  
8 – холодильник; 9, 14, 17 – роздільник; 10 – компресор; 11, 15, 18, – насос;  
13, 16 – ректифікаційна колона.

Вхідними потоками схеми є потік рідкого фенолу в апарат 1; водень в апарат 2.

Вихідними потоками схеми є потоки газів на віддувку, апарати 14, 17 та циклогексанон з апарата 17.

**Апарати, що використовуються**, та їх відповідність технологічній і змодельованій схемі вказана в таблиці 2.1. В ході роботи були обрані ідеальні апарати саме для обраної технологічної схеми, та налаштовані відповідно технічним вимогам.

Таблиця 2.1 – Відповідність апаратів

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		22



## 2.4 Структурний аналіз процесу отримання циклогексанону

Технологічна схема заданого процесу має зворотні зв'язки, тобто є замкненою. Тому перед розрахунком схеми, необхідно провести структурний аналіз, основна мета якого – отримати оптимальну послідовність розрахунку схеми.

Рисунок 2.5 – Структурна схема процесу отримання циклогексанону

Таблиця 2.2 – Відповідність апаратів

Схема отримання циклогексанону має 4 зворотні зв'язки:

- ✓ З 9-го апарату в 3;
- ✓ З 15-го апарату в 6;
- ✓ З 11-го апарату в 1;
- ✓ З 17-го апарату в 15.

Визначимо послідовність розрахунку апаратів. Матриця контурів  $D$  має вигляд:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		23

D =

З матриці видно, що система містить 1 комплекс  $K = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17\}$ . Звідси попередня послідовність розрахунку схеми: **ППРС=[K,14]**.

Для отриманого комплексу складаємо **список суміжності**:

Далі будуємо прадерево комплексу, яке представлено на малюнку 2.6.

Рисунок 2.6 – Прадерево комплексу

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		24

Як видно з рисунку схема містить 4 контури:

- ✓ Контур 1: 3-4-5-6-7-8-9-3;
- ✓ Контур 2: 1-2-3-4-5-6-7-8-10-11-1;
- ✓ Контур 3: 6-7-8-10-11-12-13-15-6;
- ✓ Контур 4: 15-16-17-15.

Отримана матриця контурів:

### Рисунок 2.7 – Матриця контурів

Згідно з результатами, схема має два розриви, які представлені на рис. 2.8.

### Рисунок 2.8 – Структурна схема з розривами

Оптимальна послідовність розрахунку схеми: **ОПРС = [7, 8, 9, 10, 11, 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 6, 16, 17].**

### 2.5 Налаштування потоків

Наступним етапом є завдання параметрів потоків живлення. Термодинамічний стан потоку визначається будь-якими двома параметрами з трьох наступних: температури, тиск і часткою парою; зазвичай задаються температура і тиск.

Налаштування апаратів та завдання потоків відбувається за допомогою введення параметрів кожного потоку. На рис. 2.9 зображені задані характеристики всіх вхідних потоків.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		25

Рисунок 2.9 – Налаштування вхідних потоків

## 2.6 Результат роботи в ChemCad

Після налаштування усіх потоків запускаємо схему.

Для аналізу результатів розрахунку нашої схеми знадобляться наступні звіти:

- Термодинамічні властивості (Thermodynamics);
- Матеріальний баланс (Mass Balance);
- Тепловий баланс (Energy Balance);
- Звіт по потокам (Flow Summaries).

Усі звіти наведені у додатку А.

В таблицях (2.3 – 2.10) наведені матеріальні баланси апаратів.

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс випарника

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс реактора (6)

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс сепаратора (9)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони (13)

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс сепаратора (14)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс ректифікаційної колони (16)

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс сепаратора (17)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс теплообмінника (19)

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс реактора (21)

Продуктивність схеми – 14 772.14 кг/год циклогексанону.

На основі отриманих результатів матеріальних балансів у середовищі ChemCAD 6.3.1 можна зробити висновок, що матеріальний баланс гідрогенізації фенолу розрахований вірно. Детальна інформація розрахунку матеріального балансу по потоках у середовищі ChemCAD 6.3.1 наведені в додатку А.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		30



### **3 Автоматизований розрахунок реактора гідрогенізації фенолу**

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

Розробити обчислювальний модуль для конструктивного розрахунку каталітичного трубчастого реактора для процесу гідрогенізації фенолу.

Вихідними даними для розрахунку є:

Тип апарату – каталітичний трубчастий реактор, парціальний тиск фенолу та водню при вході у реактор (Па), об'ємна витрата реакційної суміші (м<sup>3</sup>/год), адсорбційні коефіцієнти фенолу, водню, циклогексанону та циклогексанолу (атм<sup>-1</sup>), константа швидкості реакції (кг/моль·с), діаметр реактора (м).

Результатами розрахунку є:

Час перебування реакційної суміші в реакторі, розрахунок значень зміни парціальних тисків в реакторі, розрахунок значення зміни ступеня перетворення фенолу за висотою реактора, висота реактора (м), об'єм реактора (м<sup>3</sup>).

Вимоги до програми:

1. Наявність полів для вводу вхідних даних користувачем;
2. Наявність довідки користування програмою;
3. Наявність вкладок для кращого сприйняття даних;
4. Результати розрахунків представлені у виді таблиці та графіків;
5. Забезпечити можливість збереження результатів.

Для розробки обчислювального модуля було обрано середовище Visual Studio 2015 C++.

#### **3.2 Моделювання каталітичного реактора**

Для проведення процесу гідрогенізації фенолу використовується трубчастий каталітичний реактор.

Необхідно провести моделювання цього реактора для визначення необхідних параметрів, які забезпечать необхідний вихід циклогексанону.

Трубчатий каталітичний реактор гідрогенізації фенолу є основним апаратом, який впливає на якість кінцевого продукту. Тому доцільно проводити

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31

моделювання цього апарату для визначення його необхідних параметрів, які забезпечать максимальний вихід циклогексанону [3].

