НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Тетяна БОЙКО
(підпис)
“___” _червня_ 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології сталих хімічних виробничих комплексів»

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»

на тему: «Комп’ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій»

Виконала:
студентка IV курсу, групи ХА-61
Луцюк Вікторія Мирославівна _____

Керівник:
доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Бондаренко С. Г. _____

Консультанти:
з хімічної технології доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Безносик Ю.О. _____
(підпис)

з охорони праці доцент каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки, к.т.н., доц. Полукаров Ю.О. _____
підпис

з організаційно-економічної частини доц. кафедри економіки і підприємництва, к.х.н. доц. Підлісна О.А. _____
Нормативний контроль доц. каф. КХТП, к.т.н., доц. Шахновський А.М. _____

Рецензент _____
_____ _____
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____
(підпис)

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів .

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології сталих хімічних виробничих комплексів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ Тетяна БОЙКО
(підпис)

«19» лютого 2020 р

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Луцюк Вікторії Мирославівні

1. Тема проєкту Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій
керівник проєкту Бондаренко Сергій Григорович, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «22» квітня 2020 р № 1031-с.

2. Термін подання студентом проєкту 12 червня 2020 р

3. Вихідні дані до проєкту Технологічна схема отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій та значення основних технологічних параметрів.

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз процесів отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій, розрахунок матеріальних балансів, розрахунок параметрів системи керування роботи змішувача, автоматизація технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій, економічно-технічні розрахунки, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Блок-схема обчислювального модуля, схема автоматизації, специфікація до схеми автоматизації, монтажне креслення, специфікація до монтажного креслення, плакат економічно-технічних розрахунків, презентація з теми «Комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій»

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю. О. доц. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки		
Організаційно-економічна частин	Підлісна О.А. доц. кафедри економіки і підприємництва		
Розрахунок матеріальних балансів ХТС	Безносик Ю.О. доц. кафедри кібернетики ХТП		

7. Дата видачі завдання 19 лютого_2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк викон. етапів проєкту	Примітка
1	Характеристика виробництва, продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Комп'ютерно-інтегрований розрахунок матеріальних балансів схеми.	01.04.20	
2	Розрахунок основного апарата. Блок-схема обчислювального модуля (формат А1).	05.05.20	
3	Монтажне креслення (формат А1).	20.05.20	
4	Розробка рішень з контролю та керування виробництвом. Технологічна схема автоматизації (формат А1).	01.06.20	
5	Розробка рішень з охорони праці та економіки і управління виробництвом	05.06.20	
6	Оформлення пояснювальної записки, виконання ілюстративних матеріалів (презентації).	11.06.20	

Студентка Вікторія ЛУЦЮК

Керівник Сергій БОНДАРЕНКО

РЕФЕРАТ

АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, КОНТРОЛЬ І РЕГУЛЮВАННЯ, МОНОЕТАНОЛАМІД, CHEMCAD, MATHCAD, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС.

Пояснювальна записка 100 с., 33 рис., 23 табл., 7 додатків., 15 джерел.

Темою дипломного проєкту є комп'ютерне моделювання та автоматизація процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій.

Наведено технологічну схему отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій на прикладі ріпакової олії. Виконано розрахунок матеріального балансу процесу в CHEMCAD 7.1.5.

Проведено розрахунок оптимальних налаштувань обраного ПІ-регулятора: за допомогою метода Ротача в Mathcad 15.

Запропоновано технологічну схему автоматизації процесу отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій. Підібрано технічні засоби автоматизації для спроєктованої схеми.

Проведено розрахунки основних техніко-економічних показників даного процесу без автоматизації та з впровадженням автоматизації. Зроблені висновки щодо впровадження автоматизації на технологічну лінію.

Зроблений аналіз та розроблені заходи для створення нормальних умов праці та пожежної безпеки.

РЕФЕРАТ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ, МОНОЭТАНОЛАМИД, CHEMCAD, MATHCAD, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС.

Пояснительная записка 100 ст., 33 рис., 23 табл., 7 приложений., 15 источников.

Темой дипломного проєкта является компьютерное моделирование и автоматизация процесса производства моноэтаноламида жирных кислот из растительных масел.

Приведена технологическая схема получения моноэтаноламида жирных кислот из растительных масел на примере рапсового масла. Выполнен расчет материального баланса процесса в CHEMCAD 7.1.5.

Проведен расчет оптимальных настроек выбранного ПИ-регулятора: с помощью метода Ротача в Mathcad 15.

Предложена технологическая схема автоматизации процесса получения моноэтаноламида жирных кислот из растительных масел. Подобрано технические средства автоматизации для спроєктированной схемы.

Проведены расчеты основных технико-экономических показателей данного процесса без автоматизации и с внедренной автоматизацией. Сделанные выводы по внедрению автоматизации на технологическую линию.

Сделан анализ и разработаны меры по созданию нормальных условий труда и пожарной безопасности.

ABSTRACT

AUTOMATION, COMPUTER MODELLING, CONTROL AND REGULATION, COMPUTATIONAL MODULE, MONOETHANOLAMID, CHEMCAD, MATHCAD, MATERIAL BALANCE.

Explanatory note has 100 p., 33 fig., 23 tables, 7 appendixes, 15 sources.

The topic of the diploma project is computer modeling and automation of the process of production of monoethanolamide fatty acids from vegetable oils.

The technological scheme of obtaining monoethanolamide of fatty acids from vegetable oils on the example of rapeseed oil is given. The calculation of the material balance of the process was performed in CHEMCAD 7.1.5.

The calculation of the optimal settings of the selected controller was performed in Mathcad 15, was using the Rotator method.

The technological scheme of automation of the process of obtaining monoethanolamide of fatty acids from vegetable oils is offered. Automation devices are selected for the designed scheme.

The calculations of the main technical and economic indicators of this process without automation and with the automation. Conclusions are made on the automation on the production line.

The analysis is made and measures for creation of normal working conditions and fire safety are developed.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 9
ВСТУП..... 10
1 Аналіз технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду..... 11
1.1 Протікання реакцій процесу отримання моноетаноламіду 11
1.2 Технологічний опис процесу виробництва моноетаноламіду..... 12
2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва моноетаноламіду в пакеті CHEMCAD 14
2.1 Опис середовища CHEMCAD 7.1.5..... 14
2.2 Налаштування середовища CHEMCAD 16
2.3 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій..... 18
3 Розрахунок параметрів системи керування роботи змішувача 22
3.1 Аналіз методів дослідження об’єктів автоматичного керування..... 22
3.2 Аналіз аналітичних методів визначення математичного опису об’єктів автоматичного керування. 24
3.3 Математичний опис змішувача 27
3.4 Розрахунок параметрів системи керування при використанні ПІ-регулятора 28
3.5 Налаштування ПІ-регулятора за допомогою пакета Mathcad 15 30
4 Автоматизація технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду 33
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми..... 33
4.2 Опис системи автоматизації..... 34
4.2.1 Контури контролю витрат 35
4.2.2 Контури контролю та регулювання температури..... 37
4.2.3 Контури контролю рівнів 37
4.2.4 Контури контролю концентрації 37
5 Економіко-технічні розрахунки..... 39
5.1 Схема організації виробничого процесу..... 39
5.2 Оптимальний вид руху предметів праці 40

5.3 Схема організації робочих кадрів 40
5.4 Графік змінності роботи персоналу: 43
5.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва 44
5.6 Розрахунок техніко-економічних показників підприємства без автоматизації 47
6 Охорона праці 52
6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об’єкті. Заходи з охорони праці 52
6.1.1 Повітря робочої зони 52
6.1.2 Виробниче освітлення 54
6.1.3 Виробничий шум і вібрація 56
6.1.4 Електробезпека 56
6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання 57
6.2 Пожежна безпека 58
ВИСНОВКИ 60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 61
Додаток А 63
Додаток Б 67
Додаток В 68
Додаток Г 74
Додаток Д 78
Додаток Е 79
Додаток Ж 80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

А – амортизація основних засобів;

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

АФХ – амплітудно-фазова характеристика;

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

В – випуск продукції;

ВРПП – вид руху предметів праці;

ГДК – гранично допустима концентрація;

Е – коефіцієнт економічної ефективності;

К – капіталовкладення;

КПО – коефіцієнт природнього світла;

ОбЗ – оборотні засоби;

ОЗ – основні засоби;

П – прибуток;

ПАР- поверхнево-активна речовина;

ПІ – пропорційно-інтегральний;

Р – рентабельність;

С - собівартість;

САР – система автоматичного регулювання;

Т – тривалість роботи;

ФВ – фондовіддача;

ФЕ – фондоємність;

ФОП – фонд оплати праці;

Ц – ціна;

Ч – чисельність персоналу.

ВСТУП

Мета даного дипломного проєкту- це комп’ютерне моделювання та автоматизація технологічнії лінії з виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій. При розробці даного проєкту були розраховані матеріальні баланси процесу, підібрані налаштування регулятора, складено функціональну схему автоматизації процесу виробництва, розраховані техніко-економічні показники та запропоновані заходи з охорони праці у проєктованому цеху.

Моноетаноламід (калійне мило)- неіоногенна поверхнево-активна речовина, що використовується як згущувач, стабілізатор піни. Його використовують при виготовленні шампунів, піни для ванн та інших косметичних і миючих засобів. Також моноетаноламід використовують як антистатик, регулятор в’язкості замість неорганічних солей, закріплювач і розчинник ароматів. Він підвищує очищаючі властивості емульгаторів.

Також, моноетаноламід використовується для виготовлення аніонних ПАР та амфолітів.

У промисловості моноетаноламід отримують у дві стадії:

1. Отримання метилового ефіру шляхом змішування рослинної олії та сполукою метанолу і лугу
2. Отримання моноетаноламіду шляхом змішування метилового ефіру та суміші моноетаноламіну з лугом.

1 Аналіз технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду

1.1 Протікання реакцій процесу отримання моноетаноламіду

При виробництві моноетаноламіду існують альтернативи серед сировини: вибір рослинної олії та вибір лугу. Серед рослинної олії найчастіше обирають кокосову або ріпакову, серед лугу- калій або натрій гідроксид. Це зумовлено тим, що ПАВ, виготовлені з цієї сировини, надають пом'якшуючу дію на шкіру, стабілізують піну та згущують водяні концентрати аніонних ПАВ [1].

