

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових виробництв»

на тему: Обґрунтування режимів роботи адсорбера об'ємом 9м³ для зневоднення водно-спиртових розчинів та його модернізація

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-4М

Кушнірук Сергій Валентинович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Чепелюк Олена Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгодуваної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма: Інжиніринг харчових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ **Олександр ГАВВА**
“___” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кушнірука Сергія Валентиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування режимів роботи адсорбера об'ємом 9м³ для зневоднення водно-спиртових розчинів та його модернізація

керівник роботи Чепелюк О. О., доцент, кандидат технічних наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 20.11.2023 р. № 940-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 08.02.2024

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленки обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література, робочі умови
t = 135° С; P = 185 кПа

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація (українською та англійською мовами); Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; розрахункова частина; технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та технічного сервісу модернізованого обладнання; принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; висновки; список використаних джерел; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Креслення: Установка для отримання етанолу; адсорбер; перемішувач пристрій; розподільчий пристрій; система управління; технологія машинобудування; результати досліджень.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 21.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділи пояснювальної записки:		
1	Вступ	23.11.2023	виконано
2	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	30.11.2023	виконано
3	Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	05.12.2023	виконано
4	Дослідна частина та узагальнення результатів	26.12.2023	виконано
5	Розрахункова частина	11.01.2024	виконано
6	Технологія машинобудування	20.01.2024	виконано
7	Правила монтажу, експлуатації та технічного сервісу модернізованого обладнання	27.01.2024	виконано
8	Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	29.01.2024	виконано
9	Заходи з охорони праці та охорони довкілля	31.01.2024	виконано
10	Маркетингове обґрунтування проекту	02.02.2024	виконано
11	Висновки	03.02.2024	
12	Список використаних джерел	04.02.2024	виконано
13	Презентація та креслення	07.02.2024	виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Сергій КУШНІРУК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олена ЧЕПЕЛЮК

(ім'я, прізвище)

Реферат

Дипломний проект присвячений дослідженню використання нових типів молекулярних сит для дегідратації етанолу в адсорбері. Мета дослідження полягає в розробці та апробації нового технічного рішення, спрямованого на підвищення ефективності процесу дегідратації етанолу в адсорбері, а також у зменшенні його втрат.

У рамках дослідження проведений аналіз сучасного стану об'єкта дослідження та обрано напрямок подальших досліджень. Розглянуто методи досліджень розділення сумішей етанол-вода, проведено моделювання та аналіз результатів. Увага зосереджена на розробці нового технічного рішення, його будові та принципах роботи.

Результати цього дослідження можуть мати важливе значення для подальшого розвитку технологій виробництва етанолу та сприяти оптимізації виробничих процесів у цій сфері промисловості.

В даному проекті розглянуто експериментальну процедуру для синтезу молекулярного сита типу-А цеоліту, яке можна використовувати для розділення суміші етанолу з водою. Молекулярне сито типу-А цеоліту отримують із реактивної суміші, утвореної джерелом алюмінію, джерелом силікату та активатором.

Метою дослідження є підвищення ефективності процесу дегідратації етанолу в адсорбері.

Об'єктом дослідження процес дегідратації етанолу в адсорбері.

Предметом дослідження новий тип молекулярних сит для дегідратації етанолу.

Ключові слова: молекулярні сита, цеоліт, дегідратація етанолу, адсорбер, технічна ефективність процесу.

Abstract

The diploma project is dedicated to the study of the use of new types of molecular sieves for ethanol dehydration in an adsorber. The aim of the study is to develop and test a new technical solution aimed at improving the efficiency of the ethanol dehydration process in an adsorber and reducing its losses.

The study analyses the current state of the research object and selects the direction of further research. Methods of studying the separation of ethanol-water mixtures are considered, modelling and analysis of the results are carried out. Attention is focused on the development of a new technical solution, its structure and principles of operation.

The results of this study may be important for the further development of ethanol production technologies and contribute to the optimization of production processes in this industry.

This project describes an experimental procedure for the synthesis of a zeolite type-A molecular sieve that can be used to separate a mixture of ethanol and water. The type-A zeolite molecular sieve is obtained from a reactive mixture formed by an aluminium source, a silicate source and an activator.

The aim of the study is to increase the efficiency of the ethanol dehydration process in the adsorber.

The object of study is the process of ethanol dehydration in an adsorber.

The subject of the study is a new type of molecular sieves for ethanol dehydration.

Keywords: molecular sieves, zeolite, ethanol dehydration, adsorber, technical efficiency of the process.