Реактор – трубчастого типу він являє собою вертикальний циліндр, що складається з зовнішнього корпусу і вставленого в нього внутрішнього патрона. Кільцевий простір між ними заповнений теплоізоляційної масою. В трубчатих апаратах призначених для проведення екзотермічних реакцій гідрогенізації каталізатор поміщають в трубах діаметром 25-50 мм, парофазну суміш з воднем зазвичай подають зверху. Тепло що виділяється знімається хладоагентом, що циркулює в міжтрубному просторі [7].

Каталітично активні теплообмінні трубки являють собою металеві непроникні трубки, на зовнішню поверхню яких нанесено шар каталізатора утвореного плоскими гофрованими стрічками.

Реакція гідрогенізації фенолу з отриманням циклогексанону:

(3.1)

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

(3.2)

де  $k$  – константа швидкості реакції,  $\text{кг/моль}\cdot\text{год}$ ,  $A$  – фенол,  $B$  – водень,  $C$  – циклогексанол,  $D$  – циклогексанон.

Вираз швидкості для гетерогенної каталітичної реакції записаний за допомогою моделі Ленгмюра–Хіншельвуда–Хоугена–Ватсона, яка включає такі основні етапи [8]:

1. Адсорбція реагентів на поверхні каталізатора.
2. Поверхнева реакція реагентів з утворенням продуктів.
3. Десорбція продуктів з поверхні каталізатора в навколишній простір.

(3.3)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		32

де  $P_A, P_B, P_C, P_D$  атм – парціальні тиски фенолу, водню, циклогексанолу та циклогексанону відповідно,  $K_A, K_B, K_C, K_D$  атм<sup>-1</sup> – адсорбційні коефіцієнти.

Парціальний тиск визначається [5]:

(3.4)

де  $x_i$  – мольна частка  $i$ -го компонента,  $P$  – загальний тиск суміші.

Виходячи із експериментальних даних [3]:

$K_A = 9,3$  атм<sup>-1</sup>,  $K_B = 1,1$  атм<sup>-1</sup>,  $K_C = 19$  атм<sup>-1</sup>,  $K_D = 8$  атм<sup>-1</sup>,  $k = 877$  моль/(кг\*с)

Початкові парціальні тиски компонентів:

$$P_A(0) = 0,165 \text{ атм}$$

$$P_B(0) = 0,335 \text{ атм}$$

Для даного реактора була обрана модель ідеального витіснення.

Припущення моделі:

- Поршневий характер руху середовища.
- Перемішування вздовж потоку відсутнє, і має місце рівномірний розподіл речовини в напрямку, перпендикулярному руху.
- Час перебування всіх частинок в системі однаково і дорівнює відношенню обсягу апарату до об'ємної витраті рідини.
- Реактор працює в ізотермічному режимі, температура і тиск потоку не змінюються по довжині апарату [6].

В загальному вигляді математична модель РІВ записується:

(3.5)

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

(3.6)

де  $u$  – середня лінійна швидкість потоку в РІВ, м/с;  $l$  – координата довжини реактора.

Математична модель матиме вигляд: (3.7)

(3.7)

Поділивши обидві частини на  $u$ :

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		33

(3.8)

Підставивши рівняння (3.8) в кінетичну модель (3.3) отримаємо математичну модель для розрахунку каталітичного трубчастого реактора:

За формулами (3.8) – (3.12) знаходиться лінійна швидкість потоку реакційної суміші в апараті. Ступінь перетворення фенолу по висоті реактора за формулою (3.13). За ступенем перетворення робиться висновок, щодо відповідності заданого апарату необхідним вимогам (ступінь перетворення фенолу повинна бути 0,92 – 0,95) [3].

Площа поперечного перерізу апарату,  $m^2$  :

(3.9)

де  $d$  – діаметр реактора, м.

Лінійна швидкість реакційної суміші, м/с:

(3.10)

де  $V_0$  – об'ємна витрата реакційної суміші,  $m^3/s$ .

Об'єм реактора,  $m^3$  :

(3.11)

де  $L$  - висота апарату, м.

Час перебування реакційної суміші в апараті, с:

(3.12)

де  $V$  – об'єм апарату,  $m^3$  .

Ступінь перетворення, %:

(3.13)

де  $P_A(0)$ ,  $P_A(i)$  – парціальні тиски компонента А на вході і на виході з реактору.

Розрахунки у середовищі MathCad наведені у додатку Б

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

### 3.3 Структура і технічні характеристики обчислювального модуля

Структура обчислювального модуля:

- папка форм – WindowsForms;
- файл проекту – WindowsForms.sln.

Призначення основних елементів програмного модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля та їх призначення (продовження)

Програмний код обчислювального модулю наведено в додатку В.

Розроблений програмний модуль складається з 7-ми процедур обробки подій. Призначення цих процедур наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 3.2 – Процедури обчислювального модуля та їх призначення  
(продовження)

Отже, в даному розділі подана характеристика елементів, що входять до складу розробленої програми, а саме основних процедур та компонентів, що були використані. Даний програмний модуль можна використовувати для конструктивного розрахунку каталітичного трубчатого реактору гідрогенізації фенолу за стаціонарних параметрів роботи, для якого відомий діаметр та початкові данні для розрахунку.

### 3.4 Керівництво користувача програмного модуля

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

Графічний інтерфейс користувача, який відкривається при завантаженні програми наведено на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 - Графічний інтерфейс користувача

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		37

Головне вікно містить поля для вводу вихідних даних, а саме витрати (об'ємного видатку) вихідної суміші, парціальних тисків компонентів реакції, в початковий момент часу, діаметра реактору. Для виконання розрахунків слід ввести початкові дані у відповідні поля та натиснути на панелі інструментів кнопку «Розрахувати». Після чого на формі з'являються, у різних закладках, розраховані наступні параметри:

- ✓ час перебування реакційної суміші в апараті, с;
- ✓ таблиця та графік ступеню перетворення фенолу;
- ✓ таблиця та графік зміни парціальних тисків по довжині реактора;
- ✓ довжина реактора;
- ✓ об'єм реактора.