У даному дипломному проєкті для опису процеса виробництва моноетаноламіду використовують наступні реакції.

Одержання метилового ефіру шляхом змішування рослинної олії та сполукою метанолу і лугу (рис.1.1). В якості рослинної олії було обрано ріпакову, а в якості лугу- калій гідроксид.

Рисунок 1.1- Перша стадія протікання процесу: отримання ефіру

Одержання моноетаноламіду шляхом змішування метилового ефіру та суміші моноетаноламіну з лугом (рис. 1.2). В якості лугу також було обрано калій гідроксид.

$$R\text{-}C\text{-}OCH_3 + H_2N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}C\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH + CH_3OH$$

Рисунок 1.2- Друга стадія отримання процесу: отримання моноетаноламіду

Обидві стадії протікають у реакторі- змішувачі, при температурах 70-80 °С, а всі вхідні потоки, крім ріпакової олії, мають кімнатну температуру (15-20 °С). Ріпакова олія потрапляє до реактора вже підігрітою (понад 80 °С)

Калій гідроксид (КОН)- твердий луг, тому його необхідно розчинити у метанолі до потрапляння у реактор. Для цього у ємність з мішалкою додають 144 кг метанолу і, за допомогою шнекового дозатору, КОН у кількості 19кг. При цьому концентрація метанолу 99,8%, КОН- 88%.

Після отримання розчину КОН у метанолі, його вливають до реактора-змішувача разом із підігрітою ріпаковою олією. Так протікає вищеописана перша стадія.

Результат першої стадії- метиловий ефір та гліцерин. Технічний гліцерин, який виступає побічним продуктом, можливо відділити від ефіру за допомогою відстійника. Його доречно запустити як сировину на іншій технологічній схемі, або продати.

Для протікання другої стадії необхідно спочатку змішати моноетаноламін у кількості 204 кг із 21 кг КОН. Після чого вихідну суміш заливають у реактор змішувач, куди вже подається відокремлений метиловий ефір. Тут суміш нагрівають до 70-80 понад 80 °С за допомогою водяної пари у кожусі апарату. Непрореагований метанол у вигляді пари подається на рецикл. Це зменшує кількість використання сировини.

Готовий вихідний продукт, за необхідністю, очищується за допомогою фільтра. Якість моноетаноламіду залежить від якості вхідної сировини, вихід готового продукту- 1250 кг, допустиме відхилення маси- 5%.

Усі процеси протікають за нормальним тиском, крім фільтрації, так як було обрано друк- фільтр. Тут тиск є надлишковим.

1.2 Технологічний опис процесу виробництва моноетаноламіду

На рисунку 1.3 представлена технологічна схема отримання моноетаноламіду. Реакції протікають послідовно, з отриманням побічного продукту. Цільовий продукт є кінцевим.

Рисунок 1. 3- Технологічна схема процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій:

1 – бак з метиловим спиртом (метанолом); 2 – бункери з лугом (КОН); 3 – змішувач для приготування метоксиду (розчин КОН у метанолі); 4,5 – дозатори твердого лугу (КОН); 6 реакційний апарат (для отримання суміші ефіру і гліцерину); 7 – бак з олією (з підігрівом); 8 – відстійник; 9 – реакторі-змішувач

для отримання розчину готового продукту; 10 – бак з моноетаноламіном; 11 – змішувач для приготування розчину КОН у моноетаноламіні; 12 – фільтр;

I – метанол; II – луг (КОН); III – метоксид (розчин КОН у метанолі); IV – олія пальмова (або ріпакова); V – суміш ефіру і гліцерину; VI – гліцерин; VII – ефір; VIII – моноетаноламін; IX – розчин лугу в моноетаноламіні; X – неочищений готовий продукт; XI – очищений готовий продукт; XII – осад; XIII – пара; XIV – гаряча вода (конденсат).

При розрахунку фільтр 12, баки 1,7,10, 13, бункер 2, дозатори 4, 5 не впливають на матеріальні баланси, то технологічну схему можна скоротити (рис.1.4):

Рисунок 1.4- Спрощена технологічна схема виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій:

1 – змішувач для приготування метоксиду (розчин КОН у метанолі); 2- реакційний апарат (для отримання суміші ефіру і гліцерину); 3 – відстійник; 4 – змішувач для приготування розчину КОН у моноетаноламіні; 5 – реакторі- змішувач для отримання розчину готового продукту;

I – метанол; II – луг (КОН); III – метоксид (розчин КОН у метанолі); IV – олія ріпакова; V – суміш ефіру і гліцерину; VI – гліцерин; VII – ефір; VIII – моноетаноламін; IX – розчин лугу в моноетаноламіні; X –готовий продукт; XI – пара; XII – гаряча вода (конденсат).

Технологічний процес протікає наступним чином:

До змішувача 1 надходить метанол та КОН. Отриманий метоксид надходить до реакційного апарату 2 разом із підігрітою ріпаковою олією. Вихідну суміш розділюють за допомогою відстійника 3. Побічний продукт у вигляді гліцерину виводять із схеми. До змішувача 4 надходить моноетаноламін і КОН, після чого вихідну суміш подають разом з відокремленим ефіром до реактора- змішувача. Для

успішного протікання реакції до рубашки подають водяну пару, що підтримує температуру на заданому рівні. Конденсат виводять із схеми. Непрореагувавший метанол йде на рецикл до змішувача 1.

2 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва моноетаноламіду в пакеті CHEMCAD

2.1 Опис середовища CHEMCAD 7.1.5

Програма CHEMCAD є інструментальним засобом моделювання хіміко-технологічних процесів для вирішення завдань дослідження і проєктування хіміко-технологічних систем, у тому числі окремих апаратів. [2].

У програмі CHEMCAD існує понад 6000 компонентів і речовин у базі даних. Також існує функція створення нового компоненту, де можна вписати відомі дані: назва речовини, молекулярна вага, температура кипіння, процентний склад та інше.

Програма може розраховувати не тільки масові та енергетичні баланси, а і економічно-технічні розрахунки- звіт оформлюється в Ms Excel. Також можливо розрахувативплив на оточуюче середовище (викиди CO_2, парниковий ефект і т.д.). Крім розрахунку у CHEMCAD є можливість отримувати звіти. Можна отримати наступні види звітів:

1. Звіт по потокам.
2. Звіт по апаратам.
3. Звіт по забрудненню навколишнього середовища.
4. Звіт з економіки.
5. Загальний звіт по масовому та тепловому балансах.
6. Топологічний звіт.
7. Термодинамічний звіт
8. Швидкий звіт по основним даним.

Програма CHEMCAD містить у собі 7 розділів з апаратами. У кожному розділі є потоки- вхід і вихід та апарати відповідної категорії, також є можливість створити необхідний розділ окремо. Кожен апарат вже містить у собі алгоритм розрахунку за відповідним законом. Також є можливість створити свій апарат за допомогою мови програмування VBA. Широкий вибір інструментів, апаратів та речовин зумовлює актуальність використання цієї програми для розрахунку заданої ХТС.

2.2 Налаштування середовища CHEMCAD

Налаштування середовища CHEMCAD полягає в наступному:

Необхідно вибрати усі компоненти з бази даних, що присутні в реакціях. Необхідно зазначити кожний компонент, що бере участь в протіканні реакції- як вихідні потоки, так і проміжні. Також необхідно не забути про каталізатори, воду- якщо використовується пара для нагрівання.

Необхідні компоненти для виробництва моноетаноламіду жирних кислот рослинної олії:

1. Метанол.
2. Гідроксид калію.
3. Тригліцерид (ріпакова олія).
4. Гліцерин.
5. Метиловий ефір.
6. Моноетанолоамін.
7. Моноетанолоамід.
8. Вода.

Вибрані компоненти для процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій наведено в рис. 2.1. Для розрахунку було вибрано рапсову олію.

Рисунок 2.1- Вікно вибору компонентів, які необхідні для отримання моноетаноламіду жирної кислоти рапсової олії

Так як моноетаноламіду жирної кислоти рапсової олії та метилового ефіру не було у базі даних CHEMCAD, то ці речовини були створені власноруч і мають назву MethEifer та product відповідно. Були зазначені їх молярні маси, температури кипіння та процентні молярні співвідношення компонентів для кожної речовини окремо. Програма CHEMCAD сама розрахувала формули моноетаноламіду жирної

кислоти рапсової олії та метилового ефіру. Формули збігаються з літературними даними.

Наступний етап налаштування полягає в тому, що необхідно перетягнути на активний аркуш всі технологічні апарати. Після цього-з'єднати ці апарати та зазначити входи та виходи. Зібрана схема зображена на рис. 2.2.

Рисунок 2.2- Спрощена технологічна схема отримання моноетаноламіду жирних кислот рапсової олії

Для зручності роботи рекомендується обирати мінімальні та максимальні тиск та температуру для всієї схеми (рис. 2.3).

Рисунок 2.3- Вікно налаштувань параметрів протікання процесу

Необхідно обрати СІ для одиниці вимірювання. Змінюємо одиниці виміру тиску замість бар на МПа (рис. 2.4.)

Рисунок 2.4- Вікно вибору одиниць вимірювання

Наступним кроком є налаштування вхідних потоків. Тут указуються обов'язково температури речовин, їх тиск. Фракції, ентальпії вказувати необов'язково, програма розраховує їх самостійно. На рис. 2.5 наведений приклад налаштування потоку з ріпаковою олією:

Рисунок 2.5- Вікно налаштувань потоку з ріпаковою олією

Останнім кроком є налаштування усіх апаратів. Двічі клікнути лівою кнопкою по піктограмі апарата, після чого відкривається вікно налаштувань, де зеленим шрифтом вказані ті параметри, налаштування яких є обов'язковими. Додаткові параметри уточнюють або вносять корективи у розрахунок апарату. Після запуску схеми деякі параметри в апаратах будуть розраховані та занесені у

ці налаштування. Приклад налаштування апарату - стехіометричного реактора показано на рис. 2.6:

Рисунок 2.6- Вікно налаштування стехіометричного реактора

Якщо схема зібрана правильно і всі потоки та апарати налаштовані правильно, то після запуску розрахунку схеми з'явиться вікно успішного розрахунку, інакше- у вікні будуть помилки з коментарями, де саме розрахунок не може відбутись.

