РЕФЕРАТ

АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ, 2-ФЕНІЛПРОПАН, АЛКІЛУВАННЯ БЕНЗОЛУ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТРУБЧАСТИЙ РЕАКТОР

Пояснювальна записка 82 с., 15 рис., 29 табл., 4 додатки, 16 джерел.

Темою проекту є комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу отримання 2-фенілпропану.

Метою проекту є дослідження процесу отримання 2-фенілпропану, внаслідок реакції алкілування бензену пропіленом з домішками пропану.

Виконано комп'ютерний розрахунок матеріального балансу у програмі-симуляторі ChemCad 7.

Розраховано математичну модель трубчастого реактора, кінетику реакції та конструктивні параметри реактору в середовищі MathCAD 15 та розроблено програмний модуль в інтегрованому середовищі MS Visual Studio 2015 на мові C#.

Запропоновано схему автоматизації процесу. Обрані відповідні технічні засоби автоматизації

Проведено економіко-організаційні розрахунки даного процесу та виконано порівняння отриманих параметрів для підприємства до автоматизації та після.

Розглянуто техніку безпеки проведення виробничого процесу. Досліджені основні фактори небезпеки виробництва 2-фенілпропану та шляхи мінімізації їх впливу.

РЕФЕРАТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛИВАНИЕ, 2-ФЕНИЛПРОПАН, АКЛКИЛИРОВАНИЕ БЕНЗОЛА, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, ТРУБЧАСТЫЙ РЕАКТОР

Пояснительная записка 82 с., 15 рис., 29 табл., 4 приложения, 16 источников.

Темою проекту является компьютерное моделирование и автоматизация процесса получения 2-фенилпропана.

Целью проекту является исследование процесса получения 2-фенилпропана, в результате реакции алкилирования бензола пропиленом.

Выполнен компьютерний расчет материального баланса у программе-симуляторе ChemCad 7.

Рассчитано математическую модель трубчастого реактора, кинетику реакции и конструктивные параметры реактору в среде MathCAD 15 и разработано програмний модуль в интегрированной среде MS Visual Studio 2015 на языке C#.

Предложено схему автоматизации процессу. Избранные соответствующие технические средства автоматизации.

Проведены экономико-организационные расчеты данного процесса и выполнено сравнение полученных параметров для производства до автоматизации и после.

Рассмотрено технику безопасности проведения производственного процесса. Иследованные основные факторы опасности производства 2-фенилпропану и пути минимизации их влияния.

ABSTRACT

AUTOMATION, COMPUTER MODELING, CONTROL AND REGULATION, (PROPAN-2-YL)BENZENE, ALKYLATION OF BENZOL, MATERIAL BALANCE, TUBULAR REACTOR

Explanatory note 82 p., 15 figures, 29 tables, 4 annexes, 16 sources.

The subject of the project is computer modeling and automation of the process of getting (propan-2-yl)benzene.

The purpose of the project is receiving process researches (propan-2-yl)benzene, owing to benzene alkylation reaction propylene with propane impurity.

The computer calculation of the material balance of the process in the program- the simulator ChemCAD 7.

The mathematical model of the tubular reactor, reaction kinetics and design parameters of the reactor in the environment of MathCAD 15 and the software module in integrated environment MS Visual Studio 2015 on C# is developer.

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

It is carried out economic - organizational calculations of this process and a comparison of the obtained parameters for the enterprise before and after automation is performed.

Consider carrying out safety production process. Investigated the main factors of danger for the production of (propan-2-yl)benzene and ways of minimization of their influence.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень 8
Вступ 9
1 Технологічна схема отримання 2-фенілпропану 10
1.1 Загальні теоретичні відомості 10
1.2 Опис отримання 2-фенілпропану 10
2 Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва 2-фенілпропану 13
3 Комп'ютерне моделювання технологічного апарату – трубчастого реактора алкілування 15
3.1 Розв'язок математичної моделі реактора 15
3.2 Технічні характеристики програмного модуля 18
3.3 Інструкція користувачу до програмного модуля 21
4 Автоматизація технологічної схеми виробництва 2-фенілпропану 23
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми 23
4.2 Опис схеми автоматизації 25
4.2.1 Регулювання та контроль температури 25
4.2.2 Регулювання та контроль витрати 26
4.2.3 Регулювання та контроль рівня 26
4.2.4 Сигналізація концентрації 27
4.2.5 Контур перемикання 27
5 Економічні розрахунки добування 2-фенілпропан 28
5.1 Схема організації цеху 28
5.2 Технологічна підготовка підприємства **Ошибка! Закладка не определена.**
5.3 Оптимальний вид руху предметів праці 29
5.4 Чисельність персоналу 29
5.5 Контроль виробництва ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
5.6 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва 31
5.7 Розрахунок техніко-економічних показників 33
5.8 Розрахунок економічної рентабельності автоматизації процесу добування кумолу 34
5.9 Порівняння техніко-економічних показників до та після автоматизації 36
6 Охорона праці 36

6.1 Виявлення та аналіз шкідливих, небезпечних виробничих факторів в умовах проектованого виробництва. Заходи з охорони праці 37
6.1.1 Повітря робочої зони 37
6.1.2 Виробниче освітлення 37
6.1.3 Виробничий шум і вібрація..... 40
6.1.4 Електробезпека..... 40
6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання 42
6.2 Пожежна безпека..... 43
Висновки 63
Перелік посилань..... 64
ДОДАТКИ.....**Ошибка! Закладка не определена.**
Додаток А.....**Ошибка! Закладка не определена.**
Додаток Б .....**Ошибка! Закладка не определена.**
Додаток В.....**Ошибка! Закладка не определена.**
Додаток Г .....**Ошибка! Закладка не определена.**

Перелік умовних позначень та скорочень

ДІПБ – диізопропілбензол;

ХТС – хіміко-технологічна система;

C_i – концентрація, Кмоль/м^3;

V – об'єм, м^3;

D – діаметр, м;

T – температура, ^{o}К;

F– витрата, м^3/с;

t – час, с;

l - координата довжини реактора, м;

L– довжина, м;

k_i– константи швидкості хімічної реакції;

Wr_i– швидкість протікання реакції по і-му компоненту;

R – радіус реактора, м;

u– середня лінійна швидкість потоку в реакторі ідеального витіснення, м/с;

τ - час перебування в реакторі, с;

А – амортизація основних фондів;

ГДК – гранично допустима концентрація;

С – собівартість;

ОФ – основні фонди;

ФВ – фондовіддача виробничих фондів;

Ц – ціна на продукцію (послугу чи роботу);

П – прибуток;

Р – рентабельність;

$Т_п$ – термін повернення капіталовкладень;

ФЄ – фондоємність;

Е – коефіцієнт економічної ефективності;

Вступ

Однією з найбільш важливих та розвинених областей хімічної технології є синтез органічних та нафтохімічних продуктів. Більшість синтезованих речовин є напівпродуктами, які необхідні для синтезу інших речовин.

2-фенілпропан та фенілетан застосовують в хімічній технології в якості добавки до бензинів для збільшення їх октанового числа, для синтезу фенолу, ацетону, полімерних матеріалів.

В процесі отримання 2-фенілпропану утворюється диізопропілбензол, який в промислових масштабах окислюють до дигідроперекисей, з яких потім синтезують дикарбонові ароматичні кислоти.

2-фенілпропан отримують в процесі алкілування бензолу пропіленом з домішками пропану в присутності каталізатора - комплексу хлориду алюмінію з ароматичними вуглеводнями.

Використання комплексу безводного хлориду алюмінію, який є найактивнішим каталізатором, дозволяє здійснювати процес в рідкому середовищі агента, що алкілується [1].