Після розрахунку стає активна кнопка «Побудувати графік» і ми можемо подивитися графіки залежності парціальних тисків у вкладці «Графіки залежності» та ступінь перетворення фенолу у вкладці «Графік ступеню перетворення» (рис. 3.4, 3.5).

Рисунок 3.4 – Графік зміни парціальних тисків за довжиною реактора

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		38



Рисунок 3.5 – Зміна ступеню перетворення фенолу по довжині реактора

Результати розрахунку програми відображені в рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 – Результат роботи програми

Програма має можливість зберігати графіки у вигляді рисунків, а таблиці у форматі xlm.

При натисканні на «Вихід» відбувається вихід з програми.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		39

На основі отриманих результатів був визначений час перебування реакційної суміші у реакторі – 10,23 с. Отримані розподіли парціальних тисків за довжиною реактора. Визначена ступінь перетворення фенолу – 0,9382.

За результатами комп'ютерного моделювання було визначено об'єм реактора 30,4 м<sup>3</sup>. Користуючись існуючими ГОСТами, визначили характеристику реактора.

За обраними конструктивними розмірами було побудовано креслення загального вигляду реактора.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання циклогексанону

### 4.1 Аналіз основних параметрів виробництва

Автоматизація — один із напрямів науково-технічного прогресу, застосування саморегулюючих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем управління, які звільняють людини від участі у процесах отримання, перетворення, передачі й використання, матеріалів чи інформації. Потребує додаткового застосування датчиків (сенсорів), пристроїв введення, управляючих (контролерів), виконавчих, пристроїв виведення, які використовують електронну техніку й методи обчислень.

Мета автоматизації – підвищення продуктивність, поліпшення якості продукції, оптимізація управління, усунення людини від виробництв, підвищення надійності й точності виробництва, збільшення конвертованості та зменшення часу обробки даних.

Автоматизація технологічного процесу – сукупність методів і коштів, призначена для реалізації системи чи систем, дозволяють здійснювати управління самим технологічним процесом без особистої участі людини, або залишення за людиною права затвердження найбільш відповідальних рішень.

Основа автоматизації технологічних процесів – це перерозподіл матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків відповідно до прийнятим критерієм управління (оптимальності).

Хімічне виробництво являє собою сукупність процесів і операцій, що здійснюється в апаратах і машинах та призначених для цілеспрямованої переробки вихідних речовин і сировини в продукти шляхом хімічних перетворень.

Питанням керування в хімічній технології надається особливе значення. Це, у першу чергу, зв'язано з наступними особливостями ХТП:

- складність і висока швидкість протікання ХТП;
- агресивність і токсичність речовин, що переробляються;
- вибухо - і пожеженобезпечність речовин, що переробляються;
- високі (або низькі) температури; високі (надвисокі) тиски або глибокий вакуум;

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		41

➤ висока чутливість ряду ХТП до порушень технологічного режиму й т.д.

Завдання технологічного процесу виробництва циклогексанону полягає в отриманні цільового продукту – циклогексанону заданої концентрації шляхом гідрогенізації фенолу та підтриманні заданої продуктивності виробництва. Аналіз технологічної схеми показав, що для підтримання необхідної кількості циклогексанону та протікання процесу необхідно регулювати наступні параметри:

- у випарнику – температуру та тиск;
- у реакторах – температуру та тиск;
- після теплообмінників та холодильника – температуру;
- витрату подачі водню та фенолу до реактору гідрогенізації та на входах до ректифікаційних колон;
- витрату газів на віддувку після ректифікаційних колон;
- витрату отриманого циклогексанону.

Відповідно до обраних параметрів регулювання, контролю, були обрані місця для заміру параметру на технологічному об'єкті та номінальні значення параметрів їх межі. Всі дані занесемо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри контролю виробництва

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 4.1 – Параметри контролю виробництва (продовження)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.1 – Параметри контролю виробництва (продовження)

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 4.2 Розробка схеми автоматизації

Схема автоматизації включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації. До схеми автоматизації входять контури контролю та керування витрати, рівня, температури, стану насосів.

### 4.2.1 Контроль та регулювання температури

Для впливу на продуктивність та селективність процесу основними факторами є підтримання температури у випарнику, теплообмінниках, ректифікаційних колонах та реакторах. В якості вимірювальних приладів температури для контурів 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 були обрані термоелектричні перетворювачі опору марки ДТС 024 (поз. 1а, 2а, 3а, 4а, 5а, 6а, 7а, 8а, 11а) з діапазоном вимірювання температури від  $-50^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$ , які призначені для вимірювання температури шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА. Для інших контурів були обрані термопари марки ДТПЛ 024 (поз. 9а, 10а), через те що вони мають більший діапазон температур  $-40^{\circ}\text{C}$  –  $400^{\circ}\text{C}$ . Принцип дії термоелектричних перетворювачів (термопар) заснований на виникненні термоелектрорушійної сили (термоЕРС) в місці з'єднання двох провідників з різними термоелектричними властивостями. Значення термоЕРС залежить від різниці температур спаю і холодних кінців термопари. Сигнал з термопари та термоперетворювача подається на показуючий ПД - регулятор марки ТРМ12 (поз. 1б, 2б, 3б, 4б, 5б, 6б, 7б, 8б, 9б, 10б, 11б), що показує температуру і в контурі регулювання дає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 1в, 3в, 4в, 5в, 6в, 7в, 8в, 9в, 10в).