Зміст

Вступ.....	7
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.....	9
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження.....	21
3. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	24
3.1. Аналіз досліджень розділення сумішей етанол-вода.....	24
3.2. Методика проведення досліджень.....	26
3.3. Моделювання та аналіз результатів.....	29
3.4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування....	40
4. Розрахункова частина.....	42
4.1. Розрахунок модернізованого обладнання.....	42
4.2. Підбір конструкційних матеріалів.....	61
5. Технологія машинобудування.....	65
6. Правила монтажу, експлуатації та технічного сервісу модернізованого обладнання.....	75
7. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування.....	83
8. Заходи з охорони праці та охорони довкілля.....	86
9. Маркетингове обґрунтування проекту.....	98
Висновки.....	105
Список використаних джерел.....	106
Додатки.....	108

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	221888.МР.45.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1	

Вступ

В сучасному світі використання етанолу стає все більш широким явищем, причому його застосування охоплює такі галузі, як виробництво палива, харчова промисловість, фармацевція та хімічна промисловість загалом. Однак, однією з проблем, яка часто виникає у процесі використання етанолу, є наявність води, яка може впливати на якість та ефективність кінцевого продукту.

У цьому контексті, використання молекулярних сит стає актуальним рішенням для дегідратації етанолу. Молекулярні сита є засобом видалення вологи з рідин, газів та парів на молекулярному рівні, використовуючи пористі структури зі специфічними розмірами пор. Останні дослідження в цій галузі свідчать про потенціал нових типів молекулярних сит, які можуть бути ефективними у видаленні води з етанолу, що відкриває нові можливості для підвищення якості та ефективності процесів виробництва.

Звичайний етанол та біоетанол – це два ключових компоненти, які знаходять широке застосування у різних галузях промисловості та в побуті. Етанол, як відомо, використовується як паливо, засіб для розчинення різних речовин, а також у виробництві різноманітних продуктів, включаючи косметику, фармацевтичні препарати, ароматизатори та інші хімічні продукти. Біоетанол є біологічно виробленим етанолом, отриманим з рослинних матеріалів, таких як цукрова тростина, цукрова буряк, кукурудза та інші біоматеріали.

У сфері паливної промисловості етанол та біоетанол використовуються як альтернативні джерела енергії, що сприяє редукції викидів шкідливих речовин у атмосферу та зменшенню залежності від нафтових ресурсів. Вони можуть бути використані як добавки до бензину (етанолативне паливо), а також в процесі виробництва біодизелю та інших видів біопалива.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.MP.45.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.	Вступ		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

У харчовій промисловості етанол широко використовується як консервант, розчинник та ароматизатор. Також він використовується у виробництві алкогольних напоїв, таких як пиво, вино та спиртні напої.

У фармацевтичній галузі етанол використовується в процесі виробництва ліків та медичних препаратів як засіб для екстракції та розчинення речовин.

Таким чином, етанол та біоетанол є важливими складовими у багатьох сферах життя, і вивчення їхнього оптимізованого виробництва та застосування має велике значення для розвитку суспільства та збереження навколишнього середовища.

Метою даного дипломного проекту є ретельне вивчення впливу нових типів молекулярних сит на процес дегідратації етанолу. Проект передбачає аналіз різних характеристик та параметрів сит, оцінку їхньої ефективності та порівняння з традиційними методами дегідратації. Окрім того, у процесі дослідження будуть розглянуті можливі практичні застосування нових типів молекулярних сит у різних галузях промисловості.

Даний дипломний проект має важливе значення для подальшого розвитку технологій виробництва етанолу та може сприяти вдосконаленню процесів у цій сфері промисловості.

1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження

Сорбція — це процес, під час якого гази, пари або розчинники, що містяться у газі або рідині, поглинаються рідиною, твердою поверхнею або межею поділу фаз. Абсорбенти, які використовуються для цієї мети, називаються сорбентами, а устаткування, що використовується для здійснення цього процесу, – абсорберами. Однією з ключових характеристик сорбентів є їх вибірковість, тобто їх здатність вибірково залучати лише певні компоненти з речовини, що дозволяє використовувати їх для обробки різноманітних сумішей або для вилучення певних речовин з них.

У харчовій промисловості застосовуються різні процеси сорбції. Абсорбція, наприклад, полягає у поглинанні певного компонента або групи компонентів у суміші газів або парів рідким абсорбентом. У процесі абсорбції як газ, так і рідина рухаються, і при певних гідродинамічних умовах та впливі градієнтів температури і концентрації на межі фаз може виникнути турбулентність, що сприяє перенесенню речовин.

Адсорбція, у свою чергу, включає поглинання конкретного компонента з газової суміші або розчину поверхнею твердого адсорбенту. Під час адсорбції, коли декілька компонентів адсорбуються із суміші, вони конкурують за місце на поверхні сорбенту, при цьому молекули з більш сильним силовим полем витісняють молекули з більш слабким полем.

Іонообмін — це процес, за якого певні іони з розчину електроліту поглинаються та обмінюються на іони з поверхневого шару твердого адсорбенту, відомого як іонообмінник. Іонообмінні процеси також можуть бути класифіковані як іонна адсорбція.