На виробництво 2-фенілпропану щорічно відходить 7-8% синтезу промислового пропілену.

Тому вивчення хімізму та механізму алкілування і особливостей проведення процесу, розробка технологічних схем із застосуванням екологічно безпечних каталізаторів, являються до сих пір актуальними завданнями.

В Україні, на сьогоднішній день, 2-фенілпропан не виробляють, так як для його виробництва необхідні великі енергетичні затрати.

1 Технологічна схема отримання 2-фенілпропану

1.1 Загальні теоретичні відомості

Для синтезу 2-фенілпропану існує 2 основних шляхи:

1) алкілування в рідкій фазі з каталізаторами $AlCl_3$, H_2S0_4, або HF;
2) алкілування в паровій фазі на твердих каталізаторах [1].

Це ароматична органічна сполука, безбарвна горюча рідина з запахом бензину. Практично нерозчинний в воді, змішується з етиловим спиртом, ефіром, бензолом і багатьма іншими органічними розчинниками.

2-фенілпропан (або кумол) цінується, через низьку температуру затвердіння – -96 ºС, та як компонент авіаційного бензину з високим октановим числом. Має температуру кипіння 152,4 ºС[1].

1.2 Опис отримання 2-фенілпропану

Особливістю досліджуваної технологічної схеми є отримання 2-фенілпропану ($C_6H_5 - C_3H_7$) алкілуванням бензолу (C_6H_6) пропіленом з домішками пропану (C_3H_6, не більше 10%) в трубчастому реакторі та послідовним відділенням домішок у ректифікаційних колонах.

Реакція утворення 2-фенілпропану :

$$C_6H_6 + C_3H_6 = C_6H_5 - C_3H_7, \quad (1.1)$$

В реакторі алкілування паралельно протікає побічна реакція утворення диізопропілбензолу [2]:

$$C_6H_5 - C_3H_7 + C_3H_6 = C_3H_7 - C_6H_4 - C_3H_7, \quad (1.2)$$

Реакція 1.2 є досить малоймовірною, але в залежності від умов, на виході присутня певна кількість диізопропілбензолу [1].

Основні стадії отримання кумолу методом алкілування :

1) Підготовка сировини та направлення бензену й пропілену до змішувача;

2) підтримка заданої температури 80 – 100 ºС під час реакції у трубчатому реакторі;

3) відділення домішок від 2-фенілпропану.

Технологічна схема отримання 2-фенілпропану представлена на рисунку 1.1.

На першому етапі відбувається змішування свіжого бензену та бензену, що повертається зі стадії роділення, і пропілену з домішками пропану. Після чого утворену суміш нагрівають у теплообміннику до 100 ºС, та направляють в реактор алкілування 1. В алкілаторі зростає температура внаслідок екзотермічної реакції утворення 2-фенілпропану, тому в реактор подається холодна вода для підтримки температури 80 – 100 ºС.

Продукти реакції розділяють в 3-х безперервно діючих ректифікаційних колонах, в кожній з яких ми відділяємо домішки в залежності від їх фізичних властивостей.

Утворену реакційну суміш нагрівають до 150 ºС в теплообміннику , і відправляють до входу ректифікаційної колони 2. Вихідна суміш у теплообміннику має температуру 200 ºС, тому її подають до теплообмінника , де охолоджують до 90 ºС

Далі потік направляють до входу ректифікаційної колони 3. Бензол, що відділяють подають на вхід дефлегматора, а потім охолоджують до 20 - 30 ºС у теплообміннику , і за допомогою насоса відправляють на повторне змішування з пропіленом й бензолом.

Рисунок 1.1 –Схема отримання кумолу

1 – алкілатор; 2, 3, 4 - ректифікаційні колони;

Суміш 2-фенілпропану та диізопропілбензолу подають на вхід ректифікаційної колони 4.

Кумол, що відділяють від диізопропілбензолу, на виході має температуру приблизно 100 ºС. Залишки диізопропілбензолу мають температуру 150 ºС.

Дана технологічна схема добування 2-фенілпропану, за допомогою відділення домішок у ректифікаційних колонах 2,3,4 забезпечує чистоту кумолу 99,9% [4].

2 Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва 2-фенілпропану

Розрахунок проводиться з метою дотримання необхідних витрат та отримання необхідної кількості цільового продукту. Проводяться розрахунки таких величин: теплових та матеріальних балансів, ступеню перетворення речовин, енергії активації, ентальпій, продуктивність речовин, охолоджуваної води, гріючої пари.

В даному розділі проведено розрахунок матеріальних балансів процесу отримання 2-фенілпропану в реакції алкілування бензену пропіленом з домішками пропану, розраховано загальні та покомпонентні витрати.

Для розрахунку була використана програма-симулятор ChemCAD. Розроблена схема процесу наведена на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Схема процесу отримання 2-фенілпропану у програмі-симуляторі ChemCad:
1 – змішувач; 2, 5, 7, 9 – теплообмінники; 3,4 – кінетичний реактор; 6, 8, 10 – ректифікаційні колони

У розробці схеми було використано моделі апаратів, що мають найбільший на матеріальний баланс. Вхідні та вихідні потоки моделі наведено у таблиці 2.1 [5].

Таблиця 2.1 – Список застосованих моделей апаратів у схемі ChemCad

Описання застосованих модулів:

- Stream Mixer (1) – змішувач вхідніх потоків.
- Simple Heat Exchanger (2)– теплообмінник, який нагріває вхідний потік до 100 ºС.
- Kinetic Reactor (3,4)– реактор, у якому протікає реакції утворення 2-фенілпропану та диізопропілбензолу при 100 ºС.

- Simple Heat Exchanger (5) – теплообмінник, що нагріває вхідну суміш до 150 ºС.
- Component Separator (6) – колона, яка відділяє пропан від вхідної суміші.
- Simple Heat Exchanger (7) – теплообмінник, що охолоджує вхідну суміш до 90 ºС.
- Component Separator (8) – колона, яка відділяє бензен від вхідної суміші.
- Simple Heat Exchanger (9) – теплообмінник, що охолоджує бензол-рецикл до 25 ºС.
- Component Separator (10) – колона, який відділяє 2-фенілпропан від диізопропілбензолу.

Розраховані значення та витрати потоків наведено у таблицях 2.2 – 2.6.

На основі отриманих розрахунків можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу добування 2-фенілпропану у програмі-симуляторі ChemCad 7.1.2 розроблена вірно.

Звіт з витрат потоків розробленої схеми наведено у додатку А.

3 Комп'ютерне моделювання технологічного апарату – трубчастого реактора алкілування

3.1 Розв'язок математичної моделі реактора

Алкілування – це хімічна реакція, внаслідок якої до ядра приєднується алкіл.

Ця реакція здійснюється в реакторах різних конструкцій. В більшості алкілування проводять в трубчастих реакторах. Вони дешеві у виготовлені, внаслідок простої конструкції[3].

Реакція отримання 2-фенілпропану має вигляд (3.1):

$$C_6H_6 + C_3H_6 = C_6H_5 - C_3H_7 \quad (3.1)$$

Під час реакції використовується рідкий каталізатор $AlCl_3$, температура протікання реакції 373 К при атмосферному тиску.

Процес характеризується виділенням значної кількості енергії, але, за рахунок подачі холодної води до сорочки реактора, температура залишається в межах 100 °С. Вважаючи температуру сталою, можна зробити припущення, що реактор працює в ізотермічному режимі[1].

Математичне моделювання проводиться з припущенням, що це реактор ідеального витіснення.