### 4.2.2 Контроль та регулювання витрати

Для проходження оптимальної реакції необхідно контролювати та регулювати витрати. У контурах 16, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31 використовується ультразвуковий витратомір марки US 800, який використовується для виміру витрати рідини. Він включає в себе первинний перетворювач (поз.16а, 19а, 21а, 22а, 23а, 24а, 26а, 27а, 28а, 30а(б), 31а), який виготовлений зі сталі 12Х18Н10Т. з діаметром умовного проходу 100 мм і вторинний перетворювач (поз.16б, 19б, 21б, 22б, 23б, 24б, 26б, 27б, 28б, 30б, 31б).

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		45

У контурах 17, 18, 20, 25, 29, 32 використовується ультразвуковий витратомір марки OPTISONIC 7300, для виміру та регулювання витрати газу Який також, складається з первинного (поз. 17а, 18а, 20а, 25а, 29а, 32а) та вторинного (поз. 17б, 18б, 20б, 25б, 29б, 32б) перетворювачів. Сигнали з витратомірів подаються на показуючий ПД – регулятор марки ТРМ12 (поз. 16в, 17в, 18в, 19в, 20в, 21в, 22в, 23в, 24в, 25в, 26в, 27в, 28в, 29в, 30в, 31в, 32в ), який відображає та регулює вимірювальну витрату і в контурі регулювання дає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 16г, 17г, 18г, 22г, 25г, 26г, 29г, 30г).

#### **4.2.3 Контроль та регулювання тиску**

Для підтримання продуктивності та селективності процесу необхідно регулювати тиск процесу. Перетворювач тиску ОВЕН ПД150 поєднує функції первинного вимірювального датчика і вторинного приладу, що показує і призначений для контролю тиску неагресивних газів, в тому числі горючих і димових. Формує силові керуючі та інформаційні сигнали на автоматику управління. Вимірювальний перетворювач використаний в контурах 12, 13, 14, 15 (поз. 12а, 13а, 14а, 15а). Вихідний сигнал вимірювального перетворювача 4 – 20 мА. Для регулювання тиску в контурах, передається сигнал з вимірювального перетворювача річниці тисків на показуючий ПД-регулятор марки ТРМ10 (поз. 12б, 13б, 14б, 15б), який в контурі регулювання дає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 14в, 15в).

#### **4.2.4 Контроль та регулювання рівня**

Для контролю рівня в випарнику, сепараторах та ректифікаційних колонах використовується поплавковий датчик ПДУ-И, для діапазону температур -60...130 °С з аналоговим виходом 4...20 мА. Вимірювальний датчик використаний в контурах 33, 34, 35, 36, 37, 38 (поз. 33а, 34а, 35а, 36а, 37а, 38а). Для регулювання рівню в контурах, передається сигнал з вимірювального перетворювача на показуючий ПД-регулятор марки ТРМ1 (поз. 33б, 34б, 35б, 36б, 37б, 38б), який в контурі регулювання дає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 33в, 34в, 35в, 36в, 37в, 38в).

Розроблена схема автоматизації забезпечує безпечне і оптимальне протікання процесу згідно з технічним регламентом.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		46



## **5 Економіко-організаційні розрахунки процесу отримання циклогексанону**

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

Метою проведення економіко-організаційного обґрунтування процесу отримання циклогексанону є розрахунок його основних техніко-економічних показників, за якими можна буде зробити висновки щодо доцільності підприємства [15].

### **5.1.1 Теоретичні відомості для техніко-економічного обґрунтування процесу отримання циклогексанону**

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

Види виробничих процесів:

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

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

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

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

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		47

До основних засобів належать:

- ✓ будівлі і споруди;
- ✓ машини і обладнання;
- ✓ транспорт;
- ✓ виробничий і господарський інвентар (вартістю понад 2500 грн. та терміном служби більше 1 року);
- ✓ нематеріальні активи (права, ліцензії, сертифікати).

Основні засоби поділяються на активні та пасивні:

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

Грошова оцінка основних засобів характеризується такими параметрами:

- повна початкова вартість ( $\Phi_{п.п.}$ ) – вартість придбання або створення основних засобів з урахуванням гуртової ціни, витрат на доставку, витрати на монтаж, установку, тобто всі витрати до моменту запуску основних засобів у виробництво:

$$\Phi_{п.п.} = C_{придб.} + C_{транс.} + C_{уст.};$$

- відновлювальна вартість ( $\Phi_{відн.}$ ) – вартість, яку необхідно додати на момент переоцінки основних засобів для відновлення їх до початкового робочого стану;
- залишкова вартість ( $\Phi_{зал.}$ ) – різниця між  $\Phi_{п.п.}$  та нарахованим зносом основних засобів:

$$\Phi_{зал.} = \Phi_{п.п.} - Знос;$$

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

Калькуляція – документ, який дозволяє систематизувати витрати на виробництво одиниці продукції і визначити її собівартість. Це спосіб групування

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		48

витрат і визначення собівартості, придбання матеріальних цінностей, виготовлення продукції або виконання робіт на конкретному підприємстві, у конкретних умовах.

Кошторис – документ для систематизації витрат і розрахунку собівартості робіт.

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

(5.1)

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

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

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

(5.2)

де  $A$  – амортизація основних засобів,  $ОбЗ$  – оборотні засоби.

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

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

Оборотні засоби – засоби, що перебувають у розпорядженні підприємства і можуть бути переведені в готівку протягом одного виробничого циклу або року. Оборотні засоби включають запаси матеріалів, залишки готової продукції, дрібне знаряддя з тривалістю використання не меншою 1 року, а також готівку; грошові засоби, вкладені капітали. Оборотний капітал, що вкладається у виробництво і реалізацію продукції, споживається повністю і відтворюється відразу після завершення виробничого циклу через реалізацію товару.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		49

До основних техніко – економічних показників належать:

❖ випуск продукції;

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

(5.3)

де  $B$  – запланований випуск продукції за певний період;  $C_{сер}$  – середньорічна вартість ОЗ.