2.3 Розрахунок матеріальних балансів процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій

Розрахунок матеріальних балансів залежить, насамперед, від правильно підібраних апаратів та їх налаштування. Для виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій необхідно ректор-змішувач, куди подається метиловий спирт та рапсова олія, каталізатор обирається в апараті. Для розрахунку було обрано реактор Гіббса та режим розрахунку реальний лише для рідин. Таким чином, можна запустити лише роботу одного реактора і отримати наступні масові баланси (рис. 2. 7), де потік 3- рапсова олія, потік 4 – метиловий спирт, потік 8- надходження з реактору 2 шляхом рециклу, 1 потік- метиловий ефір, що утворився після проходження реакції.

Рисунок 2.7- Матеріальний баланс реактора 1

Для кожного потоку зазначаються температура, тиск, ентальпія (у даному випадку вона була розрахована автоматично програмою), речовини, що входять у потік та інше.

Вихідний потік реактора 1 є вхідним потоком для сепаратора. У налаштуваннях сепаратора вказуються потоки, на які відокремлюється вхідна речовина та склад отриманих потоків. Так як, разом із метиловим ефіром було отримано гліцерин і він більше не потрібен, то у 2 потік йде 100% гліцерину, все

що залишилось- метиловий ефір та непрореагувавший метиловий спирт – у 1 потік. Налаштування сепаратору зображено на рис 2.8:

Рисунок 2.8- Вікно налаштувань сепаратора

Другий реактор розраховувався наступним чином: для стехіометричного реактора вхідними потоками були обрані моноетаноламін та метиловий ефір. Було вказано процент перетворення ключового компоненту 98% (рис. 2.9) для того, щоб отримати дані максимально близькі до реальних.

Рисунок 2.9- Вікно налаштувань стехіометричного реактора

Непрореаговані речовини йдуть частково на рецикл, частково з цільовим продуктом. За необхідністю цільовий продукт можна очистити. На рис. 2.10 показані матеріальні баланси для другого реактора (апарат 4), де з потоку 6 надходить 204 кг моноетанолоаміну, потік 5- суміш після сепаратору у кількості 1075,519 кг, потік 8-непрореагувавші речовини, що йдуть на рецикл, потік 7-цільовий продукт.

Рисунок 2.10- Матеріальний баланс стехіометричного реактора.

Розрахунок схеми технологічного процесу відбувається послідовно: реактор 1, сепаратор, реактор 2. В звіті загального матеріального балансу вказується послідовність розрахунків апаратів, кількість ітерацій та баланс по компонентно (рис 2.11):

Рисунок 2. 11- Загальний матеріальний баланс

Таким чином, входи сумарно склали 1388 кг, а виходи 1387.51. Це пояснюється тим, що було обрано реальні умови протікання процесу і втрати до 5%

є допустимими. Також кількість цільового продукту у завданні 1250 кг, отримано за допомогою розрахунку у ChemCad 1223,8051кг, що також є допустимим.

Нижче наведені розраховані масові баланси по апаратах(табл 2.1-2.4).

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс реактора Гіббса (№ 1)

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс сепаратора (№ 2)

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс стехіометричного реактора (№ 4)

Загальний масовий баланс наведений у табл. 2.4:

Таблиця 2.4 – Загальний матеріальний баланс

Так як матеріальні баланси сходяться і похибка складає менше 5%, то схема складена та розрахована правильно. Продуктивність заданої ХТС= 1223,8 кг/год. Результати розрахунків наведені у додатку А.

3 Розрахунок параметрів системи керування роботи змішувача

3.1 Аналіз методів дослідження об’єктів автоматичного керування

Об’єкт керування – технологічне устаткування, апарат, агрегат або машина, до якої необхідно застосувати керування. Стан будь-якого об’єкта залежить від його власних параметрів (які не можна змінювати), від застосованих до нього впливів і характеризується значенням вхідних величин, які називаються регульованими.

Регулятор- біологічний об’єкт або технічний пристрій, що безпосередньо реалізує ту чи іншу мету управління. Регулятор і об’єкт разом складають систему керування і їх розглядають як одне динамічне ціле.[3]

При розробці САР дотримуються наступного порядку:

1. При аналізі регульованого об’єкта, його характеру збурень, керуючих впливів та інше вибирається простий закон регулювання.
2. Проводиться розрахунок оптимального регулятора.
3. Перевіряється якість роботи системи:
    - 3.1. Якщо якість роботи системи не є задовільною, то підбирають більш складний закон регулювання.
    - 3.2. Якщо більш складний закон не допомагає- необхідно ускладнювати систему, наприклад, іншими контурами.

Існують декілька методів дослідження об’єктів автоматичного керування: дослідження статичних і динамічних характеристик на основі аналітичних чи експериментальних досліджень.

Статичні характеристики об’єкта- такий режим роботи об’єкта, у якому вхідні та вихідні параметри залишаються незмінними протягом часу.

Динамічні характеристики об’єкта- залежність вхідних і вихідних величин об’єкта в динамічному режимі. Динамічний режим- перехідний режим, який настає внаслідок накладання збурення на вході.

Експериментальні методи дослідження статики об’єктів поділяються на детерміновані та стохастичні.

Детермінований метод заснований на вивчені фізико-хімічних властивостей об’єкта при накладанні збурення чи регулюючих впливів окремо.

Стохастичні методи розглядають об’єкт у вигляді «чорного ящика» і розглядається лише зв’язок входів і виходів цього об’єкту.

Експериментальні методи використовують, зазвичай, на простих об’єктах. У випадку, коли неможливо або дуже складно дослідити експериментальним методом статичні характеристики об’єкта, вдаються до аналітичних методів дослідження. Аналітичні методи дослідження використовуються при лінійних статичних характеристиках елемента об’єкта, а якщо характеристики є нелінійними- використовують графічний метод.

Динамічні характеристики можуть бути отримані в наступному вигляді:

1. Рівняння динаміки
2. Частотних характеристик
3. Передавальня функції
4. Перехідних характеристик у вигляді графічного розв’язку рівняння динаміки
5. Годографів АФХ
6. Логарифмічних частотних характеристик.

Усі ці динамічні характеристики зв’язані між собою і можуть бути перетворені з одна з одної. Динамічні характеристики, так як і статичні, можуть бути отримані аналітичними та експериментальними методами.

Експериментальні методи отримання динамічних характеристик є більш точними, оскільки вони застосовуються до конкретного об’єкта, однак, на подібні об’єкти вони не можуть бути розповсюджені через неможливість узагальнення. Також експериментальні методи можуть бути застосовані лише на вже діючих об’єктах.

Аналітичні методи дослідження є менш точними ніж експериментальні, але їх можна застосовувати до типових об’єктів та об’єктів, які ще не введені в експлуатацію (наприклад, до об’єктів, що знаходяться на проєктній стадії). Недоліком такого методу є неточність, оскільки метод використовує припущення при розрахунку. Чим більше типових об’єктів описується однією моделлю, тим більше припущень, а значить, що неточність цієї моделі зростає.

Аналітичний метод дослідження динамічних характеристик є більш складним та громіздким у порівняні з експериментальним.

3.2 Аналіз аналітичних методів визначення математичного опису об’єктів автоматичного керування.

Аналітичні методи побудови засновані на вирішенні теплових та матеріальних балансів. Динамічний режим буде визначений лише тоді, коли заданий початковий статичний режим та виражений перехідний процес.[4]

Вихідний статичний режим фактично визначає точку статичної характеристики, відносно якої відбувається зміни в об’єкті, тобто відбувається перехідний процес.

Статичний режим, як правило, визначається значеннями параметрів об’єкта, що задовольняють рівняння статики. Параметри статичного режиму знаходяться шляхом рішення рівняння статики або знаходять по статичним характеристикам.

Перехідний процес визначається, як правило, у вигляді рівняння динаміки.

Визначення рівняння динаміки починається з аналізу вхідних та вихідних параметрів, знаходження ключового параметра або вихідної величини об’єкта. Після знаходження вихідної величини, регулюючих впливів та збурень можна побачити границі об’єкта.

У межах цього об’єкта необхідно визначити акумулюючі ємності за властивістю однорідності визначного параметру. На реальних об’єктах, зазвичай, є багато акумулюючих ємностей з різними інерційними властивостями.

Ємності, що мають меншу акумулюючу здатність ніж основна, зазвичай окремо не враховуються, а приєднуються до основних.

Після вибору акумулюючих ємностей об’єкта необхідно математично описати кожну з них.

Опис починається зі складання рівняння статики, яке являє собою рівняння матеріального та теплового балансів.

Для статики завжди працює правило: «прихід дорівнює витраті». Тобто, для балансів, значення вхідних і вихідних величини мають збігатися.

Для динаміки це правило працює лише для безінерційних об’єктів, у яких акумулююча здатність дорівнює нулю.

Якщо об’єкт має акумулюючу здатність, то початкова витрата не буде дорівнювати кінцевій, так як частина речовини або енергії акумулюється в об’єкті. [5] Так, якщо початкові величини позначити Qп, а витрати з нього -Qp, а запас речовини або енергії в ньому -Q, то за нескінченно малий проміжок часу dt відбудеться збільшення або зменшення запасу (акумуляція) dQ:

$$(Q_п-Q_p\ )dt=dQ \tag{3.1}$$

Звідси

$$dQ/(dt\ )=Q_п-Q_p \tag{3.2}$$

Останній вираз є рівнянням динаміки, тобто рівнянням теплового або масового балансу в динаміці. Це рівняння звучить так: при небалансі початкових та кінцевих витрат запас в об’єкті буде змінюватись зі швидкістю dQ/(dt)

Зазвичай, початкові та кінцеві витрати Q_п і Q_p є поліномами. Щоб розкрити значення поліномів, необхідно визначити взаємозв’язок параметрів об’єктів, а це несе за собою появу нелінійностей в рівнянні динаміки, тобто, отримання нелінійних диференційних рівнянь.

Цей факт різко ускладнює використання рівнянь динаміки, які часто важко розв’язати без обчислювальної техніки.