Велика площа поверхні адсорбентів створюється пористістю.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.МР.45.001.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

Коли відсутні хімічні реакції між сорбентом і речовиною, перехід речовини з однієї фази в іншу відбувається до моменту, коли концентрація переносу у першій фазі перевищує рівноважне значення в другій фазі. Цей процес, відомий як сорбція, може контролюватися зміною параметрів системи, що впливають на умови рівноваги між фазами. При належних умовах процес може рухатися в оберненому напрямку, де раніше адсорбовані речовини вивільняються з сорбенту, відомий як десорбція. Цей процес є протилежністю абсорбції та адсорбції.

За допомогою циклів сорбції та десорбції, сорбенти можуть бути регенеровані і використані повторно, зменшуючи витрати виробництва. Ці цикли можуть залежати від зміни температури, тиску або інших параметрів системи, які впливають на процес сорбції. У той час як іоносорбція та регенерація часто контролюються зміною рівня рН середовища, цикли хемосорбції, які супроводжуються хімічними реакціями, можуть бути менш ефективними з точки зору енергоефективності та екологічності.

Хемосорбція – це процес сорбції, в якому поглинання речовини супроводжується хімічною реакцією. Цей процес може призводити до незворотніх змін у структурі сорбента та характері речовини, що забезпечує ефективність сорбції. Оскільки хемосорбція не передбачає можливості регенерації абсорбентів, вона може бути менш привабливою з точки зору сталих екологічних практик.

Абсорбція та десорбція є найбільш економічними процесами сорбції. Протилежно, адсорбція та іонний обмін вимагають значних витрат і використовуються лише у випадках невеликої кількості речовини, що поглинається. Хемосорбція, хоч і дорога, застосовується тоді, коли інші методи виявляються непрацездатними, наприклад, для виділення цінних металів із розчину, які спочатку поглинаються іоносорбентом, а потім ізольовані з сорбента.

В харчовій промисловості сорбційні процеси використовуються широко: уловлення парів спирту з газів бродіння для виробництва спирту та вина,

насичення вуглекислим газом води, пива та інших напоїв, збагачення киснем дріжджів та мікробіологічних середовищ для росту, а також виробництво крохмалю.

Прикладами десорбції можуть бути процеси, такі як:

1. Дегазація живильної води для парових котлів.
2. Відділення аміаку від конденсату з випарників у цукровій промисловості.
3. Дезодорація в олійно-жировій промисловості, що полягає у видаленні летких речовин, які надають харчовим жирам і маслам непотрібний запах і смак.

Адсорбція використовується у таких процесах, як:

1. Очищення дифузійного соку і сиропу у виробництві цукрових буряків.
2. Освітлення і стабілізація вина.
3. Освітлення соку в консервній промисловості.
4. Рафінація рослинної олії.
5. Очищення спиртових і водно-спиртових сумішей у алкогольній промисловості.

Процеси іонного обміну, зазвичай, організуються в циклах заміщення. Це явище широко використовується для пом'якшення води, яка призначена для виробництва безалкогольних і алкогольних напоїв, а також для очищення виноматеріалів. Смакові характеристики цих продуктів покращуються при зниженні вмісту іонів магнію, міді, заліза тощо.

Наприклад, цукрова промисловість очищає соки та сиропи за допомогою цього процесу, а молочна промисловість очищає молоко від іонів кальцію, щоб використовувати його для годування немовлят.

Складні процеси сорбції також впливають на формування аромату та забезпечують продуктам подовжений термін зберігання. Ці процеси найчастіше спостерігаються під час копчення м'ясних та рибних продуктів, замішування тіста та випікання хліба, а також приготування напоїв та варіння.

Хемосорбція використовується для видалення білкових компонентів і барвників з цукрового соку та сиропу. Під час проходження вуглекислого газу через цукровий сік, змішаний з вапняним молоком, відбувається процес хемосорбції. Вуглекислий газ абсорбується, утворюючи нерозчинний карбонат кальцію. На поверхні карбонату відбувається адсорбція частинки нектару з розчину. Цей процес відомий як насичення.

Більшість харчових продуктів виявляють сорбційні властивості та реагують на зміни у навколишньому середовищі, що може призводити до зміни їх характеристик і появи неприємних запахів і смаків. З метою уникнення цього продукти зберігають у герметичних умовах та у спеціальних упаковках, без додавання ароматизаторів.

адсорбенти - це матеріали з розвиненою поверхнею, що мають капілярну структуру та здатні поглинати певні компоненти з оточуючого середовища. Адсорбція відбувається за рахунок молекулярних сил притягання. У твердих тілах ці сили взаємодіють між собою у внутрішньому об'ємі. Однак на поверхні тіла молекули зазнають нескомпенсованих сил, які привертають та утримують молекули інших речовин з навколишнього середовища.