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

(5.4)

➤ Капіталовкладення:

(5.5)

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

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

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

(5.6)

де  $A$  – амортизаційні відрахування;  $Z_{сир}$ ,  $Z_{електр}$  – витрати на сировину, обладнання та електроенергію відповідно;  $\Phi ОП$  – фонд оплати праці:

(5.7)

де  $ЗП$  – заробітна плата – ціна, що сплачується за використану працю, грошова вартість робочої сили;  $Нарахування$  – сума коштів, яку підприємство обов'язково сплачує до державних засобів соціального захисту (22%).

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		50

❖ Ціна (Ц) – означає кількість грошей, за яку продавець згоден продати, а покупець готовий купити одиницю товару (певної цінності, в т.ч. нематеріальної, наприклад, знання).

❖ Прибуток – абсолютна величина, що характеризує доцільність існування підприємства:

(5.8)

❖ Рентабельність – показник ефективності роботи підприємства, який характеризує ефективність повернення вкладених коштів.

(5.9)

❖ Економічна ефективність:

(5.10)

❖ Період повернення капіталовкладень – кількість часу, необхідна для покриття витрат на той чи інший проект, або для повернення коштів вкладених підприємством, за рахунок коштів, одержаних в результаті основної діяльності по даному проекту:

(5.11)

Кадри характеризуються наступними показниками:

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

(5.12)

де  $B$  – запланований випуск продукції за певний період;  $H_v$  - норма виробітку;  $K_{вн}$  – коефіцієнт виконання норми;  $K_{пн}$  – коефіцієнт перегляду норм у поточному періоді.

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

(5.13)

де  $Ч$  – чисельність персоналу, зайнята на випуск певної продукції;  $T$  – період часу, за який випускається дана продукція.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		51

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

(5.14)

(5.15)

де  $T_{\text{відп}}^{\text{рік}}$  – тривалість роботи підприємства за рік;  $T_{\text{прац}}^{\text{рік}}$  – тривалість роботи працівника за рік. [15]

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

### 5.1.2 Техніко–економічні показники процесу отримання циклогексанону

Ціна основних фондів наведена в таблиці 5.1, а оборотних в таблиці 5.2.

Таблиця 5.1 – Ціна основних фондів

Таблиця 5.2 – Ціна оборотних фондів

\*Вартість електроенергії згідно одноставкового нерегульованого тарифу для підприємства на 2017 рік становить 2 грн за 1 кВт/год.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		53

\*\*Оптова ціна сировини: фенол – 18 грн/кг; водень – 56,5 грн/л; паладієвий каталізатор – 1 040 грн/кг.

На виробництві обов'язковими працівниками, які необхідні для виконання відповідного обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом зміни, є: начальник зміни, два оператори, слюсар та пакувальник. На підставі цього приймаємо, що чисельність явочна:  $Ч_{яв.} = 5$  чоловік, а за списком  $Ч_{з.с.} = 36$  чоловік. Перелік посад, кількість працівників та їх заробітна плата наведена в таблиці 5.3.

Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 6.00 – 14.00; 2-а зміна: 14.00 – 22.00; 3-я зміна: 22.00 – 6.00.

Проте, якщо не використовувати автоматизовану систему управління технологічними процесами, знадобиться більша кількість працівників для обслуговування всіх апаратів, звідси виросте чисельність персоналу явочна та за списком. Так для обслуговування всіх апаратів за зміну знадобиться не 2 оператори, а 8. Тоді чисельність за списком зросте на 24 працівника, що призведе до збільшення витрат на заробітну платню на 360 000 грн/місяць, та нарахування на 79200 грн/місяць.

Таблиця 5.3 – Заробітна плата працівників за місяць

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		54



Таблиця 5.3 – Заробітна плата працівників за місяць (продовження)

Графік роботи для: генерального, комерційного та виконавчого директорів, директора з маркетингу та виробництва, бухгалтера, відділу маркетингу та продажів, приймання, закупівель, сертифікації та кадрів, облікового відділу та головного інженера – наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Графік роботи працівників на підприємстві

Графік змінності для начальника зміни, операторів, слюсаря та пакувальників наведений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Графік роботи працівників у виробничому цеху

Розрахуємо основні техніко-економічні показники виробництва циклогексанону:

1) Основні фонди без ( $ОФ_{\text{без авт.}}$ ) та з автоматизацією ( $ОФ_{\text{з авт.}}$ ) склали:

2) Оборотні фонди без ( $ОбФ_{\text{без авт.}}$ ) та з автоматизацією ( $ОбФ_{\text{з авт.}}$ ) склали:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		55

3) Фонд оплати праці без (ФОП<sub>без авт.</sub>) та з автоматизацією (ФОП<sub>з авт.</sub>):

4) Амортизація основних фондів:

де  $\Phi_{п.п.}$  – повна початкова вартість ОФ без та з автоматизацією;  $L$  – ліквідаційна вартість;  $T_{експ.}$  – час експлуатації.

5) Собівартість продукції становить:

б) Собівартість одиниці продукції становить:

де  $B = 124\,084\,800$  – випуск продукції за рік, кг/рік.

7) Оптова ціна одиниці продукції ( $\mathcal{C}_{од.прод.}$ ) циклогексанону на ринку становить від 150 грн/кг, тому  $\mathcal{C}_{од.прод.} = 150$  грн/кг. Також віднімемо податок на додану вартість (ПДВ), який складає 20 % від чистої вартості продукції, тоді ціна чистої продукції становитиме:  $\mathcal{C}_{ч.п.} = \mathcal{C}_{од.прод.} \div (1 + ПДВ) = 150 \div (1 + 0,2) = 125$  грн/кг.