В реакторі ідеального витіснення приймаються такі допущення:

1) поршневе просування без змішування вздовж потоку, та рівномірному розподілі реакційної маси.
2) температура й коефіцієнт швидкості реакції будуть постійні.
3) час перебування часток суміші однаковий.

Особливістю способу добування кумолу є повне використання пропілену під час алкілування.

Таким чином, складаємо кінетичну модель реакції алкілування з початковими умовами (3.2):

$$\begin{cases} W_A = \frac{dC_A}{dt} = -k * C_A * C_B \\ W_B = \frac{dC_B}{dt} = -k * C_A * C_B \\ W_C = \frac{dC_C}{dt} = k * C_A * C_B \end{cases} \quad (3.2)$$

При $t = 0$, .концентрації компонентів будуть дорівнювати:

$$\begin{cases} C_{A0} = 6{,}34 \\ C_{B0} = 1{,}4 \\ C_{C0} = 0 \end{cases}$$

де W_A, W_B, W_C – швидкість протікання реакції, моль/(л*с); k - константа швидкості реакції, л/(моль*с); t - час проведення реакції, с; C_{A0}, C_{B0}, C_{C0} – початкові концентрації компонентів на вході в реактор, моль/л.

Розраховуємо константу швидкості реакції за формулою (3.3) [2]:

$$k_1 = A \cdot e^{\frac{E}{R*T}}, \quad (3.3)$$

де $A = 6510$ – предекспоненціальний коефіцієнт; $E = -52564$ - енергія активації, Дж/(моль*л); R – універсальна газова стала, Дж/(моль*К); T – температура протікання реакції, К.

Для розрахунку використаємо математичний пакет MathCad 15.

Розв’яжемо систему за допомогою методу Ейлера.

Розв’язком даної системи є розраховане значення концентрацій компонентів в залежності від часу перебування в реакторі. Так як, в нашому реакторі використовується 99% пропілену, що являє собою час перебування реакції, то будемо відбирати час за цим критерієм.

Приклад розрахунків у MathCad 15 представлено у додатку Б.

Розрахувавши систему за методом Ейлера, реакція, при використанні 99% пропілену, закінчується за $\tau = 2200$ с.

Графік зміни концентрації компонентів за часом наведено у рисунку 3.1:

За допомогою раніше створеної схеми у ChemCad, маємо об'ємний видаток реакційної суміші: $w = 8{,}863$ м^3/год. Таким чином розраховуємо об'єм та довжину реактора (3.4, 3.5):

$$V = w/3600 * t, \tag{3.4}$$

$$L = \frac{V}{3.14 * r^2}, \tag{3.5}$$

де V – об'єм реактора, м^3; w – об'ємний видаток реактора на вході в реактор, м^3/с; L – довжина реактора, м; $r = 0{,}4$ – радіус робочої частини реактора зі стандартизованих розмірів, м.

Так як в процесі використовується трубчастий реактор, то найкращою моделлю є модель ідеального витіснення. В реакторі ідеального витіснення приймається припущення, що реакційна суміш рухається без змішування вздовж потоку при рівномірному розподілі реакційної маси у напрямку перпендикулярному рухові.

Перед складанням моделі реактора ідеального витіснення приймемо припущення, що час перебування часток однаковий і визначається за формулою лінійної швидкості (3.7):

$$u = \frac{w/3600}{S} \tag{3.6}$$

Також знаходимо площу поперечному перерізу потоку реакційної суміші (3.7):

$$S = \pi * r^2, \tag{3.7}$$

Записуємо математичну модель реактора ідеального витіснення (3.8):

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -U\frac{\partial C_i}{\partial l} + Wr_i, \tag{3.8}$$

де U - середня лінійна швидкість потоку в реакторі ідеального витіснення, м/с; l - координата довжини реактора, м.

Так як реакція відбувається при сталій температурі, і виходячі з цього відомо, що швидкість реакції не змінюється в часі, можемо записати математичну модель реактора ідеального витіснення з статичним режимом у вигляді (3.9):

$$-U\frac{\partial C_i}{\partial l} + Wr_i = 0 \tag{3.9}$$

У статичному ізотермічному режимі процес можна описати рівняннями покомпонентного матеріального (3.10):

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dl} = \frac{Wr_A}{u} = \frac{-k_1 * C_A * C_B}{u} \\ \frac{dC_B}{dl} = \frac{Wr_B}{u} = \frac{-k_1 * C_A * C_B}{u}, \\ \frac{dC_C}{dl} = \frac{Wr_C}{u} = \frac{k_1 * C_A * C_B}{u} \end{cases} \tag{3.10}$$

При початкових умовах:

$$\begin{cases} C_{A0} = 6{,}34 \\ C_{B0} = 1{,}4 \\ C_{C0} = 0 \end{cases}$$

Результатом буде визначення концентрацій компонентів по довжині реактора(рис. 3.2).

Отже, було знайдено розв’язок математичної моделі трубчастого реактора ідеального витіснення за допомогою програми MathCad 15. Приклад розрахунків представлено у додатку Б.

Рисунок 3.2 – Графік зміни концентрації за довжиною реактора

3.2 Технічні характеристики програмного модуля

За знайденою математичною моделлю трубчастого реактора ідеального витіснення, було створено програмний модуль розрахунків у вигляді програми в інтегрованому комп’ютерному середовищі VisualStudio C#.

Рішення проекту «ModelDiplom»: «Form1», «Form2», «Form3», «Form4», «Form5», «Form6».

Список застосованих елементів та їх функціональні можливості приведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля

З використанням обраних елементів були створені процедури, що дозволяють провести розрахунок трубчастого реактора ідеального витіснення.

Для розв’язування математичної моделі був розроблений алгоритм:

1. Запишемо початкові умови для розв’язання математичної моделі:
   - Ca_k – концентрація бензолу ;
   - Cb_k – концентрація пропілену;
   - T_k - температура реакції;
   - tk_k – максимальний час проведення реакції;
   - E_k – енергія активації;
   - A_k – предекспоненціальний коефіцієнт;
   - w_k – об’ємний видаток реакційної суміші;
   - d_k – діаметр реактора;
   - dl_k – крок інтегрування реактора.
2. Розраховуємо рівняння Арреніуса (3.11) та знаходимо кількість значень (3.12), при $R = 8.31$, $h = 10$:

$$k_k = A_k \cdot e^{\frac{E_k}{R*T_k}} \tag{3.11}$$

$$n = tk_k/h, \tag{3.12}$$

3. Далі починається цикл розрахунку системи кінетики реакції (3.2) за методом Ейлера:

$\mathrm{i} = 1, \dots \mathrm{n}; \mathrm{Ca1_0} = \mathrm{Ca_k}, \mathrm{Cb1_0} = \mathrm{Cb_k}, \mathrm{Cc1_0} = 0$ - умови циклу.