На практиці, зазвичай, використовують лінеаризацію- лінійне наближення рівняння динаміки. Це знижує точність розрахунків, але, зазвичай, ця процедура є необхідною, оскільки без неї модель просто неможливо буде використовувати.

Лінеаризація, як правило, це розкладання в ряд Тейлора з відкиданням занадто малих членів.

Таким чином, для кожної ємності об’єкту керування можна отримати лінійне або лінеаризоване рівняння динаміки в приростах. Для багатоємносних об’єктів отримують системи рівнянь динаміки, тобто системи диференційних рівнянь з нульовими початковими умовами.

Рішення динаміки багатоємнісного об’єкту управління можна отримати, вирішивши систему диференційних рівнянь всіх його ємностей відносно вхідних та вихідних параметрів. Для розв’язку системи диференційних рівнянь використовують перетворення за Лапласом.

В результаті перетворення за Лапласом лінійні диференційні рівняння мають вигляд лінійних алгебраїчних, а такі системи вирішуються легко.

Після розв’язку рівняння може бути перетворено зворотно- до оригіналу від зображення.

Іноді зручно використовувати рівняння в безрозмірній формі. Тоді необхідно всі змінні перевести до безрозмірної форми.

Отримання математичної моделі об’єкта пов’язано з визначенням чисельних коефіцієнтів.

Коефіцієнти рівнянь динаміки передавальної функції в загальному вигляді являють собою складний вираз , що складається з параметрів об’єкта управління. Змінні величини, що входять до коефіцієнтів системи диференційних рівнянь, мають статичне значення, тобто значення вихідного статичного режиму.

Таким чином, для отримання рівнянь динаміки аналітичним методом, необхідно:

1. Визначити входи та виходи об’єкту.
2. Визначити межі об’єкта.
3. Розділити об’єкт на акумулюючі ємності.
4. Скласти рівняння статики для кожної ємності.
5. Враховуючи акумулюючу здатність, записати рівняння динаміки для кожної ємності.
6. Лінеаризувати рівняння динаміки.
7. Розв’язати рівняння динаміки відносно вихідної величини регулюємої величини та збурень.
8. Визначити параметри вихідного статичного режиму шляхом вирішення статики для ємностей.
9. Визначити чисельні значення коефіцієнтів рівняння динаміки. За необхідністю перевести в безрозмірну форму.

3.3 Математичний опис змішувача

Концентрація речовин є найбільш розповсюдженим регулюючим параметром у хімічному виробництві.

Всі хімічні об’єкти з регулюючою концентрацією можна поділити на змішувачі та реактори.

Процеси змішування протікають без хімічної взаємодії реагентів. Обов’язковим елементом будь-якого процесу, що протікає в реакторі, є хімічна реакція між взаємодіючими речовинами.

Змішувачі, зазвичай, є апаратами повного змішування.

Для змішувача постійного об’єму V необхідно отримати залежність концентрації змішуваної речовини в змішувачі C_1 від витрати Q_2 і концентрації C_1:

$$C(t) = f[Q_2(t), C_1(t)] \tag{3.3}$$

Нехай при змішувані об’єми та рівень в змішувачі буде постійним.

При складанні математичних описів об’єктів з регулюючою концентрацією, зазвичай, користуються матеріальним балансом речовини, концентрація якої підтримується.

У даному випадку рівняння статики об’єкта управління буде:

$$Q_1C_1 + Q_2C_2 - Q_3C_3 = 0 \tag{3.4}$$

У зв’язку з зміною кількості акумульованої речовини в змішувачі в нестаціонарному режимі отримаємо рівняння динаміки змішувача:

$$Q_1C_1 + Q_2C_2 - Q_3C_3 = \frac{VdC}{dt} \tag{3.5}$$

де V- об’єм рідини у змішувачі.

Враховуючи, що об’єми речовин при змішуванні не змінюються та об’єм рідини в змішувачі постійний, то :

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \tag{3.6}$$

Враховуючи(3.6) запишемо рівняння динаміки (4) в приростах:

$$\frac{Vd\Delta C}{dt} + Q_3\Delta C = Q_1\Delta C_1 + \Delta Q_2(C_2 - C_1) \tag{3.7}$$

Отримано лінійне рівняння динаміки концентрації речовини в змішувачі.

3.4 Розрахунок параметрів системи керування при використанні ПІ-регулятора

Розглянемо змішувач, у якому змішуються мононетаноламін, в кількості 204 кг, та 88%- розчин калію гідроксиду, у кількості 21 кг (рис. 3.1). На виході маємо розчин калію гідроксиду у моноетанолоаміні.

Рисунок 3.1- Технологічна схема змішувача,
де 1- бак з моноетаноламіном, 2- бак з КОН, 3-змішувач; І- моноетаноламін, ІІ-КОН, ІІІ-цільовий продукт

Після отримання лінійного рівняння динаміки концентрації вихідної речовини в змішувачі 7 необхідно визначити керуючі параметри та невідомі величини- коефіцієнти. Так як на об'єкті необхідно підтримувати концентрацію на виході, можна вибрати два керуючих параметри- концентрацію речовини 1 та витрату речовини 2. Керувати концентрацією моноетаноламіну недоцільно з практичної точки зору, тому керуючим впливом буде витрата КОН.

КОН у чистому вигляді- тверда речовина. До змішувача надходить вже 88% розчин КОН. Знайдемо кількість речовини КОН у чистому вигляді, що надходить до змішувача:

$$G(KOH) = 21 * 0.88 = 18.48 \text{ кг} \tag{3.8}$$

Знайдемо концентрацію КОН у цільовому продукті:

$$C_3 = \frac{g(KOH)}{m_1 + m_2} = \frac{18.48}{225+21} = 0.082 \tag{3.9}$$

Знайдемо об'єм, що надходить до змішувача:

$$V = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{225}{1010} + \frac{21}{2044} = 0.233 \text{ м}^3 \tag{3.10}$$

Так як у 2 баку концентрація КОН дорівнює нулю, то в рівняння динаміки доданок С1 дорівнює нулю. Підставимо знайдені значення у рівняння (3.7). Отримаємо:

$$\frac{0.233 d\Delta C}{dt} + 225\Delta C \quad = 0.88\Delta Q_2 \tag{3.11}$$

Вихідне рівняння має вигляд:

$$0.233\, C' + 225C = 0.88\Delta Q_2 \tag{3.12}$$

Знайдемо передавальну функцію об'єкта. Для цього скористаємось операторним методом і замінимо всі оригінали на зображення:

$$0.233p\bar{C}(p) + 225\bar{C}(p) = 0.88\overline{\Delta Q_2}(p) \tag{3.13}$$

Позбавимось коефіцієнту 225 шляхом ділення обох частин на це число і винесемо за дужки $\bar{C}(p)$:

$$\bar{C}(p)(0.01p + 1) = 0.00391\overline{\Delta Q_2}(p) \quad (3.14)$$

Передавальна функція має вигляд:

$$W(p) = \frac{\overline{\Delta Q_2}(p)}{\bar{C}(p)} = \frac{0.00391}{0.01p+} \quad (3.15)$$

3.5 Налаштування ПІ-регулятора за допомогою пакета Mathcad 15

За допомогою метода налаштувань систем керування Ротача [6] підберемо оптимальну пару налаштувань для ПІ-регулятора.
Запишемо передавальну функцію ПІ-регулятора:

$$W(p) = kp(1 + \frac{1}{T_u p}) \quad (3.16)$$

Знайдемо оптимальні налаштування регулятора за допомогою пакета MathCad. Для цього необхідно налаштувати середовище (рис. 3.2):

Рисунок 3.2-Фрагмент лістингу MathCad по налаштуванню середовища

Передавальна функція об’єкта у середовищі MathCad виглядає наступним чином (рис.3.3):

Рисунок 3.3- Фрагмент лістингу MathCad по запису передавальної функції об’єкту

Запишемо передавальну функцію ПІ-регулятора та виберемо першу пару налаштувань (рис. 3.4):

Рисунок 3.4- Фрагмент лістингу MathCad по налаштуванню першої пари регулятора

Запишемо функцію системи та побудуємо годограф (рис. 3.5). Графік знаходиться у 4 квадранті.

Рисунок 3.5- Фрагмент лістингу MathCad по зображенню АФХ системи

Для знаходження Кр необхідно побудувати М-коло, дотичне до АФХ та дотичний промінь. Для цього запишемо параметри фігур та налаштовуючи параметр L1 необхідно побудувати М-коло так, щоб воно дотикалась до АФХ (рис. 3.6)

Рисунок 3.6- Фрагмент лістингу MathCad по налаштуванню параметрів фігур, що мають дотикатися до АФХ

Отриманий результат (рис.3.7):

Рисунок 3.7- Фрагмент лістингу MathCad по графічному зображенню налаштувань першої пари регулятора

Знайдемо значення Кр для заданого Ті (рис. 3.8):

Рисунок 3.8- Фрагмент лістингу MathCad по отриманню значень Кр для першої пари налаштувань

Виберемо другу пару налаштувань (рис. 3.9):

Рисунок 3.9- Фрагмент лістингу MathCad по вибору другої пари налаштувань

АФХ системи із другою парою налаштувань буде мати вигляд (рис. 3.10):

Рисунок 3.10- Фрагмент лістингу MathCad по побудові АФХ системи із другою парою налаштувань

Аналогічно, підбираючи значення L1, М-коло має дотикатись до променю та АФХ системи. Знайдемо Кр для другої пари (рис. 3.11):

Рисунок 3.11- Фрагмент лістингу MathCad по налагодженню другої пари налаштувань

Третя пара налаштувань ПІ-регулятора зображена на рис. 3.12. При цьому система має вигляд:

Рисунок 3.12- Фрагмент лістингу MathCad по зображенню АХФ системи із третьою парою налаштувань

Будуємо М-коло, дотичне до променю та АФХ системи. Для цього підбираємо L1. Знаходимо Кр для третьої пари налаштувань. Результат зображений на рис. 3.13:

Рисунок 3.13- Фрагмент лістингу MathCad по налагодженню третьої пари налаштувань ПІ-регулятора

Таким чином, маємо три пари налаштувань ПІ-регулятора (рис. 3.14):

Рисунок 3.14- Фрагмент лістингу MathCad по виводу всіх пар налаштувань ПІ-регулятора

Для визначення оптимальної пари налаштувань необхідно визначити найбільше відношення серед пар Кр до Ті. Розрахунок відношень зображений на рис. 3.15:

Рисунок 3.15- Фрагмент лістингу MathCad по знаходженню оптимальної пари налаштувань ПІ-регулятора

Таким чином, бачимо, що оптимальною парою є третя пара, де Ті= 0.0001 та Кр=81.81.