8) Рентабельність без ( $P_{без авт.}$ ) та з автоматизацією ( $P_{з авт.}$ ) складає:

9) Чистий прибуток без ( $\Pi_{без авт.}$ ) та з автоматизацією ( $\Pi_{з авт.}$ ):

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		56

10) Капіталовкладення:

11) Період повернення капіталовкладень:

12) Коефіцієнт економічної ефективності:

13) Фондовіддача без ( $ФВ_{\text{без авт.}}$ ) та з автоматизацією ( $ФВ_{\text{з авт.}}$ ):

14) Фондоємність без ( $ФЄ_{\text{без авт.}}$ ) та з автоматизацією ( $ФЄ_{\text{з авт.}}$ ) дорівнює:

15) Фондоозброєність складає:

Усі значення, що були підраховані занесені до таблиці 5.1.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		57

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники

З таблиці видно, що введення автоматизації на виробництві дозволяє значно скоротити чисельність персоналу, а звідси і витрати на заробітну плату, які склали 5 270 400 грн, при цьому зменшується собівартість продукції на 0,0424 грн/кг та підвищується її якість.

### **5.2 Розрахунок вартості дипломного проекту по процесу отримання циклогексанону**

Для виконання дипломного проекту дається 90 днів, тобто 3 місяця. Виконавець дипломного проекту працює по 6 годин в день, 6 днів на тиждень, тобто 26 днів у місяць, або 156 год/місяць. Станом на 01.01.2017 мінімальна заробітна плата становить 3200 грн/місяць, або 19,34 грн/год, а також врахуємо тарифний коефіцієнт, який для інженерів (10 – 12 розряд єдиної тарифної сітки) дорівнює 1,82 – 2,12. Розрахуємо заробітну плату (ЗП) виконавця за весь період:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		58

Визначимо також заробітну плату викладачів, які консультують виконавця дипломного проекту з тих чи інших питань. Так як всі консультанти – доценти к.т.н, то їх ЗП становить 7000 грн/місяць, тоді визначимо скільки часу вони затрачають на консультування по виконанню дипломного проекту:

- Матеріальний баланс – 8 год/місяць.
- Математична модель – 8 год/місяць.
- Автоматизація – 8 год/місяць.
- Економіка – 8 год/місяць.
- Охорона праці – 8 год/місяць.
- Креслення та плакати – 8 год/місяць.
- Керівник дипломного проекту – 8 год/місяць.
- Завідуюча кафедри – за 3 місяці витрачає 30 хвилин.
- Контроль і перевірка виконаної роботи – за 3 місяці витрачається 1 година.

В середньому викладачі відпрацьовують приблизно 160 год/місяць, за які отримують 7 000 грн, тоді можна вважати, що за 1 годину праці викладачі отримують в середньому 43,75 гривень. Заробітна плата викладачів відповідно їх обов’язкам консультування по дипломному проекту наведена в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Заробітна плата викладачів відповідно їх обов’язкам

Загальні витрати університету на заробітну платню викладачам та виконавцю дипломного проекту становить:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		59

А також врахуємо нарахування, які складають 22 % від заробітної плати, тоді фонд оплати праці (ФОП) становитиме:

Розрахунок вартості комп'ютера, програм та його налаштувань враховувати не будемо, так як на момент видачі завдання по дипломному проекту вже були куплені, встановлені та налаштовані.

Таким чином нам залишається розрахувати витрати на оренду приміщення, електроенергію та видаткові матеріали, які знадобилися для виконання поставленої задачі.

- 1) Витрата електроенергії ( $V_e$ ) враховує освітлення приміщення ( $V_o$ ) та живлення персонального комп'ютера ( $V_{пк}$ ):

$$V_e = (V_o + V_{пк}) \cdot ГР = (0,3 \text{ кВт/год} + 0,6 \text{ кВт/год}) \cdot 468 \text{ год} = 421,2 \text{ кВт},$$

де ГР – години роботи.

Враховуючи вартість електроенергії ( $C_e$ ) на 2017 рік, яка дорівнює 2 грн/кВт, вартість витраченої електроенергії ( $E$ ) становитиме:

- 2) Витрати на видаткові матеріали зведені до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Витрати на видаткові матеріали

- 3) Витрата на оренду приміщення становить 430 грн/місяць, тоді за три місяці вартість становитиме 1 290 грн (ОФ – основні фонди).

Знаючи основні витрати, можна розрахувати оборотні засоби (ОбЗ):

Тоді собівартість ( $C$ ) становитиме:

де  $A = \Phi_{п.п} + P = 1\,290 + 120 = 1\,410$  грн – амортизація;  $\Phi_{п.п}$  – повна початкова вартість;  $P$  – витрати на ліквідацію ОФ після закінчення експлуатації.

Визначимо ціну дипломного проекту:

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		60

де  $\Pi = 40\%$  – прибуток; ПДВ – податок на додану вартість, який становить  $20\%$  від суми собівартості та прибутку.

Техніко-економічні показники зведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Техніко-економічні показники дипломного проекту

Отже, собівартість дипломного проекту з автоматизації хіміко-технологічних процесів університету становить 31 767,82 грн.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		61

## **6 Охорона праці**

Технологічний об'єкт, що розглядається – виробництво циклогексанону гідрогенізацією фенолу, містить в обігу шкідливі та вибухонебезпечні речовини.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних умов праці розроблено заходи, спрямовані на покращення умов праці та рівня безпеки.

Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці пожежної безпеки. В даному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва.

### **6.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці**

#### **6.1.1 Повітря робочої зони**

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, за важкістю, що виконуються в приміщенні цеху, відносять до категорії «Іа». Для даної категорії робіт, у таблиці 6.1. наведені прийняті проектом значення параметрів мікроклімату виробничих приміщень для двох періодів року.

Таблиця 6.1 – Оптимальні та допустимі норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень.

Приміщення цеху обладнане системою кондиціонування, витяжними зонтами. В приміщенні цеху проектом передбачена загально обмінна механічна, припливна

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		62



вентиляція, а також контроль гранично допустимої концентрації (ГДК) небезпечних речовин у повітрі. Для відводу шкідливих виділень від місць їхнього утворення застосовуються системи механічної вентиляції й місцевої витяжки.