Записуємо систему функцій (3.13):

$$\begin{cases} \mathrm{fCa_{i-1}} = -\mathrm{k_k} * \mathrm{Ca1}_{i-1} * \mathrm{Cb1}_{i-1} \\ \mathrm{fCb_{i-1}} = -\mathrm{k_k} * \mathrm{Ca1}_{i-1} * \mathrm{Cb1}_{i-1}, \\ \mathrm{fCc_{i-1}} = \mathrm{k_k} * \mathrm{Ca1}_{i-1} * \mathrm{Cb1}_{i-1} \end{cases} \quad (3.13)$$

Систему розрахунку i+1 елементу(3.14):

$$\begin{cases} \mathrm{Ca1}_i = \mathrm{Ca1}_{i-1} + \mathrm{fCa_{i-1}} * \mathrm{h} \\ \mathrm{Cb1}_i = \mathrm{Cb1}_{i-1} + \mathrm{fCb_{i-1}} * \mathrm{h}, \\ \mathrm{Cc1}_i = \mathrm{Cc1}_{i-1} + \mathrm{fCc_{i-1}} * \mathrm{h} \end{cases} \quad (3.13)$$

Розрахунок часу проведення реакції (3.14) та умову закінчення процесу (3.15):

$$\mathrm{tim}_i = \mathrm{i} * \mathrm{h}, \quad (3.14)$$

$$\mathrm{Cb1}_i \leq \mathrm{Cb1_0} - \mathrm{Cb1_0} * 0.99 \quad (3.15)$$

4. Після знаходження концентрацій компонентів та часу закінчення реакції, знаходимо об’єм реактора (3.16), площу поперечного перерізу потоку реакційної суміші (3.17), довжину реактора (3.18) та лінійну швидкість реакційної суміші (3.19):

$$\mathrm{V_k} = \frac{\mathrm{w_k}}{3600} * \mathrm{tim}_i, \quad (3.16)$$

$$\mathrm{S_k} = \pi * (\frac{\mathrm{d_k}}{2})^2, \quad (3.17)$$

$$\mathrm{L_k} = \frac{\mathrm{V_k}}{\mathrm{S_k}}, \quad (3.18)$$

$$\mathrm{u_k} = (\frac{\mathrm{w_k}}{3600})/\mathrm{S_k} \quad (3.19)$$

5. Розраховуємо математичну модель реактора за методом Ейлера:

$\mathrm{i} = 1, \dots \mathrm{n}; \mathrm{Ca_l_0} = \mathrm{Ca_k}, \mathrm{Cb_l_0} = \mathrm{Cb_k}, \mathrm{Cc_l_0} = 0, \mathrm{lim_0} = 0$ - умови циклу.

Записуємо систему функцій (3.20):

$$\begin{cases} \mathrm{fCa_l_{i-1}} = (-\mathrm{k_k} * \mathrm{Ca_l}_{i-1} * \mathrm{Cb_l}_{i-1})/\mathrm{u_k} \\ \mathrm{fCb_l_{i-1}} = (-\mathrm{k_k} * \mathrm{Ca_l}_{i-1} * \mathrm{Cb_l}_{i-1})/\mathrm{u_k}, \\ \mathrm{fCc_l_{i-1}} = (\mathrm{k_k} * \mathrm{Ca_l}_{i-1} * \mathrm{Cb_l}_{i-1})/\mathrm{u_k} \end{cases} \quad (3.20)$$

Систему розрахунку i+1 елементу моделі реактору (3.21):

$$\begin{cases} \mathrm{Ca_l}_i = \mathrm{Ca_l}_{i-1} + \mathrm{fCa_l_{i-1}} * \mathrm{h} \\ \mathrm{Cb_l}_i = \mathrm{Cb_l}_{i-1} + \mathrm{fCb_l_{i-1}} * \mathrm{h}, \\ \mathrm{Cc_l}_i = \mathrm{Cc_l}_{i-1} + \mathrm{fCc_l_{i-1}} * \mathrm{h} \end{cases} \quad (3.21)$$

Розрахунок кількість точок (3.22) :

$$\mathrm{lim}_i = \mathrm{lim}_{i-1} + \mathrm{d_k}, \quad (3.22)$$

6. Далі є можливість відкрити вкладки з графічним та табличним представленням розрахованих значень, та зберегти звіт у файлі.

Приклад коду створеного програмного модуля знаходиться у додатку В.

3.3 Інструкція користувачу до програмного модуля

Програмний модуль призначений для розрахунку трубчатого реактору, що працює в екзотермічному режимі, при постійному тиску та температурі. Графічний інтерфейс наведено на рисунку 3.3.

Функціональні можливості вкладок:

1. «Загальне положення» - включає теоретичні відомості про цільовий продукт. Містить наступні кнопки:

- «Схема у програмі-симуляторі ChemCad» - відкриває вікно зі схемою отримання 2-фенілпропану, розробленої у ChemCad 7.1.5 (рис. 3.4);

- «Технологічна схема отримання кумолу» - відкриває вікно з технологічною схемою отримання 2-фенілпропану (рис.3.5);

-

- «Модель реактора ідеального витіснення» (рис.3.6);

2. «Розрахункова частина» - записує вхідні данні до проекту та розраховує шукані величини (рис. 3.7):

Містить поля для вводу необхідних даних та виводу розрахованих значень. Також на інтерфейсі є наступні кнопки:

- «Автоматичне введення даних» - самостійно заповнює поля початкових значень;
- «Розрахунок» - проводить належні розрахунки основних параметрів процесу, які протікають у трубчатому реакторі;
- «Звіт з обчислення» - відкриває вікно з розрахованими значеннями (рис. 3.8)., яке містить кнопку зберігання цих значень у форматі RTF (рис. 3.9):

- «Табличне та графічне зображення даних» - відкриває вікно з графічним та табличним зображенням знайдених величин (рис. 3.10):

За результатами розрахунків програмного модуля, було проведено дослідження математичні моделі реакції отримання 2-фенілпропану та трубчатого реактора ідеального витіснення.

4 Автоматизація технологічної схеми виробництва 2-фенілпропану

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Забезпечення необхідного рівня автоматизації виробництва є дуже важливим етапом розробки проекту. Проведення автоматизації виробництва надає можливість контролювати та регулювати якість вироблюваної продукції, убезпечити робоче місце, зменшити кількість початкової сировини та енергії. Так як внаслідок виробництва кумолу присутні небезпечні речовини, а сам процес потребує енергетичних затрат, то розробка і впровадження системи автоматизації є вкрай важливою.

Головною задачею технологічного процесу є синтезування необхідної кількості 2-фенілпропану. Основною метою розробки схеми автоматизації є вибір приладів та засобів, які забезпечують ефективне проходження технологічного процесу. Після аналізу технологічної схеми було виявлено, що першочерговим є контроль витрат сировини у необхідній пропорції, контури контролю витрат в реакторі, встановлення необхідного рівня в ректифікаційних колонах і перевірки концентрації пропану у приміщенні.

Для того щоб забезпечити якісний кінцевий продукт в необхідній кількості, потрібно провести контроль та регулювання таких параметрів [6]:

- витрати речовин на вході та виході реактора та ректифікаційних колон;
- співвідношення витрат бензолу та пропілену на виході зі змішувача;
- температури в теплообмінниках, трубчастому реакторі та на виходах ректифікаційних колон;
- концентрації пропану у приміщені робочого цеху;
- рівня кубового залишку ректифікаційних колон.

Було проведено аналіз та встановлено необхідні прилади та засоби автоматизації виробництва та параметри реєстрації, контролю й регулювання. Для безпечної роботи, підтримання параметрів, попередження

аварійної ситуації було обрано наступні параметри регулювання. Необхідні налаштування автоматизації наведені у таблиці 4.1.

На основі даних таблиці 4.1, була розроблена схема автоматизації процесу отримання 2-фенілпропану.

Засоби автоматизації підбирають враховуючи особливості технологічного режиму. При вибиранні необхідних засобів , були враховані такі правила:

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

Застосовані засоби автоматизації обрані за [7-9] та записані до специфікації у додатку Г.

4.2 Опис схеми автоматизації

4.2.1 Регулювання та контроль температури

Для вимірювання температури використовуються термоелектричні перетворювачі опору марки ТСПУ-0289 (поз. 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 14-1, 15-1, 16-1, 18-1, 21-1, 22-1) з діапазоном вимірювання температури -200-600 ºС, що призначені для вимірювання температури у рідких, газоподібних та сипучих речовинах шляхом перетворення опору в уніфікований сигнал 4-20 мА.