Блок-схема розрахунку ПІ-регулятора наведена в додатку Б та лістинг програми наведені в додатку В.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду

Автоматизація будь-якого виробництва зумовлено підвищенням економічно-технічних показників, зростанням якості продукції за рахунок виключення людського фактору, зменшенням простоїв та трудоємності операторів цеху, збільшенням строку експлуатації обладнання та безаварійності.

Автоматизація хімічного виробництва є одним з найважливіших, так як процеси, що протікають, можуть нести загрозу як одній людині, що контактує з токсичними речовинами напряму, так і загрози вибухів або спалахів всього виробництва.

Найактуальнішими для хімічної технології є контролери – вони контролюють та управляють заданими процесами. Також, важливою частиною автоматизацією є аварійні системи- це може бути як сповіщення для реакції людини, так і запрограмовані дії на випадок аварії.

При проєктуванні автоматизації технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій були встановлені контролери витрат, рівня, температури та концентрації. Також були встановлені сигналізації для забезпечення коректної роботи лінії.

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій можливе лише за дотриманням заданої концентрації на обох стадіях протікання реакції та підтримки необхідної температури у реакторі. Також, важливим фактором є забезпечення заданої продуктивності.

Максимально коректна робота схеми буде спостерігатись, якщо будуть регулюватись такі параметри:

1. Температура в реакторі змішування з сорочкою XI.
2. Рівень суміші метанолу з КОН в апараті з мішалкою VIII.

3. Рівень суміші метоксиду з ріпаковою олією в реакторі змішування X.
4. Рівень суміші моноетаноламіну з КОН в апараті з мішалкою IX.
5. Рівень суміші метилового ефіру з розчином КОН в моноетаноламіні в реакторі змішування з сорочкою XI.

Крім регулювання необхідно контролювати такі параметри:

1. Витрати всіх потоків, крім осаду.
2. Температуру в реакторі змішування X.
3. Рівень метанолу у баці I.
4. Рівень КОН у баці III.
5. Рівень моноетаноламіну у баці V.
6. Рівень КОН у баці VII
7. Рівень метилового ефіру у відстійнику однокамерному XII
8. Рівень гліцерину у відстійнику однокамерному XII.
9. Концентрацію КОН у метанолі після апарату з мішалкою VIII .
10. Концентрацію метоксиду у ріпаковій олії після реактора змішування X.

Також, треба встановити сигналізації мінімального та максимального рівня в усіх апаратах та баках, крім фільтру.

Після вибору регульованих та контрольованих параметрів, необхідно обрати місця на апаратах для заміру даних величин. Отримані дані та номінальні значення параметрів занесено до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю технологічної лінії

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва (продовження)

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва (продовження)

4.2 Опис системи автоматизації

Система автоматизації виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій містить наступні контури регулювання, контролю та сигналізації: витрат, температури, рівня та концентрації. За допомогою даних, наведених в табл. 4.1, була розроблена функціональна схема автоматизації. Технічні засоби автоматизації було обрано з каталогів виробників [7-14]

4.2.1 Контури контролю витрат

При розрахунку контурів контролю витрат у контурах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 були обрані японські витратоміри EJA115 виробника YOKOGAWA, які характеризуються наступними показниками:

1. Робоча температура: від -40 до +120 °С
2. Робочий тиск: від 0 до10 кПа
3. Діаметр умовного проходу: 100 мм.

Прилад складається з вбудованого первинного перетворювача (позн. 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, 11-1) з вихідним струмом 4 – 20 мА та вторинного перетворювача (позн. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 11-2).

Сигнали з витратомірів передаються на ПІД – регулятор показуючого типу марки ТРМ1 (поз. 1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3, 6-3, 7-3, 8-3, 9-3, 10-3, 11-3), який показує виміряну величину.

4.2.2 Контури контролю та регулювання температури

Для контролю та регулювання температури в контурах 12 та 13 використовується термометр опору ТСМ-1187 (поз. 12-1 та 13-1) з робочим діапазоном вимірювання від -50 °С до 200 °С. Прилад має малу похибку. На виході з приладу йде уніфікований вихідний сигнал: 4-20 мА. Далі сигнал передається на показуючий ПІД – регулятора марки ТРМ1 (поз. 12-2, 13-2), який показує виміряну температуру. В контурі регулювання надає регулюючий влив на виконавчий механізм марки МЭО-40 (поз.13-3) для керування заслінками.

4.2.3 Контури контролю рівнів

Для контролю рівня в контурах 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 використовується ємнісний рівнемір CLM-36. Він працює безперервно в діапазоні від -40 °С до 200 °С. Прилад містить в собі вбудований первинний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом 4 – 20 мА (поз. 14-1, 15-1, 16-1, 17-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 22-1, 23-1, 24-1). Похибка вимірювання рівня складає ±1%.

Отриманий сигнал з рівнеміру передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ1 (поз. 14-2, 15-2, 16-2, 17-2, 18-2, 19-2, 20-2, 21-2, 22-2, 23-2, 24-2), для відображення виміряного рівня. Також регулятори використовуються для сигналізації верхнього та нижніх рівнів сумішей в апаратах. Для відображення граничних рівнів використовуються лампи ЛС47 (поз. HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6, HL7, HL8, HL9, HL10, HL11, HL12, HL13, HL14, HL15, HL16, HL17, HL18, HL19, HL20, HL21, HL22, HL23, HL24).

4.2.4 Контури контролю концентрації

Для контролю концентрації КОН в контурах 25 було використано універсальний концентратомір КВЧ-5М. Він працює безперервно в діапазоні від -100 °С до 100 °С. Прилад містить в собі вбудований первинний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом 4 – 20 мА (поз. 25-1).

Отриманий сигнал з концентратоміру передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ1 (поз. 25-2), для відображення виміряної концентрації.

Для контролю концентрації метоксиду в ріпаковій олії в контурах 26 було використано концентратомір LIQUISONIC виробника SENSOTECH. Він працює безперервно в діапазоні від -100 °С до 200 °С. Прилад містить в собі вбудований первинний перетворювач з уніфікованим вихідним сигналом 4 – 20 мА (поз. 26-1).

Отриманий сигнал з концентратоміру передається на показуючий ПІД – регулятор марки ТРМ1 (поз. 26-2), для відображення виміряної концентрації.

В результаті підбору необхідного обладнання, розроблена схема забезпечить оптимальне протікання виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій згідно з технічним регламентом виробництва.

Специфікація приладів відображена у таблиці додатку Г.

5 Економіко-технічні розрахунки

5.1 Схема організації виробничого процесу

Виробничий процес складається з чотирьох видів (рис 5.1):

- Основні- ті процеси, без яких технічно неможливо отримати продукт;
- Допоміжні- процеси, без яких можна обійтись для отримання продукту, але виникають певні труднощі;
- Підсобні- допомагають допоміжним;
- Побічні- переробка відходів.

Рисунок 5.1- Схема організації виробничого процесу

Основні виробничі процеси на даному виробництві: змішування метанолу з КОН, отримання суміші ефіру і гліцерину, змішування моноетаноламіну з КОН, поділ суміші на ефір та гліцерин, змішування ефіру зі сполукою моноетаноламіну з КОН, очистка продукту.

Допоміжні: обслуговування обладнання для коректної роботи, закупка сировини.

Підсобні: робота з бухгалтерського та складського обліку, охорона при виробництві та прибирання приміщення.

Побічні: утилізація або перепродаж побічних продуктів- гліцерин та осад.

Також, для виробництва якісної продукції передбачений контроль наступних видів:

Вхідний контроль – перевірка якості продукції, що надходить на підприємство, як сировина. На даному підприємстві, це перевірка якості метилу, КОН, олії ріпакової ті моноетаноламіну. Контроль якості проводиться при закупівлі сировини інженером- технологом. Ведеться журнал проведення вхідного контролю.

Проміжний контроль – перевірка правильності проходження процесів при виконання технологічного процесу. Виконується інженером-технологом Дані заносять у журнал проміжного контролю.

Заключний контроль – перевірка якості готової продукції. Проводить оператор за допомогою автоматичної системи визначення концетрації. Якість продукції відображується пульті, ці ж дані переносяться до журналу заключного контролю.

5.2 Оптимальний вид руху предметів праці

Тривалість кожного етапу на виробництві:

1. Змішування метанолу з КОН-5 хвилин.
2. Отримання суміші ефіру і гліцерину- 5 хвилин.
3. Змішування моноетаноламіну з КОН- 5 хвилин.
4. Поділ суміші на ефір та гліцерин -30 хвилин.
5. Змішування ефіру зі сполукою моноетаноламіну і КОН- 10 хвилин.
6. Очистка продукту- 5 хвилин.

Для скорочення часу отримання продукту третю операцію можемо почати одночасно з першою, так як використовуються різні ємності незалежні одна від одної. Друга операція йде строго за першою, так як використовується суміш першої операції. Четверта- відстоювання результату третьої операції, п'ята йде після відстоювання. Останньою операцією буде очистка готової продукції.

Таким чином, обираємо оптимальним ВРПП змішаний: синхронізований зі змінними ритмами (рис. 5.3):

Рисунок 5.3 -Синхронізований ВРПП

З графіку ВРПП можна побачити, що час одного циклу займає 55 хв.

5.3 Схема організації робочих кадрів

Для безперервної роботи технологічної лінії необхідні:

1. Начальник цеху- контролює виробництво та відповідає за цех цілком
2. Інженери-технологи- організація і забезпечення належних безпечних умов праці, ведення необхідної експлуатаційно-технічної, оперативно-технічної та звітної документації.
3. Прибиральники- робітники з прибирання у цеху.