Ці нескомпенсовані сили спрямовані всередину та на поверхню твердих тіл, і вони призводять до утворення поверхневого натягу. Адсорбція молекул інших речовин на поверхні твердого тіла частково компенсує ці поверхневі сили, зменшуючи поверхневий натяг, а отже, вільну поверхневу енергію системи. Вивільнення частини цієї енергії призводить до теплового ефекту, тому процеси адсорбції є екзотермічними.

Адсорбенти - це тверді матеріали з розвиненою пористою структурою, які мають високу адсорбційну активність та селективність. Активність визначається кількістю поглинутого адсорбентом на одиницю площі або маси. Адсорбенти повинні бути доступними за ціною, міцними, не реагувати хімічно з поглинутими речовинами та мати можливість багаторазової регенерації без втрати властивостей.

Активність і селективність адсорбентів залежить від їх типу, структури та молекул адсорбату. Питома поверхня адсорбенту (площа на одиницю ваги) також впливає на їх активність. Умови процесу, такі як температура, тиск газу та концентрація компонентів у суміші, також визначають активність.

Пори адсорбенту мають різні розміри і класифікуються на макропори, перехідні пори та мікропори. Макропори, з ефективним радіусом понад $0,2 \cdot 10^{-6}$ м, служать для транспортування речовин у менші пори. Перехідні пори мають радіуси від $1,5 \cdot 10^{-9}$ до $0,2 \cdot 10^{-6}$ м та відіграють роль у адсорбції та капілярній конденсації. Мікропори мають радіус від 0,5 до 1,5 нм і можуть повністю заповнюватися цільовими компонентами. Якщо радіус мікропор менше 0,5 нм, сорбент зазвичай вважається іонообмінною смолою.

Адсорбентами можуть бути як кристалічні речовини, так і висушені гелі. Гелі утворюються шляхом концентрації колоїдних розчинів, де колоїдні часточки зливаються та утворюють стійкі просторові мережі. Висушені гелі мають ділянки з некомпенсованими полями і можуть адсорбувати гази та пари, а також набухати при контакті з рідиною або її парою, через що стають більш гнучкими.

Силікагелі та гелі оксиду алюмінію отримуються термічною або хімічною обробкою відповідно кремнезему та гідроксиду алюмінію. Силікагель зазвичай використовується для сушіння газу. Вони мають ряд переваг, таких як низька температура десорбції (100-200 °C), негорючість, довговічність і невелика вартість. Алюмінієві гелі мають схожі властивості, але трохи меншу активність, ніж силікагелі.

Активоване вугілля виготовляють із різних видів органічної сировини, такої як вугілля, деревина, тирса, шкіра, папір або відходи м'ясної промисловості. Це відбувається через суху перегонку із подальшою обробкою парою або хімічними реагентами, що надає матеріалу тонкої структури. Поверхня активованого вугілля має питому площу від 600 до 1700 м²/г, об'єм пор — від 0,3 до 0,6 см³/г, а насипна маса становить 380-600 кг/м³.

Зазвичай воно використовується у вигляді гранул розміром 1-7 мм або порошку з частинками не менше 0,15 мм.

Активоване вугілля має неправильну пористу структуру і здатне адсорбувати різні речовини з різною молекулярною масою. Воно відзначається високою адсорбційною здатністю і може бути ефективно регенероване, що означає, що його можна використовувати повторно. Проте активоване вугілля вважається одним з найдорожчих сорбентів, і його недоліком є те, що воно легко вилітає у повітрі при температурі 300 °С.

Цеоліти – це надзвичайно цікаві природні та синтетичні сорбенти з мікроскопічними порами у кристалічній структурі. Навіть якщо адсорбенти одного складу мають однакову питому поверхню, їх адсорбційні властивості можуть відрізнятися в залежності від типу пористості. Зменшення розміру пор може призвести до значного зменшення або навіть повної відсутності адсорбції речовин, особливо для великих молекул, оскільки тонкі пори можуть бути недоступні для них.

Цеоліти мають надзвичайно тонкі пори, розмір яких відповідає розміру молекул. У сухому стані цеоліти використовуються як адсорбенти, що поглинають асиметричні молекули, такі як H_2O , CO_2 , а також органічні молекули з кількома зв'язками, наприклад, етилен і ацетилен, з газової або парової фази.

У воді цеоліти набухають і утворюють особливу псевдофазу з властивостями, сприятливими для процесів іонного обміну. Хоча зовні вони виглядають як тверді тіла, адсорбенти у набряклому стані формують специфічну псевдофазу, яка одночасно має властивості як твердого тіла, так і рідини.

Рисунок 1.1 показує ізотерми адсорбції у координатах p - x . Тут p відображає парціальний тиск компонента у газовій фазі, що відповідає його концентрації в цій фазі, а x позначає рівноважний вміст адсорбованого компонента в адсорбенті, або його абсорбційну здатність.