Далі сигнал подається на електричний ПІД-регулятор марки МТМ 620 (поз. 5-2, 6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 14-2, 15-2, 16-2, 18-2, 21-2, 22-2), який видає регулюючий вплив на виконавчий механізм (поз. 1-5, 5-3, 6-3, 7-3, 8-3, 9-3, 10-4, 13-4, 14-3, 15-3, 16-3, 17-4, 18-3, 20-4, 21-3, 22-3, 23-4, 26-4).

Для контролю та регулювання витрати використовується звужуючий пристрій діафрагма камерна ДКС 10-150 (поз. 1-1,3-1) з діаметром умовного проходу 150 мм, ДКС 10-250 (поз. 4-1, 13-1) з діаметром умовного проходу 250 мм, ДКС 10-175 (поз. 2-1, 17-1, 20-1, 23-1, 24-1) з діаметром умовного проходу 175 мм, ДКС 10-100 (поз. 10-1, 11-1, 26-1) з діаметром умовного проходу 100 мм, виготовлені зі сталі марки 12Х18Н10Т.

Сигнал поступає з витратоміра на дифманометр мембранний без шкальний ДМ-3583 М (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 10-2, 11-2, 13-2, 17-2, 20-2, 23-2, 24-2, 26-2), вихідний сигнал якого є вхідним на прилад контролю та регулювання витрати РП 120-30 (поз. 10-3, 13-3, 17-3, 20-3, 23-3, 26-3), після чого сигнал подається на виконавчий механізм МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 1-5, 5-3, 6-3, 7-3, 8-3, 9-3, 10-4, 13-4, 14-3, 15-3, 16-3,17-4, 18-3, 20-4, 21-3, 22-3, 23-4, 26-4).

В контурах 1 і 2, з дифманометра сигнал поступає на суматор МС-II EXP (поз. 1-3). На виході із суматора сигнал потрапляє в регулятор співвідношення УЗОР-01С (поз. 1-4).

В контурах 4, 5, 18, 42 сигнал з дифманометра поступає на показуючий автоматичний прилад РП 120-20 (поз. 3-3, 4-3, 11-3, 24-3), який дозволяє контролювати витрату.

4.2.2 Регулювання та контроль витрати

Для контролю та регулювання витрати використовується звужуючий пристрій діафрагма камерна ДКС 10-150 (поз. 1-1,3-1) з діаметром умовного проходу 150 мм, ДКС 10-250 (поз. 4-1, 13-1) з діаметром умовного проходу 250 мм, ДКС 10-175 (поз. 2-1, 17-1, 20-1, 23-1, 24-1) з діаметром умовного проходу 175 мм, ДКС 10-100 (поз. 10-1, 11-1, 26-1) з діаметром умовного проходу 100 мм, виготовлені зі сталі марки 12Х18Н10Т.

Сигнал поступає з витратоміра на дифманометр мембранний без шкальний ДМ-3583 М (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 10-2, 11-2, 13-2, 17-2, 20-2, 23-2, 24-2, 26-2), вихідний сигнал якого є вхідним на прилад контролю та регулювання витрати РП 120-30 (поз. 10-3, 13-3, 17-3, 20-3, 23-3, 26-3), після чого сигнал подається на виконавчий механізм МЕО-40/10-0,25-99К (поз. 1-5, 5-3, 6-3, 7-3, 8-3, 9-3, 10-4, 13-4, 14-3, 15-3, 16-3,17-4, 18-3, 20-4, 21-3, 22-3, 23-4, 26-4).

В контурах 1 і 2, з дифманометра сигнал поступає на суматор МС-II EXP (поз. 1-3). На виході із суматора сигнал потрапляє в регулятор співвідношення УЗОР-01С (поз. 1-4).

В контурах 4, 5, 18, 42 сигнал з дифманометра поступає на показуючий автоматичний прилад РП 120-20 (поз. 3-3, 4-3, 11-3, 24-3), який дозволяє контролювати витрату.

4.2.3 Регулювання та контроль рівня

Для контролю рівня в ректифікаційних колонах, застосовується комплект регулювання рівня САУ-М6, який включає в себе

кондуктометричний датчик (поз. 12-1, 19-1, 25-1) та електронний регулятор рівня рідини ЕРСУ-3(поз. 12-2, 19-2, 25-2). При занадто великій зміні рівня рідини в колонах прилад подає сигнал на регулятор витрати, який регулює витрату кубового залишку (поз. 13-3, 20-3, 26-3), і як наслідок стабілізацію рівня рідини в колонах. Даний комплект призначений для регулювання та підтримки в заданих межах рівня рідини в колонах.

4.2.4 Сигналізація концентрації

Для сигналізації про перевищення гранично допустимої норми вибухонебезпечного пропану використовують комплект для вимірювання концентрації КАЦ-021МС (поз. 27-1, 27-2, 27-3), до якого входять датчик GS133, підсилювач сигналу, реєстратор та сигналізація ЛС-47 (поз. HL1).

4.2.5 Контур перемикання

Для контролю насоса використовують: пост керування кнопковий марки ПКУ 15-21- 131-УЗ (поз. SB1, SB2), кнопку запобігання вимикання марки КМЕ – 5111 УЗ (поз. SA1) та магнітний пускач марки ПМ12-160210У2В (поз. МП1). Для сигналізації верхньої та нижньої межі рівня використовуються індикаторні лампи марки УПС-1 (поз. HL1, HL2).

5 Економічні розрахунки добування 2-фенілпропан

5.1 Схема організації цеху

Метою діяльності хіміко-технологічного цеху є отримання кумолу, який використовується в сфері виготовлення бензину, а також слугує одним із важливіших компонентів масла для двигунів, що експлуатуються в критичних умовах. Вид економічної діяльності: виробництво продуктів нафтопереробки (С.19.20).

Проект передбачає розробку цеху добування 2-фенілпропану, через алкілування бензену пропіленом з домішками пропану. Організаційна структура повинна повністю забезпечити потреби цеху в обслуговуванні. На підприємстві повинні працювати (рис. 5.1):

Під час отримання 2-фенілпропану утворюються залишки диізопропілбензолу. Продуктивність цеху представлено у таблиці 5.1:

Виробничі операції можна класифікувати:

I. Основні:
   1. Змішування бензолу з пропіленом;
   2. Нагрівання суміші до необхідної температури;
   3. Процес алкілування бензолу пропіленом у реакторі;
   4. Відокремлення домішок від утвореного кумолу;
   5. Транспортування готового продукту на склад.

II. Допоміжні:
   1. Закупівля, транспортування та проведення аналізів сировини;
   2. Закупівля необхідних деталей для приладів;
   3. Огляд працездатності приладів.

III. Бічні: утилізація або продаж (на переробку) відходів.

IV. Підсобні: чистка обладнання та цеху.

5.3 Оптимальний вид руху предметів праці

Процес добування 2-фенілпропану через алкілування бензолу пропіленом має наступні припущення: безперервний режим роботи, рівномірний розподіл речовин у поперечному перерізі, частки перебувають у реакторі за одним часом.

Тривалість виробничого циклу показано у таблиці 5.2:

Хіміко-технологічний процес передбачає безперервний режим роботи. Обладнання підібрано таким чином, що на жодній стадії не відбувається простою, що дозволяє обрати синхронізований ВРПП(рис. 5.2) [10]. Наступна стадія починається ще до завершення попередньої через те, що для того щоб почати виконувати наступну стадію ВРПП не потрібно чекати повне завершення попередньої. Таким чином ми досягаємо відсутність часу простою в апаратах, що позитивно відображається на техніко-економічних показниках підприємства.