4. Бухгалтер- особа, відповідальна за фінансово-господарську діяльність підприємства
5. Охорона- охорона об’єкту, обладнання, сировини і матеріалів, людей, що там працюють.
6. Робочі майстри з ремонту- працівники, що займаються ремонтом та профілактикою обладнання.
7. Оператори- технологи- виконання виробничих задач.

Схема підпорядкування робочих кадрів зображена на рис. 5.3 :

Рисунок 5.3- Схема підпорядкування робочих кадрів на виробництві

Графік роботи працівників приймаємо наступний- чотирьохзмінний по 6 годин.

Необхідна чисельність явочна основного персоналу:

1. Начальник цеху- 1 людина.
2. Інженер-технолог-1 людина.
3. Робочий майстер з ремонту-1 людина.
4. Оператор - 2 людей.

Необхідна чисельність явочна допоміжного персоналу:

1. Прибиральник- 1 людина.
2. Бухгалтер- 1 людина.
3. Охорона- 1 людина.

Для начальника цеху, бухгалтера та охорони день складає 8 годин, прибиральник приходить лише на 2 години в день. Тому:

$$Ч_{осн\ перс} = 4\ працівників.$$

$$Ч_{яв\ ох} = 1\ працівник.$$

$$Ч_{яв\ начал\ і\ бухг} = 2\ працівників$$

$$Ч_{яв\ прибир} = 1\ працівник$$

Тривалість роботи підприємства на рік:

$$T_{\text{рік}}^{\text{підпр}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ годин/рік};$$

Тривалість роботи одного працівника на рік з урахування шкідливих умов праці:

$$T_{\text{рік}}^{\text{прац}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 36 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 36 = 1821 \text{ год/рік};$$

Тривалість роботи одного працівника на рік за нормальних умов:

$$T_{\text{рік}}^{\text{прац}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (\text{T}^{*}{}_{\text{св}} * 1) = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 * 8 = 2015 \text{ год/рік};$$

Так як охорона, начальник цеху та бухгалтер не контактує напряму із шкідливими речовинами, то будемо вважати їх умови роботи нормальними.

Чисельність за списком - це загальна потреба підприємства у кадрах, зареєстрованих на підприємстві з урахуванням тої кількості, яка необхідна для заміни тих хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших причин. Чисельність за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \frac{\text{T}_{\text{під/рік}}}{\text{T}_{\text{прац/рік}}};$$

Чисельність за списком для основного персоналу:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \frac{\text{T}_{\frac{\text{під}}{\text{рік}}}}{\text{T}_{\frac{\text{прац}}{\text{рік}}}} = 4 * \frac{8760}{1821} = 19{,}2 \approx 20 \text{ людей}$$

Чисельність за списком для охорони:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \frac{\text{T}_{\frac{\text{під}}{\text{рік}}}}{\text{T}_{\frac{\text{прац}}{\text{рік}}}} = 1 \cdot \frac{8760}{2015} = 4.35 \approx 4 \text{ людини}$$

Так, як прибиральниця приходить лише на 2 години в день, беремо на роботу дві, на випадок невиходу однієї з них. На підприємствах, зазвичай, беруть 1

бухгалтера, тож на нашому виробництві також буде 1 бухгалтер. Начальник цеху- також один.

Сумарна чисельність за списком складає 28 особа.

5.4 Графік змінності роботи персоналу:

Графік роботи в цеху виглядає так:

1. I зміна - 6.00 – 12.00;
2. II зміна – 12.00 – 18.00;
3. III зміна – 18.00 – 00.00;
4. IV зміна – 00.00 – 6.00.

Кількість бригад основного персоналу:

$$N_{\text{бр}} = \frac{8760}{1821} = 4.81 \approx 5 \text{ бриг.};$$

Кількість бригад охорони:

$$N_{\text{бр}} = \frac{8760}{2015} = 4.35 \approx 4 \text{ бриг.};$$

Графік змінності роботи основного персоналу (табл.5.1):

Таблиця 5.1- Графік змінності роботи основного персоналу

Графік змінності роботи охорони(табл.5.1):

Таблиця 5.1- Графік змінності роботи охорони

Графік змінності роботи прибиральниць(табл.5.2):

Таблиця 5.2- Графік змінності роботи прибиральниць

Графік змінності роботи бухгалтера та начальника цеху (табл.5.2):

Таблиця 5.3- Графік змінності роботи бухгалтера та начальника цеху

Фактична тривалість роботи працівника за рік:

$$T_{\text{приб}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм/об}}}\left(T_{\text{зм/об}} - T_{\text{вих}}\right) \cdot t_{\text{змін}} = \frac{365}{4}(4-2) \cdot 2 = 365\text{год./рік};$$

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

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

$$\text{Т}_{\text{рік}}^{\text{охорон}} = \frac{365}{\text{Т}_{\text{зм.об.}}}(\text{Т}_{\text{зм.об.}} - \text{Т}_{\text{вих.}})\text{Т}_{\text{зм.}} = \frac{365}{16}(16-4) * 8 = 2190\text{год./рік}$$

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

$$\text{Т}_{\text{перепр приб}} = 365 - 2015 = -1650\frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

$$\text{Т}_{\text{перепр осн}} = 1752 - 1821 = -69\frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

$$\text{Т}_{\text{перепр нач}} = 2085 - 2015 = 70\frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

$$\text{Т}_{\text{перепр охор}} = 2190 - 2015 = 175\frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

$$\text{Т}_{\text{перепр бухг}} = 2085 - 2015 = 70\frac{\text{год}}{\text{рік}}.$$

Всі перепрацювання та недопрацювання будуть враховані при нарахуванні заробітньої плати.

5.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

До оборотних фондів виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій належать:

- Сировина і матеріали;
- Опалення;
- Електроенергія;
- Заробітна плата;
- Оренда цеху.

До сировини і матеріалів належать:

1. Ріпакова олія.
2. Метанол.
3. Гідроксид калію.
4. Моноетаноламін.
5. Вода.

Для розрахунку вартості сировини і матеріалів необхідно розрахувати продуктивність цеху на рік (табл.5.4):

Таблиця 5.4- Річна продуктивність цеху без автоматизації

Розрахунок вартості сировини і матеріалів розрахована у таблиці 5. 5:

Таблиця 5.5-Вартість сировини і матеріалів

Розрахунок електроенергії:

Потужність обладнання N= 25 кВт/год. Ціна вдень– 1кВт= 2,5 грн., вночі – 1кВт = 2,5*0,5 = 1,25 грн.

Підприємство працює безперервно 24/7:

Денний час: $B_{7:00-23:00} = 16 * 365 * 25 * 2{,}5 = 365000 \frac{грн}{рік}$,

Нічний час:$B_{23:00-0\ :00} = 8 * 365 * 25 * 1{,}25 = 91250 \frac{грн}{рік}$.

Сумарна витрата на електроенергію:

$$З_{е/е} = 365000 + 91250 = 456250 \frac{грн}{рік}.$$

Витрати на теплову енергію на виробництві:

$$З_{т/е} = 24 * 365 * 0.28 * 50 = 122640 \frac{грн}{рік}$$

Розрахунок заробітної плати наведений у табл. 5.6:

Таблиця 5.6- Розрахунок заробітної плати на підприємстві без автоматизації

Розрахуємо ФОП враховуючи єдиний соціальний внесок (ЄСВ=22%):

$$ФОП = 1133094{,}556 * 1{,}22 = 1382375{,}359 \frac{грн}{рік}$$

Витрати на опалення наведені у таблиці 5.7:

Таблиця 5.7 – Вартість опалення

Розрахуємо ОбЗ для виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій:

$$\begin{aligned} Обз = {} & З_{е/е} + З_{т/е} + Сировина + Опалення + ФОП + Оренда \\ & = 456250 + 122640 + 357\,656\,200 + 1382375{,}359 + 2224000 \\ & = 361841465{,}4 \frac{грн}{рік} \end{aligned}$$

Розрахунок основних засобів поділяється на дві частини- без автоматизацієї та з автоматизацією.

Вартість обладнання без автоматизації наведений у табл. 5.8 :

Таблиця 5.8- Вартість обладнання без автоматизації

Так як на виробництві відсутні транспорт та нематеріальні активи, то основні засоби будуть складатись лише з обладнання. Тому основні засоби ОЗ= 830917 грн, річна амортизація А=166163 грн/рік

5.6 Розрахунок техніко-економічних показників підприємства без автоматизації

Запланована ціна на тонну моноетаноламіду:

$$Ц_{од} = 80000 \frac{грн}{тонну}$$

Запланована ціна на тонну гліцерину:

$$Ц_{од} = 30000 \frac{грн}{тонну}$$

Випуск продукції:

$$Ц(моноетаноламід) = 80000 * 9\,828{,}72 = 786297600 \frac{грн}{рік}$$

$$Ц(гліцерин) = 30000 * 954{,}84 = 28645200 \frac{грн}{рік}$$

Собівартість продукції виробнича:

$$С_в = Обз + А = 361841465{,}4 + 166163 = 362007628{,}4 \frac{грн}{рік}$$

Собівартість одиниці продукції виробнича :

$$Сод = \frac{362007628{,}4}{10783{,}56} = 33570{,}3263 \frac{грн}{тонна}$$

Перейдемо від виробничої собівартості до повної:

$$С_п = С_в + Накладні;$$

Накладні – доля загальнозаводських витрат на адміністративно-управлінські заходи, яка припадає на дане відділення. Приймемо розмір накладних в 100% від виробничої собівартості. В результаті повна собівартість складатиме:

$$С_п = С_в \cdot 2 = 362007628{,}4 * 2 = 724015256{,}8 \frac{грн}{рік};$$

Прибуток за рік:

$$П = Ц - С = 835441200 + 28645200 - 724015256{,}8 = 140071143{,}2\,\frac{грн}{рік}$$

Капіталовкладення:

$$К = ОЗ + Обз = 830917\ + 361841465{,}4 = 362672382{,}4грн$$

Рентабельність:

$$Р = \frac{П}{С} * 100\% = \frac{140071143{,}2}{724015256{,}8} * 100 \approx 19{,}35\%$$

Період повернення капіталовкладення:

$$Т = \frac{К}{П} = \frac{362672382{,}4}{140071143{,}2} \approx 2{,}59\ року$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{П}{К} = \frac{140071143{,}2}{362672382{,}4} \approx 0{,}39$$

Фондовіддача:

$$ФВ = \frac{В}{ОЗ} = \frac{11677{,}08}{830917} = 0{,}014грн/грн$$

Фондоємність:

$$ФЕ = \frac{1}{ФВ} = \frac{1}{0{,}014} = 71{,}16\ грн/грн$$

Розраховані основні показники наведені у таблиці 5.9:

Таблиця 5.9- Основні показники підприємства без автоматизації

5.7. Розрахунок економічної рентабельності автоматизації процесу отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій

Встановлення автоматизованих системи на підприємстві підвищує якість продукції, продуктивність підприємства, зменшує кількість нецільової продукції та відходів, зменшує потребу в кількості людей.