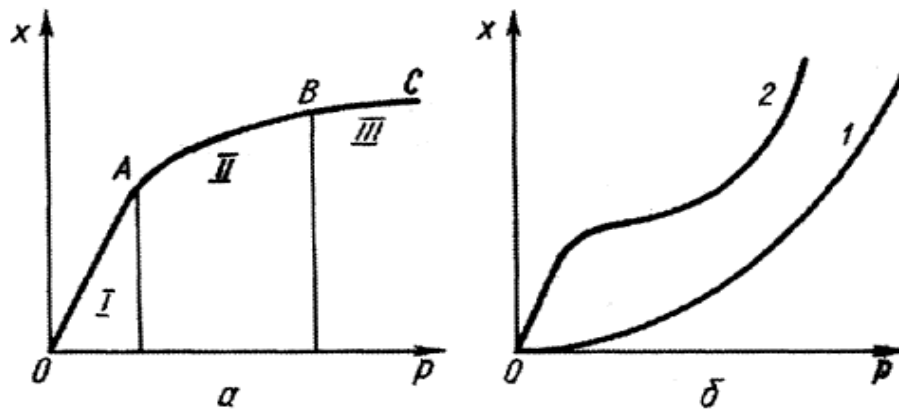


Рис.1.1. Ізотерми адсорбції а — основні ділянки ізотерми; б — типи ізотерми

На рис. 1.1 можна розрізнити три характерні ділянки. Перша – прямолінійний відрізок OA , що відповідає області низької концентрації. Друга – параболічна ділянка AB , відповідна стисненому розподілу молекул сорбенту. Третя – наближення до максимального насичення в області високої концентрації. Тип ізотерми, який представлений на рис.1.1, є характерним для адсорбентів з мікропорами однакового розміру. Такі криві схожі на ізотерми для сушіння вологих матеріалів, накопичення продуктів під час хімічних реакцій та росту мікроорганізмів, і можуть бути описані рівняннями того ж типу. Ізотерма 1 на рис.1.1b свідчить про слабку взаємодію між молекулами адсорбенту та адсорбату, а наявність вигину в середині ізотерми 2 (S -подібна крива) свідчить про наявність у структурі адсорбенту, крім макропор, мікропор.

Основні принципи адсорбційного процесу

Процес адсорбції може відбуватися в безперервному протічній апараті, де потік адсорбенту (сорбенту) L перебуває в тісному контакті з потоком інертного носія G , в якому міститься адсорбуючий компонент (сорбат). Схематичне зображення такого процесу показано на рисунку 1.2. При початковому надходженні інертного носія G до апарату, вміст сорбованих компонентів складає n кг/кг інертного носія.

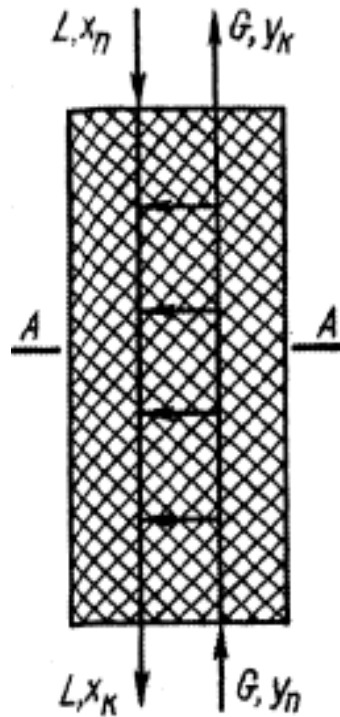


Рис. 1.2. Схематичне зображення адсорбції в безперервному протитечійному апараті

Проте, під час проходження через апарат, кількість інертного середовища залишається незмінною, а вміст сорбованого компонента зменшується до кінцевого значення u , кг/кг. Сорбентний матеріал вводиться в апарат з масовою витратою L і має початковий вміст поглинених компонентів x_p ; після виходу з апарату, кінцевий вміст поглинених компонентів у матеріалі сорбенту становить x_k . Методи інтенсифікації сорбційних та інших масообмінних процесів можна розділити на структурні, механічні, фізичні, комплексні та технічні. Інженери працюють з обладнанням, впливаючи на інтенсивність процесу за допомогою технічних методів, які змінюють фазову взаємодію, фазову рівновагу або кілька факторів одночасно.

Методи модифікації гідродинамічних умов для контакту фаз можуть включати збільшення швидкості потоку та ступеня турбулентності. Ці підходи передбачають роботу в рідкому наборі, що створює емульгований газорідкий шар, роботу в псевдозрідженому шарі або в жорстких гранульованих фазах з прямолінійним потоком і вихровими рухами.