5.4 Чисельність персоналу

У персоналу, що працює, для підтримання безперервного режиму роботи цеху, графік характеризується 6-ти годинним робочим чергуванням, так як на робочому місці присутні шкідливі умови праці. До такого персоналу відносяться: інженер-технолог, лаборант, два оператора пульта управління, двоє механіка та охоронець.

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

Явочна чисельність робітників цеху: $Ч_{явочна} = 7$ працівників.

Тривалість роботи підприємства на рік (5.1):

$$T_{рік}^{підпр} = 365 * 24 = 8760 \text{ год/рік} \quad (5.1)$$

Тривалість роботи працівника на рік (5.2):

$$T_{рік}^{прац} = \frac{365}{T_{зм.об.}}(T_{зм.об.} - T_{вих.})T_{зм.} = \frac{365}{25}(25 - 5) * 6 = 1752 \text{ год/рік} \quad (5.2)$$

де $T_{зм.об.}$ - змінооборот, днів; $T_{вих.}$ - кількість вихідних; $T_{зм.}$ – час зміни.

Кількість бригад (5.3):

$$N_{бриг.} = \frac{T_{рік}^{підпр}}{T_{рік}^{прац}} = \frac{8760}{1752} = 5 \quad (5.3)$$

Кількість робочого персоналу за списком (5.4):

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot \frac{T_{рік}^{підпр}}{T_{рік}^{прац}} = 7 \text{ осіб} * 5 = 35 \text{ осіб} \quad (5.4)$$

Графік роботи в цеху буде поділятись на:

I зміна – 6.00 – 12.00; II зміна – 12.00 – 18.00;

III зміна – 18.00 – 00.00; IV зміна – 00.00 – 6.00.

Також, для підтримки безперервного виробництва ізопропілбензолу нам знадобиться 5 бригад. Таким чином можемо скласти графік змінності робочого персоналу (табл. 5.3):

У адміністрації графік характеризується 8-годинним робочим днем, 5 днів на тиждень. До такого персоналу відносяться: начальник цеху та бухгалтер. Явочна чисельність адміністрації: $Ч_{явочна} = 2$ особи

Тривалість роботи працівника на рік:

$$Т_{рік}^{прац} = \frac{365}{Т_{зм.об.}}(Т_{зм.об.} - Т_{вих.})Т_{зм.} = \frac{365}{7}(7-2) * 8 = 2085 \text{ год/рік}$$

Кількість адміністративного персоналу за списком: $Ч_{яв} = 2$ особи.

Графік роботи адміністрації з 8.00 – 16.00, наведено у таблиці 5.4:

Технічний контроль – це перевірка відповідності продукції або процесу, від якого залежать її якість встановленим технічним вимогам. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль це перевірка якості вхідної сировини. Для цього лаборант перевіряє концентрації речовин на вхідних потоках технологічної установки автоматизації. Він зобов'язаний вести журнал вхідного контролю, а результати повинні перевірятися інтеженером-технологом.

Проміжним контролем це перевірка протікання технологічного процесу. Виконується лаборантом, який веде журнал проміжного контролю, який потім перевіряє інженер-технолог.

На заключному контролю проводиться оцінка якості готової продукції(2-фенілпропан). Перевірка проводиться з метою оцінки чистоти продукції. Результати заключного контролю заносять до журналу заключного контролю. За яким оформлюється паспорт на отриману продукцію.

5.6 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні засоби – матеріальні цінності і грошові засоби, які повністю витрачаються в виробничому циклі і переносять свою вартість на вартість готової продукції повністю і одразу. До оборотних засоби відносять:

- Покупка сировини;
- Опалення приміщення;
- Електроенергія;
- Заробітна плата;
- Оренда будівлі.

1. Затрати на сировину проілюстровано у таблиці 5.5:

2. Витрати на електроенергію:

Потужність обладнання N= 19 000 кВт/год.

Ціна в денний час – 1 кВт = 2,5 грн, в нічний час – 1 кВт = 2,5*0,5 = 1,25 копійок.

Підприємство працює 24 години на добу, 365 днів на рік:

Денний час: $В_{7:00-23:00} = 16 * 365 * 19\ 000 * 2{,}5 = 277\ 400\ 000 \frac{грн}{рік}$,

Нічний час:$В_{23:00-07:00} = 8 * 365 * 19\ 000 * 1{,}25 = 69\ 350\ 000 \frac{грн}{рік}$.

Витрати на електроенергію:

$$З_{е/е} = 277\ 400\ 000 + 69\ 350\ 000 = 346\ 750\ 000\ \frac{грн}{рік}.$$

3. Витрати на опалення наведені у таблиці 5.6:

4. Заробітна плата працівників наведена у таблиці 5.7:
5. Вартість ОбЗ наведена у таблиці 5.8:

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

До основних засобів належать:

- будівлі і споруди;

- машини і обладнання;
- транспорт;
- виробничий і господарський інвентар;
- нематеріальні активи.

Вартість обладнання та інвентарю наведені у таблиці 5.9:

Ціна основних фондів наведена у таблиці 5.10:

5.7 Розрахунок техніко-економічних показників

Вартість основних засобів: $ОЗ = 815\,000 + 1\,925\,000 = 2\,740\,000 \frac{грн}{рік}$.

Амортизація: $А = 149\,583 + 388\,000 = 537\,583 \frac{грн}{рік}$.

Розраховуємо собівартість виробничу (5.5) та повну (5.6):

$$С_{виробн.} = А + ОбЗ = 537\,583 + 2\,808\,037\,490 = 2\,808\,575\,073\ \frac{грн}{рік} \quad (5.5)$$

$$С_{повна} = С_{вир.} + 20\% * невр. + 50\% * накл. = 4\,774\,577\,625\ \frac{грн}{рік} \quad (5.6)$$

Запланована ціна продукції наведена у таблиці 5.11:

Сумарна запланована ціна продукції: $Ц = 7\,060\,143\,900\ \frac{грн}{рік}$.

Випуск продукції за рік: $В = 23\,105\ \frac{т}{рік}$.

Знаходимо прибуток (5.7):

$$П = Ц - С = 7\,060\,143\,900 - 4\,774\,577\,625 = 2\,285\,566\,275\ \frac{грн}{рік} \quad (5.7)$$

Рентабельність (5.8):

$$Р = \frac{П}{С} = \frac{2\,285\,566\,275}{4\,774\,577\,625} \cdot 100\% = 47{,}9\%. \quad (5.8)$$

Капіталовкладення (5.9):

$$К = ОЗ + ОбЗ = 2\,740\,000 + 2\,808\,037\,490 = 2\,810\,777\,490\ \frac{грн}{рік} \quad (5.9)$$

Коефіцієнт економічної ефективності (5.10):

$$Е = \frac{П}{К} = \frac{2\,285\,566\,275}{2\,810\,777\,490} = 0{,}813 \quad (5.10)$$

Термін повернення капіталовкладення (5.11):

$$Т_{пов} = \frac{1}{Е} = \frac{1}{0{,}813} = 1{,}23\ роки \quad (5.11)$$

Фондовіддача (5.12) та фондоємність (5.13):

$$ФВ = \frac{Ц}{ОФ} = \frac{7\,060\,143\,900}{815\,000} = 8662{,}75\ \frac{грн}{грн}, \quad (5.12)$$

$$ФЄ = \frac{1}{ФВ} = 0{,}00012\ \frac{грн}{грн}. \quad (5.13)$$

5.8 Розрахунок економічної рентабельності автоматизації процесу добування кумолу

Після проведення технологічних розрахунків та установлення нового обладнання на установку, витрати бензолу та пропілену змінилися. Витрати після автоматизації наведені у таблиці 5.12:

Також, замість двох операторів управління потрібен тепер один. Це означає зміну кількості персоналу. Явочна чисельність робітників цеху: $Ч_{яв} = 6$ осіб, $Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot \frac{Т_{рік}^{підпр}}{Т_{рік}^{прац}} = 30$ осіб.