Були встановлені наступні обладнання автоматизації (табл. 5.10). У вартість обладнання включені: обладнання, доставка та монтаж з налагоджуванням.

Таблиця 5.10- Вартість обладнання автоматизації

Після автоматизації основні засоби ОЗ= 830917+126308=957225 грн, річна амортизація А=166163 +25262=191425 грн/рік

Після встановлення автоматизації, продуктивність цеху становить (табл. 5.11):

Таблиця 5.11- Річна продуктивність цеху з автоматизацією

Кількість допоміжного персоналу не змінюється. Зміни в основному персоналі: виробництво потребує лише одного оператора замість 2, тому чисельність за списком:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot \frac{T_{\frac{під}{рік}}}{T_{\frac{прац}{рік}}} = 3 \cdot \frac{8760}{1821} = 14{,}43 \approx 15 \text{ людей}$$

Тобто усього за списком буде 27 людей. Розрахунок З/П відповідно(табл. 5.12):

Таблиця 5.12- Розрахунок заробітної плати на підприємстві з автоматизацією

Розрахуємо ФОП враховуючи єдиний соціальний внесок (ЄСВ=22%):

$$ФОП = 916651{,}8004 * 1{,}22 = 1118315{,}197 \frac{грн}{рік}$$

Розрахуємо ОбЗ для виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій:

$$\begin{aligned} Обз = {} & З_{е/е} + З_{т/е} + Сировина + Опалення + ФОП + Оренда \\ & = 456250 + 122640 + 357\,656\,200 + 1118315{,}197 + 2224000 \\ & = 361577405{,}2 \frac{грн}{рік} \end{aligned}$$

5.8. Розрахунок техніко-економічних показників підприємства з автоматизацією

Запланована ціна на тонну моноетаноламіду та гліцерин не зміниться.

Випуск продукції:

$$Ц(моноетаноламід) = 85000 * 9\,855{,}00 = 837675000 \frac{грн}{рік}$$

$$Ц(гліцерин) = 30000 * 954{,}84 = 28645200 \frac{грн}{рік}$$

Собівартість продукції:

$$С = Обз + А = 361577405{,}2 + 191425 = 361768830{,}2 \frac{грн}{рік}$$

Собівартість одиниці продукції:

$$Сод = \frac{361768830{,}2}{10809{,}84} = 33466{,}6221 \frac{грн}{тонна}$$

Перейдемо від виробничої собівартості до повної:

$$С_п = С_в \cdot 2 = 361768830,2 * 2 = 723537660,4 \frac{грн}{рік};$$

Прибуток за рік:

$$П = Ц - С = 837675000 + 28645200 - 723537660,4 = 142782539,6 \frac{грн}{рік}$$

Капіталовкладення:

$$К = ОЗ + Обз = 957225 + 361577405,2 = 362534630,2грн$$

Рентабельність:

$$Р = \frac{П}{С} * 100\% = \frac{142782539,6}{723537660,4} * 100 \approx 19,73\%$$

Період повернення капіталовкладення:

$$Т = \frac{К}{П} = \frac{362534630,2}{142782539,6} \approx 2,54 \text{ року}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{П}{К} = \frac{142782539,6}{362534630,2} \approx 0,39$$

Фондовіддача:

$$ФВ = \frac{В}{ОЗ} = \frac{116\ \ ,84}{957225} = 0,012грн/грн$$

Фондоємність:

$$ФЕ = \frac{1}{ФВ} = \frac{1}{0,012} = 81,91 \text{ грн/грн}$$

Період повернення капіталовкладення для автоматизації окремо:

$$Е = \frac{К}{П} = \frac{126\ 308 + 2526}{2711396,4} \approx 0,06 \text{ роки}$$

Розраховані основні показники наведені у таблиці 5.13:

Таблиця 5.13- Основні показники підприємства з автоматизацією

5.9 Порівняння техніко-економічних показників до та після автоматизації процесу отримання моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій

У табл. 5.14 наведені основні показники підприємства з автоматизацією та без неї, підсумовані зміни.

Таблиця 5.14- Порівняння техніко-економічних показників до та після автоматизації

З таблиці 5.14 видно, що автоматизація зумовлює збільшення випуску продукції, зменшує кількість працівників, отже збільшує прибуток, при цьому зменшує капіталовкладення. При цьому період повернення грошей скорочується, а фондоємність зростає. Отже, встановлення автоматизованих систем є цілком доцільним.

6 Охорона праці

При виробництві моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій використовують шкідливі, пожежонебезпечні речовини та їх пари. Для отримання цільового продукту також використовують теплову та електричну енергію.

Дипломний проєкт виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. Даний розділ передбачає план заходів, спрямований на створення належних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на виробництві.

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об’єкті. Заходи з охорони праці

6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, робота віднесена до категорії середньої тяжкості Іа.

Визначено санітарні норми параметрів мікроклімату у цеху (табл. 6.1)[15]

Таблиця 6.1. Санітарні норми параметрів мікроклімату

Таблиця 4.2. Коротка санітарна характеристика цеху, що проєктується

Для досягнення нормованих умов в цеху передбачено механізувати та автоматизувати технологічний процес, раціонально розмістити устаткування, комунікації та вентиляційні пристрої.

Передбачено засоби індивідуального засобу, а саме: респіратори типу "Пелюсток", спецодяг типу "П" і спецвзуття. Для покращення результату також заплановано проводити контроль шкідливих речовин у повітрі цеху. Після виявлення перевищення ГДК речовин передбачено розробку плану усунення даної проблеми шляхом впровадження наступних заходів:

- Механічної загальнообмінної припливної вентиляцію, яка подає до приміщення чисте вентильоване повітря. Якщо повітря не задовольняє допустимим межам температури, його або нагрівають, або охолоджують. При великому забрудненню повітря його додатково очищують.
- Витяжної вентиляції, що видаляє з цеху забруднене або нагріте відпрацьоване повітря.

Продуктивність встановлених вентиляцій збалансовано з урахуванням можливості циркуляції повітря між суміжними приміщеннями. Повітряний баланс для цеху виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій знижений на 10…15%.

При виробництві можливі аварії, тому було впроваджено аварійну вентиляцію. Вона полягає в роботі витяжної вентиляції, що створює розрідження в приміщенні при перевищенні заданих ГДК конкретних речовин автоматично, а також мануально. Кратність повітрообміну для аварійної вентиляції 8 $ч^{-1}$ включаючи робочу.

На вході у цеху встановлено теплові повітряні завіси, що попереджують переохолодження робітників, а також їх можливих застудних захворювань.

Також, є необхідність проходження медогляду кожного працівника раз на рік.

Зменшення поширення шкідливих речовин у цеху зумовлено наступними факторами:

1. Встановлено датчики температури на реакторах.

2.Встановлено датчики рівня на кожній ємності для запобігання переповнення їх.

3. Усі ємності герметично закриті, адже пара спиртів має високу летючість.

4. Використовуються лише вибухобезпечні трубопроводи.

6.1.2 Виробниче освітлення

Роботи у цеху відносять до IVб розряду. Для забезпечення нормальної роботи використовують два види освітлення: загальне штучне та природне бокове.

Штучне освітлення представляє собою рівномірне освітлення за допомогою газорозрядних ламп низького тиску(люмінесцентні типу ЛБ-40). Також, було передбачено аварійне, евакуаційне та ремонтне освітлення. Воно представлено у вигляді люмінесцентних ламп. Для забезпечення якості освітлення використовують фотоелектричний люксметр Ю-116, що дає змогу оцінити рівень освітленості у приміщенні мінімум раз на рік. Норми освітленості і КПО у цеху наведено у табл (6.3):

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

Аварійне освітлення задовольняє вимоги, коли мінімальна освітленість складає 5% від норми, однак не менше ніж 2лк. Евакуаційне освітлення складає: не менше 0,5лк на сходах та не менше 0,2 на відритих місцевостях.

Задля забезпечення освітленості впроваджено наступні заходи:

1. Своєчасна заміна ламп.
2. Діагностика освітленості раз на рік.
3. Регулярне миття вікон та ламп.

Також, крім світла в цеху, є світло в окремому приміщенні, де працюють оператори АСУТП. Розрахуємо кількість світильників для цього приміщення. Для цього необхідно розрахувати світловий потік для приміщення площею в 20м^2:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}$$

де F – світловий потік, Лм, E = 200 лк – нормована мінімальна освітленість, S – площа освітлюваного приміщення, Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (Z = 1,1), K – коефіцієнт запасу (K = 1,5), η – коефіцієнт використання світлового потоку, що характеризується коефіцієнтами відбиття від стін (ρсн.), стелі (ρсл) та підлоги (ρп), ρсл = 0,7, ρсн = 0,5 і ρп =0,3.

Розрахуємо індекс приміщення:

$$I = \frac{S}{h_c \cdot (a + b)} = \frac{20}{1 \cdot (4 + 5)} = 2{,}22$$

де h_c = 1 м – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, a і b- довжина та ширина приміщення відповідно.

Знаючи індекс приміщення *I* знаходимо значення η = 0,54.

Тоді формула для визначення світлового потоку набуває вигляду:

$$F = \frac{200 \cdot 1{,}5 \cdot 20 \cdot 1{,}1}{0{,}54} = 12222{,}22 \text{ Лм}$$

Для освітлення було використано лампи типу ЛБ-40, світловий потік яких F = 3120 Лм. Тоді необхідна кількість світильників у приміщенні:

$$N = \frac{F}{F_л} = \frac{12222,22}{3120} \approx 3,94 = 4$$

В приміщенні використовуються світильники типу НОДЛ. Кожен світильник комплектується двома лампами, тому треба використовувати 2 світильники з 2 лампами.