Згідно з теорією Рейнольдса, більша вартість гідродинамічної взаємодії (тертя) між потоками призводить до інтенсивнішого тепло- і масообміну. Проте, складна форма обтічних поверхонь може призвести до додаткового споживання енергії для зниження тертя, що може зробити теорію Рейнольдса непридатною. Однак, відповідно до вибору та конструкції обтічних тіл, де турбулентність переважно виникає в прикордонних шарах течій, можна значно прискорити масообмін при незначному збільшенні розподілу енергії.

Інші методи інтенсифікації включають використання переривчастого потоку крапельної плівки через сопло, розпилення рідини шляхом багаторазового впливу на потоки газу та рідини на осцилюючі елементи сопла, роботу з безперервним гранульованим шаром правильної форми та використання в умовах, коли рідина розпилюється поверх всю поверхню насадки.

Ці підходи також можуть забезпечити більшу селективність процесу та зменшення товщини шару сорбенту в апараті, що призводить до меншого утворення каналів і більшої селективності.

Штучне створення нестационарних масообмінних умов за допомогою пульсацій та вібрацій може прискорити процеси передачі енергії та маси, забезпечуючи різкі зміни супутніх фізичних параметрів, таких як концентрація, тиск та температура.

Для впливу на фазову рівновагу застосовуються різноманітні методи, які базуються на зміні температури, тиску, кислотно-основних властивостей середовища та використанні інертного газу, хімічних речовин і поверхнево-активних речовин. Ці методи сприяють перерозподілу фазових опорів і змінюють концентрацію робочої речовини.

Перспективним методом є багатокомпонентний сорбційний підхід, при якому суміш кількох компонентів не розділяється послідовним сортуванням, а замість цього одноразово обробляється сорбентом. Наприклад, вода, що підлягає очищенню від забруднювачів, може пройти через шар сорбентів, складений з катіонних та аніонних обмінних смол та активованого вугілля як

хімічного сорбента. Це спрощує процес, зменшує споживання енергії, покращує умови роботи і, іноді, підвищує ефективність.

Поєднання хімічних, термічних і масообмінних процесів в одному пристрої дозволяє підвищити ефективність обладнання, збільшити привід процесу і вихід продукту, зменшити кількість відходів. У таких комбінованих процесах можуть відбуватися самоорганізуючі рухи на межі розділу двох рухомих середовищ. Ці явища викликають збільшення потоку речовин через межу фазового поділу, наприклад, при поглинанні легкокорозивних газів разом з інтенсивним відведенням тепла.

Напівпроникні мембрани, які самі є іонними, також можуть сприяти селективному транспорту певних молекул у напрямку градієнта концентрації. До цих процесів відносяться зворотний осмос та електроосмос, які використовуються для опріснення води.

Комбіноване розміщення дистилятора та цеолітного адсорбенту дозволяє підтримувати концентрацію етанолу в ферментаційному розчині нижче 5% протягом усього процесу ферментації та контролювати його ефективність за допомогою адсорбенту цеоліту.

Потік інертного газу-носія (позиція 1) подається в ферментер (позиція 2) для відведення газів, під час ферментації LCB, з метою отримання етанолу, із застосуванням добавок (позиція 3), таких як засоби для нормалізації рН. Газ, що виходить із ферментера, де міститься етанол та інші легкі компоненти, проходить через адсорберну колону (позиція 4), де етанол селективно адсорбується.

Для забезпечення напівбезперервної роботи дві або більше колон працюють паралельно і послідовно. Теплообмін між колонами здійснюється за допомогою внутрішніх нагрівальних змійовиків. Частина потоку газу-носія видаляється вуглекислим газом, що утворюється під час ферментації. Температуру та/або тиск у колонах (позиція 4) змінюють для подальшої десорбції адсорбованого етанолу.