Крім того, передбачено наявність кімнат для відпочинку, нормальне функціонування систем опалення та використання засобів індивідуального захисту.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується  
(продовження)

За звичайних умов в цеху працює система кондиціонерів для підтримання оптимального мікроклімату. Залежно від кількості працівників кількість повітря визначається залежністю:

де  $n$  – кількість працівників;  $L$  – витрата повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм СН 245–7.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		64

В цеху постійно присутні 2 оператори, при об'ємі приміщення до  $V = 20 \text{ м}^3$ , кількість повітря на людину  $L = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ . Розрахована кількість повітря для цеху:

Оскільки в ході технологічного процесу використовуються токсичні і вибухонебезпечні речовини – фенол і водень, для запобігання отруєнь, або вибухонебезпечних ситуацій передбачається аварійна витяжна вентиляція що вмикається автоматично. Вибираємо вибухозахищений вентилятор марки ВЦ 14-46-2.

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення нормального освітлення застосовується природне бокове освітлення та штучне загальне освітлення.

Для створення комфортних умов зорової роботи оператора необхідні параметри освітлення, які наведені у таблиці 6.3. Природне і штучне освітлення робочих місць здійснюється у відповідності з вимогами ДБН В.2.5-28-2006.

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

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщенні передбачено чистити вікна і світильники не менше двох разів на рік і своєчасно замінювати лампи, що перегоріли.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		65

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна, ремонтна, охоронна. Для виконання ремонтних і аварійних робіт застосовуються лампи розжарювання.

Для освітлення виробничого приміщення передбачені газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛХБ, ЛДЦ, ЛД). Для місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого будуть використовуватися світильники прямого типу. Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксометри Ю-117 з періодичністю 1 раз на рік, та після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп.

Окрім виробничого цеху, на виробництві наявний цех операторів АСУТП. Площа цього приміщення становить  $18 \text{ м}^2$ . Проведемо розрахунок необхідної кількості світильників для цеху операторів АСУТП (ширина,  $a = 3 \text{ м}$ ; довжина,  $b = 6 \text{ м}$ ; висота,  $h = 3 \text{ м}$ ).

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо необхідний світловий потік за формулою:

де  $F$  – світловий потік, що розраховується, Лм;

$E = 200 \text{ Лк}$  – нормована мінімальна освітленість;

$S$  – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку  $S = 18 \text{ м}^2$ );

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

$K$  – коефіцієнт запасу, в нашому випадку  $K = 1,5$ ;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін ( $\rho_{\text{ст.}}$ ), стелі ( $\rho_{\text{сл}}$ ) та підлоги ( $\rho_{\text{п}}$ ), значення коефіцієнтів дорівнюють  $\rho_{\text{сл}} = 0,7$ ,  $\rho_{\text{ст.}} = 0,5$  і  $\rho_{\text{п}} = 0,3$ .

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

де  $h_c = 1 \text{ м}$  – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Знаючи індекс приміщення  $I$  знаходимо значення  $\eta = 0,54$ .

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		66

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

Для освітлення використані лампи типу ЛХБ-40, світловий потік яких  $F = 3100$  Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

де  $N$  – кількість ламп, що визначається;  $F$  – світловий потік;  $F_n$  – світловий потік лампи.

В приміщенні використовуються світильники типу ШОД. Кожен світильник комплектується двома лампами, тобто необхідно використовувати 2 світильники.

### 6.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелами вібрацій та шумів на виробництві є таке устаткування: компресор, випарник, сепаратори, насоси, реактори та ректифікаційні колони.

У виробничих приміщеннях прийнята норма рівня звуку становить 75 дБА, якому відповідає фактичне значення шуму 67 дБА. Допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1-го ступеня шкідливості – до 3 дБ, для 2-ої ступені шкідливості – до 3,1 дБ, для 3-ї ступені шкідливості - більше 3,1 дБ. Дане виробництво належить до 2-го ступеня шкідливості по вібрації.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглинаючі у вигляді

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		67

перфорованих кубів і куль, підвішених над агрегатами, які спричиняють шум. Для зниження рівня вібрації під вібруюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин.

В якості індивідуальних засобів захисту від шуму передбачено м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрацій застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками.

Для захисту від вібрацій що передаються через ноги передбачено взуття товстою гумовою підошвою. Для вимірювання шуму та вібрації використовується вимірювач шуму та вібрації марки ВШВ-003.

#### **6.1.4 Електробезпека**

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією ПУЕ (правила установки електрообладнання) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х фазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму з глухозаземленою нейтральною напругою 220/380 В і частотою 50 Гц.

Основними причинами ураження струмом є:

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;
- поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування (корпусах, кожухах і т. д.), у результаті ушкодження ізоляції й за інших причин;
- випадковий дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

Поява напруги на неструмопровідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є занулення, захисне відключення. Заземлення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		68

генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухо заземленим вводом джерела однофазного струму, з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, встановлена всередині робітничих приміщень, повинна мати ступінь захисту  $I_p = 51$  (ГОСТ 14254-80).

Розраховано силу струму, яка проходить крізь людину:

де  $I_{л}$  – струм, який проходить через людину;  $R_1$  – опір тіла людини (2...4 кОм);  $R_o$  – опір заземленої нейтралі ( $\approx 4$  Ом),  $U_{дот}$  – напруга дотикання.

Отже, як бачимо із порівняння розрахованих значень струму і напруги з гранично допустимими (ГОСТ 12.1.038-82), порушення вимог правил електробезпеки може викликати тяжкі наслідки для здоров'я та життя людини.

В особливо тяжких умовах ізоляція електрообладнання знаходиться у витяжній шафі.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо, чи у поєднанні один з одним такі способи та засоби:

- Колективні засоби: заземлення, занулення, захисне відключення, вирівнювання потенціалів, мале напруження; електричне розділення мереж, ізолюючі захисні засоби, огорожувальні захисні засоби (струмоведучі частини знаходяться в спеціальній скрині, шафі, камері), автоматична сигналізація і блокування.
- Індивідуальні засоби: діелектричне покриття підлоги, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, інструменти з ізолюючими ручками і показниками напруги, струмовимірювальні кліщі.