Затрати на сировину проілюстровано у таблиці 5.13:

Таблиця 5.13– Витрати на сировину після автоматизації

Заробітна плата працівників наведена у таблиці 5.14:

Вартість ОбЗ наведена у таблиці 5.15:

Також нове обладнання змінить вартість всього обладнання та коштів, і, як наслідок, зміниться вартість основних засобів та амортизації:

$$ОЗ = 815\,000 + 1\,977\,500 = 2\,792\,500\ \frac{грн}{рік},$$

$$А = 149\,583 + 393\,000 = 542\,833\ \frac{грн}{рік}.$$

Таким чином розраховуємо нові техніко-економічна показники.

Розраховуємо собівартість:

$$С_{виробн.} = А + ОбЗ = 542\,833 + 2\,800\,326\,290 = 2\,800\,869\,123\ \frac{грн}{рік},$$

$$С_{повна} = С_{виробн.} + 20\% * невр. + 50\% * накл. і = 4\,761\,477\,510\ \frac{грн}{рік}.$$

Прибуток:

$$П = Ц - С = 7\,060\,143\,900 - 4\,761\,477\,510 = 2\,98\,666\,390\ \frac{грн}{рік}.$$

Рентабельність: $Р = \frac{П}{С} = \frac{2\,98\,666\,390}{4\,761\,477\,510} \cdot 100\% = 48{,}3\ \%.$

Капіталовкладення:

$$К = ОЗ + ОбЗ = 2\,792\,500 + 2\,800\,326\,290 = 2\,803\,118\,790\ \frac{грн}{рік}.$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{П}{К} = \frac{2\,98\,666\,390}{2\,803\,118\,790} = 0{,}82.$$

Термін повернення капіталовкладення: $Т_{пов} = \frac{1}{Е} = \frac{1}{0{,}82} = 1{,}219$ роки.

Фондовіддача: $ФВ = \frac{Ц}{ОФ} = \frac{7\,060\,143\,900}{815\,000} = 8662{,}7\ \frac{грн}{грн}.$

Фондоємність: $ФЄ = \frac{1}{ФВ} = 0{,}00012\ \frac{грн}{грн}.$

5.9 Порівняння техніко-економічних показників до та після автоматизації

Для зручності проведення аналізу економічної ефективності автоматизації процесу, складемо таблицю 5.16:

Як результат бачимо: зменшення чисельності робочого персоналу, зменшення собівартості, збільшення рентабельності, зменшення капіталовкладень, збільшення прибутку.

6 Охорона праці

Процес виробництва кумолу включає в себе використання шкідливих, вибухонебезпечних речовин; застосування теплової та електричної енергії.

Даний проект розроблений, згідно вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Посилаючись на аналіз небезпечних та шкідливі речовини, у цьому розділі розроблені заходи, які забезпечать здорове та безпечне робоче місце з відповідною пожежною безпекою [10,11].

6.1 Виявлення та аналіз шкідливих, небезпечних виробничих факторів в умовах проектованого виробництва. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, категорія робіт за важкістю відноситься до класу II-а [11].

Санітарні норми параметрів мікроклімату для виробничого цеху наведені в таблиці 6.1.

Для забезпечення санітарних норм мікроклімату і належної чистоти повітря потрібно провести:

- механізацію і автоматизацію робіт;
- дистанційне управління процесами й апаратами;
- раціональне розміщення обладнання;
- теплоізоляція обладнання, що випромінює тепло.

Дані аналізу санітарної характеристики виробничого цеху наведені у таблиці 6.2 [12].

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика виробничого цеху

6.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-99, розряд робіт у виробничому цеху – VIII-б.

У даному цеху використовується освітлення:

- природне – комбінована система верхнього і бічного освітлення;
- штучне – система світильників;
- суміщене;
- локалізоване.

Норми освітленості наведені у таблиці 6.3.

Освітленість за функціональним призначенням має системи:

- робоча;
- аварійна – спрацьовує при відключенні робочого освітлення;
- евакуаційна;
- ремонтна – при проведенні ремонтних робіт, у цеху знаходяться переносні електричні світильники;
- охоронна.

Оскільки у виробничому цеху є вибухонебезпечні зони, то для вимірювання й контролю освітленості будуть використані люксметри Ю-117.

Також на виробництві знаходиться приміщення для двох операторів пульта управління. У даному приміщені наявні два робочих місця з обладнанням ЕОМ.

Таким чином, можемо розрахувати освітленість робочого місця операторів за методом використання світлового потоку [13]. Рівень природної освітленості – 200 лк, за освітленості тієї ж поверхні відкритим небосхилом в 20 000 лк. Отримуємо КПО = 1%, що не відповідає нормативному КПО.

Розміри приміщення робочого місця операторів: ширина – 4 м, довжина – 7 м, висота – 4 м, площа - 28 м^2.

Визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою (6.1) [10]:

$$F = \frac{E * K * S * Z}{\eta}, \quad (6.1)$$

де F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E = 300 Лк – нормована мінімальна освітленість;

S = 28 м^2 – площа освітлюваного приміщення;

Z = 1,1 - відношення середньої освітленості до мінімальної;

К = 1,5 - коефіцієнт запасу;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін $\rho_{ст}$ = 50% і стелі $\rho_{стелі}$ = 50%.

Обчислимо індекс приміщення за формулою (6.2):

$$I = \frac{S}{h_р * (A + B)} = \frac{28}{1 * (7 + 4)} = 2{,}54, \quad (6.2)$$

де $h_р$ – розрахункова висота підвісу ($h_р$ =h_1 – h_2, $h_р$= 1 м).

При I = 2,54, коефіцієнт використання світлового потоку η = 0,77.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку:

$$F = \frac{300 * 1{,}5 * 28 * 1{,}1}{0{,}77} = 18\,000 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ-40, світловий потік яких F = 3120 Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою (6.3):

$$F = \frac{F}{F_л} = \frac{18\,000}{3\,120} \approx 6, \quad (6.3)$$

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

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 3 світильники із 2 працюючими лампами в них.

Схема розташування світильників в операторській зображена на рисунку 6.1:

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелами вібрації в проектованому виробництві є наступне обладнання: електродвигуни, вентилятори. Джерелами шуму у виробництві є реактор, ректифікаційні колони, насоси.

У виробничих приміщеннях стандартний рівень звуку становить 80 дБ. Допустимий рівень вібрації в приміщенні для 1-го ступеня шкідливості - до 3 дБ, для 2-го ступеня шкоди - до 3,1 дБ, для 3-го ступеня шкоди - більше 3,1 дБ. Даний цех відноситься до 2-го ступеня вібраційної небезпеки.

Рівень шуму на виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 76…92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень(допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99, становить 90 дБА).

Для захисту від виробничого шуму на підприємстві передбачені звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани і об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і кулі, підвішених над агрегатами, які спричиняють шум. Для зниження рівня вібрації під вібруюче устаткування встановлюють амортизатори, виготовлені зі сталевих пружин.

В якості індивідувальних засобів захисту від шуму згідно з [13] передбачені м'які протишумові вкладки. Для захисту рук від дії вібрації застосовують рукавиці з спеціальними віброзахисними вставками.