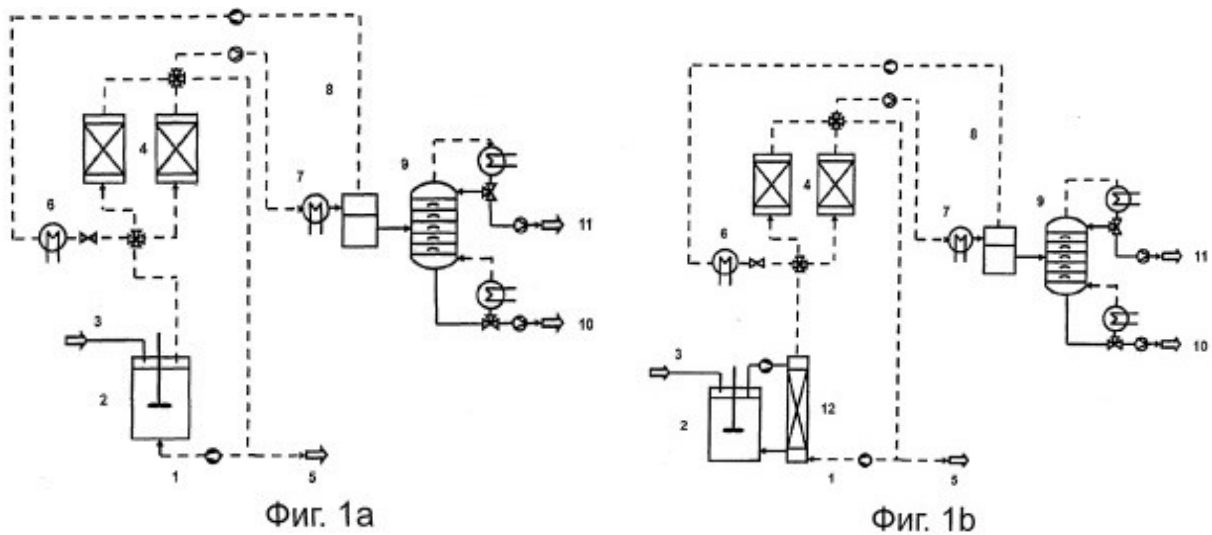


Рис. 1.3. Процес виробництва етанолу шляхом ферментації:

- а – виробництво етанолу шляхом перегонки газу в ферментері,
 б – виробництво етанолу за допомогою зовнішньої газової ректифікаційної колони.

Потік газу-носія, необхідного для видалення десорбованого етанолу, контролюється теплообмінником (позиція 6) та/або трубкою Вентурі. Газ, що виходить із десорбційної колони, потім конденсується шляхом стиснення та/або охолодження (позиція 7). Регенований потік газу-носія (позиція 8) повертається в систему.

Конденсат пропускають через ректифікаційну колону (позиція 9) для подальшого очищення та конденсації. Вода (позиція 10) накопичується в басейні колони, а азеотроп між етанолом і водою (позиція 11) утворюється у верхній частині колони.

На рис. 1.3. б показаний інший можливий варіант, де ферментаційний розчин пропускається через зовнішню відпарювальну колону, а відпарений розчин повертається у ферментер. Усі інші етапи процесу подібні до тих, що на рис. 1.3.

Згідно з діаграмою на рисунку 1.3, газовий потік з камери зварювання проходить через одну або кілька колон, заповнених одним або кількома типами адсорбентів. Принаймні одна з колон містить цеоліт як адсорбент. Інші адсорбенти, які можна використовувати, - кремнезем, бентоніти,

силіцити, глини, гідротальцити, алюмосилікати, оксидні порошки, слюда, скловидні (некристалічні) матеріали, глини, клиноптиліти, гісмондіни, кварц, активоване вугілля, монтморилоніти, полістироламініти, полістиренуретан, або полівінілпіридини. В ідеальному варіанті адсорбентами використовують лише цеоліти.

Найпоширенішими адсорбентами є цеоліти, зокрема бета-цеоліти або цеоліти MFI, зі співвідношенням $\text{SiCO}_2/\text{Al}_2\text{CO}_3$ від 200 до 1000 і $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ від 400 до 800. Синтетичні цеоліти використовуються згідно з US 7244409.

Під час адсорбції етанолу адсорбент виділяє тепло (ентальпію), що призводить до нагрівання шару наповнювача. Оскільки адсорбуючі матеріали мають низьку теплопровідність та значний об'єм порожнин, це тепло неефективно розсіюється через стінки колони, особливо для колон великого діаметру.

У деяких виноходах пропонується використовувати додаткові нагрівальні котушки всередині колон для відведення тепла, що утворюється під час адсорбції. Це дозволяє ефективно використовувати енергію на наступних етапах виробництва етанолу. Труби, по яких протікає рідина, використовуються як відповідні змійовики для опалення, забезпечуючи як подачу, так і відведення теплової енергії.

Оптимальна температура під час адсорбції етанолу зазвичай коливається від 10 °C до 100 °C, проте найбільш вигідна вона від 20 °C до 50 °C. Щодо тиску, він зазвичай становить від 0,5105 до 106 Па, переважно від 105 до 2105 Па. Рекомендується проводити адсорбцію при температурі, яка не перевищує температуру суміші етанолу та газу-носія на виході з ферментаційного розчину, та за наявності надлишкового тиску.

2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження

Використання нових типів молекулярних сит для дегідратації етанолу є обґрунтованим з численних позицій. По-перше, це дозволяє значно зменшити споживання енергії та витрати на виробництво високочистого етанолу, що є критичним у світлі зростаючого попиту на паливо та потреби в економічно ефективних методах виробництва. По-друге, молекулярні сита мають високий ступінь висушування, що забезпечує ефективне видалення води з етанолу та покращення якості палива. Додатково, їхня здатність до повторного використання сприяє зниженню загальних витрат на виробництво. Крім того, використання молекулярних сит дозволяє контролювати розмір пор, що допомагає ефективно розділяти молекули етанолу та води, забезпечуючи високу ефективність процесу. Враховуючи їхню широку застосовність в хімічній промисловості та можливість оптимізації умов процесу, використання нових типів молекулярних сит для дегідратації етанолу визначається як перспективний, ефективний та екологічно чистий підхід, що сприяє покращенню якості та економічності виробництва високочистого етанолу.