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

У цеху використовують наступне обладнання, яке є джерелом шуму і вібрації: реактори змішування, друк-фільтр, відстійник, дозатори твердого лугу. При роботі даного устаткування за даними вимірювання рівень звуку не перевищує допустимий рівень (70 дБА), згідно ДСН 3.3.6.037–99 (80дБА). Лабораторні заміри шуму проводились за допомогою приладу ИШВ-003.

Також, згідно з ДСН 3.3.6.037–99, даних цех відноситься до І-го ступеня шкідливості- до 3дБ. Тому впроваджено наступні заходи:

1. Завчасний ремонт обладнання та профілактика.
2. Зниження рівня шуму та вібрації за допомогою оздоблення приміщення звукопоглинаючими матеріалами (наприклад, пінополістирол або пінопласт) та встановленням на обладнання вібропідвісів.

6.1.4 Електробезпека

Об’єкт належить до приміщень з підвищеної небезпекою через наявність двох чинників:

1. Струмопровідної підлоги (бетонне покриття).
2. Можливості дотику працівником до неізольованих проводів.

Неізольовані проводи у цеху можуть виникнути через відсутність профілактичного ремонту або поломки. При цьому, працівник, що дотикається до

такого проводу, уражається змінним струмом. Розрахуємо силу струму, що проходить через людину у даний момент:

$$I_Л = \frac{U_ф \cdot 10^3}{R_Л + R_0} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 110 \text{ мА};$$

де $I_л$ – струм, який проходить через людину; $R_л$ – опір тіла людини (2…4 кОм); $R_о$ – опір заземленої нейтралі (≈ 4 Ом), $U_ф$ – фазова напруга (220 В).

Напруга дотику, розраховується за формулою:

$$U_д = I_л \cdot R_л = 0{,}11 \cdot 2000 = 220 \text{ В};$$

При цьому, згідно ГОСТ 12.1.038–92, допустимі рівні напруг дотику ($U_д$) і струму, що проходить через тіло людини ($I_л$) рівні: при нормальному режимі роботи електричного встаткування $U_д$ = 2 В, а $I_л$ = 0,3 мА; при аварійному $U_д$ = 36 В, а $I_л$ = 6 мА.

Як видно, при ураженні струмом набагато перевищуються нормативні показники, отже можливі електричні травми з важкими наслідками. Тому було розроблено низку заходів:

1. Занулення електрообладнання.
2. Використання автоматичних відключень обладнання при скачках напруги.
3. Використання малої напруги живлення (за можливості).
4. Використання сигналізації.
5. Проводження інструктажів з електробезпеки.
6. Встановлення систем із захистом від дурня- захист техніки та/або програмного забезпечення від не правильних дій людей

Також, для підвищення рівня електробезпеки рекомендується:

1. Користуватися діелектричними гумовими рукавичками.
2. Використовувати тільки ті інструменти, що мають ізольовані рукоятки.
3. Проводити перед початком роботи огляд обладнання на предмет оголення проводів або виходу із ладу.

6.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Цех з виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій несе потенційну небезпеку через високі температури, високий тиск та токсичні речовини.

Для підвищення безпеки на виробництві рекомендується максимально автоматизувати технологічну лінію.

Використання кожухів на ректорах знижує ризик опіку працівників високими температурами. Також, використовують огороджувальні лінії та попереджуючі знаки.

Системи сигналізації встановлено на кожному обладнанні для контролю протікання процесу. При виходу з ладу обладнання, система дає сповіщення, технологічна лінія зупиняється, і лише тоді можливий ремонт обладнання з урахуванням техніки безпеки роботи з даним обладнанням та речовиною, що знаходиться всередині.

Регулярна перевірка герметичності труб підвищує безпеку при роботі з токсичними та вибухо- та пожежонебезпечними речовинами.

6.2 Пожежна безпека

Пожежі в цеху виникають від перевантаження електроустаткування, короткого замикання, механічного пошкодження обладнання, займання сировини і матеріалів та від людського фактору. Також, не виключена загроза удару блискавкою.

У цеху встановлено протипожежні щити з відповідним набором засобів пожежогасіння, вогнегасники СУБ–7, пінні вогнегасники і ящики з піском.

Цех відноситься до III категорії за захистом від блискавки (відповідно до СН 305 – 77). Проєктом передбачено встановлення блискавковідводів стрижньового типу, а також заземлення трубопроводів.

Також, реалізовано ізоляцію електропроводки (наприклад, текстолітом) та встановлення реле (типу ЕЛ-1), яке виконує функцію захисного вимикання приладів та обладнання.

Пожежо- та вибухонебезпечні речовини наведені у табл. 6.4:

Таблиця 6.4 – Показники пожежо- і вибухонебезпечні речовин і матеріалів.

У цьому розділі було розглянуто всі аспекти небезпек з виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій. Було вжито всі необхідні заходи щодо охорони праці у цеху.

ВИСНОВКИ

При розробці даного дипломного проєкту було розглянуто процес виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій на прикладі рапсової олії. Було виконано комп'ютерне моделювання та автоматизація технологічного процесу.

В середовищі CHEMCAD 7.1.5 розраховано матеріальний баланс технологічної схеми процесу виробництва моноетаноламіду.

Виконаний розрахунок оптимальних налаштувань ПІ-регулятора у середовищі Mathcad 15.

Розроблено технологічну схему автоматизації процесу виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій. Підібрані прилади для виконання автоматизації на схемі.

Проведено розрахунок техніко-економічних показників підприємства з виробництва моноетаноламіду жирних кислот із рослинних олій без автоматизації та з впровадженням автоматизації. Зроблені висновки щодо доцільності встановлення.

Зроблений аналіз та розроблені заходи для створення нормальних умов праці та пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Плетнев М. Ю. Косметико-гигиенические моющие средства.-М.:Химия, 1990-272 с.
2. Бугаєва Л.М., Бойко Т.В., Безносик Ю.О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. Київ, Інтерсервіс, 2017. – 254 с.
3. Конспект лекцій з курсу «Теорія автоматичного керування»
4. С.Г. Бондаренко, О.В. Сангінова Теорія автоматичного керування: метод. вказівки і завд. до викон. домашньої контр. роб. та самостійної роботи для студ. напр. підг. 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” [Текст] / С.Г. Бондаренко, О.В. Сангінова.- К.,2013-102 с
5. Аналитические методы описания объектов управления с сосредоточенными параметрами [Текст] : Учеб. пособие по курсу "Объекты управления и методы их исследования" / Р. Я. Ладиев, Ю. А. Остапенко, А. И. Кубрак, М. З. Кваско ; МВ и ССО УССР. Киев. политехн. ин-т им. 50-летия Великой Октябрьской соц. революции. Кафедра автоматизации хим. производств. - Киев : [б. и.], 1973-. - 20 см.
6. Ротач В. Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования [Текст] / В. Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 440 с
7. Датчик малых расходов Yokogawa EJA115 _ Прибор Импекс.html. URL: https://pia.kiev.ua/rashodomery/malyh-rashodov-datchiki/eja115/ (дата звернення 09.06.2020)
8. TPM1 ПИД-регулятор с универсальным входом. URL: https://owen.ua/ru/izmeriteli-regulyatory/izmeritel-reguljator-odnokanalnyj-oven-trm1. (дата звернення 09.06.2020).
9. Термопреобразователь ТСМ-1187, ТСП-1187 купить в Москве - "ООО Термопара". URL: https://termopara.org/pribor/termopreobrazovatel-tsm-1187-tsp-1187. (дата звернення 09.06.2020).
10. МЭО-40/63-0,25-90 Механизм электроисполнительный однооборотный. URL: http://www.tps21.ru/magazin/ispolniteljnye-mehanizmy/mehanizmy-meo/meo-40/meo-40-63-0-25-90.html. (дата звернення 10.06.2020).

11. Емкостные измерители уровня CLM-36 - Dinel, s.r.o..html URL: http://www.dinel.cz/izdeliya/izmeriteli-urovnya-nepreryvnogo-deistviya/emkostnye-izmeriteli-urovnya-clm-36. (дата звернення 10.06.2020).
12. Кондуктометр КВЧ 5М купить в Харькове, Киеве, Полтаве — цена — chemtest.com.ua.html URL: https://chemtest.com.ua/konduktometr_kvch_5m (дата звернення 10.06.2020).
13. Ультразвуковой плотномер LiquiSonic SensoTech _ AquaAnalytics.html URL: https://aquaanalytics-tekhnika.ru/liquisonic-sensotech/ (дата звернення 10.06.2020).
14. Лампа сигнальная ЛС-47 неон зеленая IEK. URL: https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe_oborudovanie/dopolnitelnye_modulnye_ustroystva/dopolnitelnye_ustroystva_modulnoy_serii/signalnye_lampy/lampa_signalnaya_ls_47_neon_zelenaya_iek. (дата звернення 10.06.2020).
15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати розрахунку матеріальних балансів в CHEMCAD 7.1.5

Загальний матеріальний баланс:

```
Calculation mode : Sequential
Flash algorithm  : Normal

Equipment Calculation Sequence
   1   2   4

Equipment Recycle Sequence
   1   2   4


Recycle Cut Streams
   8


Recycle Convergence Method:  Direct Substitution

    Max. loop iterations    40

Recycle Convergence Tolerance

    Flow rate       1.000E-003
    Temperature     1.000E-003
    Pressure        1.000E-003
    Enthalpy        1.000E-003
    Vapor frac.     1.000E-003

Recycle calculation has converged.
```

Overall Mass Balance	kmol/h		kg/h	
	Input	Output	Input	Output
Potassium HydrOx	0.000	0.000	0.000	0.000
glycerol trilino	1.183	0.000	1040.000	0.003
Glycerol	0.000	1.183	0.000	108.915
MyEfir	0.000	0.000	0.000	0.000
Methanol	4.494	0.946	144.000	30.317
MethEfir	0.000	0.023	0.000	20.194
Monoethanolamine	3.340	0.070	204.000	4.275
product	0.000	3.207	0.000	1223.805
Total	9.016	5.428	1388.000	1387.510