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

6.1.4 Електробезпека

Електрообладнання у виробництві живиться від трифазної чотирипровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Для змінного струму з частотою 50

Гц максимальні допустимі значення напруги контакту і струму, що проходять через тіло людини, в аварійному режимі Іл = 6 мА, Uдот = 36 В; при нормальній роботі електрообладнання Іл = 0,3 мА, Uдот = 2В.

Згідно з [14] порівнюють розрахункове значення із гранично допустимим значенням струму (6.4):

$$I_л = \frac{U_ф * 10^3}{R_л + R_0}, мА; \quad (6.4)$$

де $R_л$ = 2…4 кОм, опір тіла людини;

R_0 = 4 Ом, опір нейтралі заземлення;

$U_ф$ = 220 В, фазова напруга, В.

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

Напруга дотику розраховується за формулою (6.4):

$$U_д = I_л * R_л * 10^3 = 0{,}05 * 4000 = 220 \text{ В} \quad (6.4)$$

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні заходи й засоби: занулення, захисне відключення, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, знаки безпеки, огороджувальні пристрої, блокування, попереджувальна сигналізація, попереджувальні плакати. Також використовується подвійна ізоляція.

У виробничих приміщеннях передбачено періодичну перевірку вибраних типів проводів, освітлювальної арматури, пускачів електродвигунів та іншого електроустаткування.

Для забезпечення індивідуального захисту використовують діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, ізолюючі підставки, гумові килимки, тимчасові огородження, захисні окуляри.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Виробництво алкілування відноситься до вибухонебезпечних виробництв тому, що процес відбувається при високих температурах і великих тисків, високих електричних напругах в високовольтних насосах, при можливій наявності горючих та токсичних нафтопродуктів та їх парів.

На основі аналізу схеми виробництва було визначено, що основними джерелами екологічної небезпеки є ректифікаційні колони, так як вони працюють під високим тиском та при великій температурі.

Виробництво має вихідні трубопроводи: трубопровід пропану, трубопровід диізопропілбензолу та трубопровід 2-фенілпропану (кумолу). Пропан є вибухонебезпечним, область запалювання 2.1 - 9.5%. У нормальних умовах температура самозаймання становить 466 ^{o}C. Пропан транспортується для подальшої обробки і очищення. Пропан повинен транспортуватися залізничним, автомобільним та водним транспортом відповідно до правил перевезення небезпечних вантажів і правил експлуатації резервуарів, що працюють під надлишковим тиском[16].

2-фенілпропан вважається небезпечним завдяки своїм властивостям: температура спалаху 34 ^{o}C; температура самозаймання 424 ^{o}C; Площа займання 0,9 - 6,5%. При роботі з 2-фенілпропаном необхідно дотримуватися правил захисту від статичної електрики. Кумол є продуктом цього виробництва. Зберігають його в стальних резервуарах під шаром азоту, та транспортують в рідкому вигляді, в металевих цистернах, залізничним транспортом. Заповнюють цистерни з розрахунком об’ємного розширення продукту в результаті перепаду температур .

Диізопропілбензол використовується як сировина для отримання кумолу, трансалкіляцією. Тому диізопропілбензол транспортується на подальшу переробку. Методи транспортування аналогічні до методів транспортування кумолу [15].

6.2 Пожежна безпека

На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перенавантаження електроустаткування, нагріті стінки обладнання, іскри електрообладнання та від тертя деталей машин, виникнення електричної дуги при обриві ланцюгів високої напруги, перегріву електроустаткування.

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

У таблиці 6.5. наведено показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю [16,17]. При проектуванні цеху передбачені запобіжні заходи: обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачено протипожежні розриви 10 м, протипожежний водопровід, пожежні крани, ємності з піском і пожежні щити, вогнегасники типу ВВ, ВХП; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу.

Для підігрівачів передбачено застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Всі електроустановки оснащено плавкими запобіжниками від струмів короткого замикання.

Встановлюється охоронно - пожежна сигналізація автоматичного типу. Перед початком роботи трубопроводи будуть продуватись повітрям з перевіркою результатів продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння використовують регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

Висновки

В даному бакалаврському проекті був досліджений процес алкілування бензолу пропіленом, і як наслідок отримання 2-фенілпропану.

Проведено аналіз структури технологічної схеми, в результаті якого була визначена оптимальна послідовність розрахунку схеми.

За допомогою розробленої схеми процесу алкілування у програмі-симуляторі ChemCad 7, були розраховані матеріальні баланси схеми.

Розроблено обчислювальний модуль для розрахунку математичної моделі трубчастого реактору.

Була розроблена схема автоматизації та обрано необхідні засоби реєстрації, контролю та регулювання.

Проведено оцінку економічних показників створення виробництва 2-фенілпропану та визначено, що розробка є економічно вигідною.

Перелік посилань

1. Колесников, И. М. Алкилирование бензола пропиленом в присутствии алюмосиликатных катализаторов [Текст] / И. М. Колесников, Е. П. Бабин. – К.: Вища школа, 1980. – 224 с.
2. Теддер, Дж. Промышленная органическая химия [Текст] / Дж. Теддер, А. Нехватал, А. Джубб. – М.: 1977. – 704 с.
3. Белов П.С. Основы технологии нефтехимического синтеза [Текст] / П.С. Белов. - М.: Химия, 1982. — 280 с.
4. Гайле А.А., Сомов В.Е., Варшавский О.М. Ароматические углеводороды: Выделение, применение, рынок [Текст] / О.М. Варшавский, В.Е. Сомов, А.А. Гайле. - СПб: Химиздат, 2000. — 544 с.
5. Бугаєва, Л. М. Аналіз та синтез хіміко–технологічних систем [Текст] / Л. М. Бугаєва, Ю. О. Безносик, Г. О. Статюха. – К.: Політехніка, 2006. – 128 с.
6. Холоднов В.А. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов / В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова. – СПб.: АНО НПО ―Профессионал‖, 2003. – 480 с.
7. Ізопропілбензол технічний.: ГОСТ 20491-75. – [Чинний від 1986-05-05].– М.: Міжнародний стандарт 1986. – 23 с.
8. Оборудование КИПиА - датчики давления, уровнемеры, манометры, расходомеры, газоанализаторы, теплосчетчики, датчики уровня, преобразователи давления [Електронний ресурс] / НПО "РИЗУР" // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: http://rizur.ru/.
9. Датчики влажности, терморегуляторы, термопары. КИПиА от производителя [Електронний ресурс] / НВК «Рэлсиб» // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: http://www.relsib.com/.

10. КИПиА - контрольно измерительные приборы: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, терморегуляторы. Датчики температуры, давления и уровня производство КиП ОВЕН Украина Харьков [Електронний ресурс] / Компания ОВЕН // Каталог обладнання контрольно-вимірювальних приладів та автоматизації. – 2007. – Режим доступу до каталогу: http://owen.com.ua/.
11. Покропивний, С. Ф. Економіка підприємства [Текст] / С. Ф. Покропивний. – К.: КНЕУ, 2003. – 608 с.
12. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств [Текст] / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев. – М.: Вища школа, 2001. – 319 с.
13. Бензол нафтовий.: ГОСТ 9572-93. – [Чинний від 1993-10-21]. – М.: Міжнародний стандарт 2000. – 6 с.
14. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.: ГОСТ 12.1.005-88. – [Чинний від 1989-01-01]. – М.: Міжнародний стандарт 2002. – 71 с.
15. Ізопропілбензен технічний.: ГОСТ 20491-75. – [Чинний від 1986-05-05]. – М.: Міжнародний стандарт 1986. – 23 с.
16. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки.: ГОСТ 12.1.007-76. – [Чинний від 1976-03-10]. – М.: Міжнародний стандарт 1999. – 4 с.

					ДП ХА 5104 1490 001 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		