Так, під час роботи використовується апаратура з заземленням I класу, тобто заземлення відбувається автоматично при включенні вилки в розетку.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		69

### 6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

На підприємстві є механізми, які можуть завдати обслуговуючому персоналу травм:

- обертові деталі;
- апарат під тиском (до 202 кПа).

Можливе падіння людей з висоти 3 м, тому повинне бути зроблене огороження перилами висотою до 1 м в місцях проходу людей.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму, неправильній експлуатації обладнання, поломці обладнання, та можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

Головні причини аварійних ситуацій: припинення подачі технологічної води, порушення герметичності установок, відключення електроенергії, прорив транспортних труб, безлад на робочих місцях, порушення технологічного режиму, невиконання правил з техніки безпеки.

### 6.2 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- механічне пошкодження електромережі;
- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;
- використання стержневих блискавковідводів.

Можливість поширення пожежі в будинках в значній мірі залежить від вогнестійкості основних будівельних конструкцій приміщення, планування і розміщення обладнання в будівлі. Цех з виробництва, згідно ДБН В.1.1-7 – 2002, належить до категорії В будівель.

Приміщення категорії В слід розміщувати біля зовнішніх стін, а в багатоповерхових будівлях – на верхніх поверхах. Для зменшення можливого збитку від вибуху газоповітряних сумішей передбачено у зовнішній частині

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		70



будівлі спеціальні легко відкидні конструкції. У будівлі передбачається три евакуаційні виходи, 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 становить 0,9 м.

Для виявлення початкової стадії пожежі в зовнішніх установках розташованих у вибухонебезпечному середовищі, є сповіщувачі вибухонебезпечного виконання ТРВ - 1.

У цеху встановлено газоаналізатор водню для виявлення його витоку, за аварійної ситуації, для запобігання утворення вибухової суміші, вмикається система аварійної вентиляції. Дані про вибухонебезпечні речовини, що присутні в цеху, наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечні речовин і матеріалів. Класифікація виробництва по пожежо- і вибухонебезпечності.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		71

## ВИСНОВКИ

В ході виконання даного бакалаврського проекту був розглянутий процес рідкофазної гідрогенізації фенолу.

Задачі, які були вирішені:

1. За допомогою програми-симулятора Chemcad 6.3.1 був виконаний комп'ютерний розрахунок матеріального балансу схеми.
2. Обрано та розраховано математичну модель реактора для процесу гідрогенізації фенолу.
3. Розроблений обчислюваний модуль розрахунку основних конструктивних параметрів реактора гідрогенізації фенолу у середовищі C++.
4. Розроблено схему автоматизації процесу гідрогенізації фенолу, та підібрані технічні засоби автоматизації, для забезпечення процесу.
5. Проведено економічне обґрунтування та доцільність придбання засобів автоматизації на підприємстві.
6. Були розроблені заходи, які направлені на створення безпечних умов праці та пожежної безпеки відповідно до санітарних норм і правил.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		72

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Циклогексанон [Електронний ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклогексанон>
2. Углеводороды. Ароматические углеводороды. Многоядерные ароматические углеводороды и их производные. Галогенопроизводные углеводородов, [Електронний ресурс] URL: <https://vunivere.ru/work5123/page8>
3. Dimian A. C. Chemical Process Design [Текст] / A. C. Dimian, Bildea C.S. – М.: WILEY-VCH – 2008. – 46с.
4. Використання пакету ChemCAD для моделювання хіміко-технологічних схем [Електронний ресурс] URL: <http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2008/pahomov-a.pdf>.
5. Кафаров В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств./Кафаров В. В. Глебов М. Б. – М. Высшая школа, 1991.-400с.
6. Бойко Т. В., Безносик Ю.О., Статюха Г.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Навчальний посібник, гриф МОН, Київ, Політехніка, 2014. – 113 с.
7. Справочник химика-технолога. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://chem21.info/page/224250008012127129063057027082237019219181140221>.
8. LHHW Kinetics [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ru.scribd.com/doc/92000117/LHHW-Kinetics>
9. Сосновоборский машиностроительный завод [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sbmz.ru/reaktory>.
10. Завод металлоконструкций и промышленного оборудования «ЮВС» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.uvsprom.ru/group/reaktor-himicheskij/item/718-kupit-zakazat-reaktor>
11. Chemical Technology - II (Web). Module 3. Petrochemicals. [Електронний ресурс].Режим доступу: <http://nptel.ac.in/courses/103103029/19>.
12. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр” за напрямом підготовки 0925 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” [Текст]. / Уклад.: Г. О. Статюха, та ін. – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2007. – 55 с.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		73

13. Официальный сайт «ВАТ ОВЕН»[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.owen.ru/> - Название с экрана.
14. Официальный сайт KROHNE Ukraine [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ua.krohne.com/> - Название с экрана.
15. Економіка підприємства [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.dgma.donetsk.ua/metod/uo/ep/ep003.pdf>
16. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: ДСН 3.3.6.042-99 - № 42; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
17. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст]: ДСН 3.3.6.037-99 - № 37; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
18. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Текст]: ДСН 3.3.6.039.99 - № 39; [чинний від 01-12-1999] – Оф. видання Міністерства охорони здоров'я України.
19. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Текст]: ГОСТ 12.1.029-80 - N 5237 утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 октября 1980 г.
20. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Текст]: ГОСТ 12.1.038-92
21. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. [Текст]: СНиП 2.01.02-85.

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		74

# ДОДАТКИ

Додаток А

Звіт з виконаних розрахунках матеріальних балансів у середовищі ChemCad 6.3.1

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		75

Моделювання реактора гідрогенізації фенолу

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		76

**Лістинг програмного коду розрахункового модуля**

					ХА 3109 1490 001 ПЗ	Аркуш
Вик.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		77