Використання нових типів молекулярних сит для дегідратації етанолу має численні обґрунтування, які базуються на їхніх перевагах у порівнянні з традиційними методами.

- 1. Енергоефективність:** Нові типи молекулярних сит можуть значно зменшити споживання енергії порівняно з існуючими процесами дегідратації етанолу. Вони працюють на основі адсорбції, що дозволяє знижувати теплові втрати під час процесу дегідратації.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.MP.45.002.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

2. **Повторне використання:** Молекулярні сита можна використовувати повторно, що зменшує витрати на їхнє обслуговування і забезпечує стабільність процесу. Це дозволяє знижувати загальні витрати на виробництво етанолу.
3. **Високий ступінь висушування:** Молекулярні сита мають високу ефективність у видаленні води з етанолу. Вони здатні досягати низького рівня вологості в етанолі, що важливо для забезпечення якості палива та його ефективного використання.
4. **Стійкість та відсутність шкідливих викидів:** Молекулярні сита відзначаються високою стійкістю та відсутністю шкідливих викидів у навколишнє середовище під час процесу дегідратації. Це робить їх екологічно чистим та безпечним методом.
5. **Контроль розміру пор:** Завдяки різноманітності типів синтетичних цеолітів та алюмосилікатів можна контролювати розмір пор молекулярного сита, що дозволяє ефективно розділяти молекули етанолу та води.
6. **Широкий спектр застосування:** Молекулярні сита можна використовувати не лише для дегідратації етанолу, а й для висушування газів і рідин, розділення рідких сумішей та газових вуглеводнів у різних процесах, що робить їх універсальним інструментом у хімічній промисловості.

Аспекти використання молекулярних сит

1. **Вибір оптимального типу цеоліту:** При виборі цеоліту для процесу дегідратації етанолу важливо враховувати його специфікації, такі як розмір пор, структура тунелів та здатність до адсорбції. Наприклад, цеоліти типу А (наприклад, ZSM-5) часто використовуються для дегідратації етанолу через їхню здатність видаляти воду з рідких сумішей.
2. **Оптимізація умов процесу:** Важливим аспектом використання молекулярних сит для дегідратації етанолу є оптимізація умов

процесу, таких як температура, тиск та час контакту з молекулярним ситом. Це дозволяє досягнути максимальної ефективності процесу та мінімізувати втрати енергії.

3. **Використання відновлювальних методів:** Для продовження терміну служби молекулярних сит та зниження витрат на їхню заміну можна використовувати методи регенерації, такі як нагрівання або десорбція. Це дозволяє підвищити ефективність та економічність процесу.
4. **Дослідження нових матеріалів:** Постійний пошук нових матеріалів для молекулярних сит може призвести до вдосконалення та покращення процесу дегідратації етанолу. Наприклад, дослідження нових типів синтетичних цеолітів або модифікація існуючих матеріалів може призвести до збільшення ефективності та стабільності процесу.
5. **Моделювання та аналіз процесу:** Використання комп'ютерного моделювання та аналізу процесу дозволяє прогнозувати оптимальні умови та вивчити вплив різних параметрів на ефективність процесу дегідратації етанолу. Це допомагає знижувати витрати часу та ресурсів на експериментальне дослідження.

В даному проекті спроектовано експериментальну процедуру для синтезу молекулярного сита типу-А цеоліту, яке можна використовувати для розділення суміші етанолу з водою. Молекулярне сито типу-А цеоліту отримують із реактивної суміші, утвореної джерелом алюмінію, джерелом силікату та активатором (протором). Характеризація отриманих молекулярних сит в цій роботі була здійснена за допомогою дифракції рентгенівських променів (XRD), ізотерм адсорбції та скануючого електронного мікроскопу (SEM). Результати характеризаційних процедур показали, що частина продукту має діаметр пор сприятливий для розділення суміші етанолу з водою.

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

3.1. Аналіз досліджень розділення сумішею етанол-вода

Велика кількість токсичних газових викидів, що виникають від згоряння двигунів внутрішнього згоряння, може спричиняти захворювання та сприяти глобальному потеплінню планети. Цей факт, разом зі зменшенням глобальних запасів нафти, зробив необхідним дослідження та використання альтернативних відновлюваних джерел енергії, щоб знайти рішення для цих проблем. Паливо на основі спирту – це термін, що використовується для будь-якого спирту, який змішується з бензином з метою підвищення октанових показників палива та зменшення викидів токсичних речовин від згоряння двигунів. Спирт, який додається, є етанолом. Доданий етанол повинен мати високу чистоту і, отже, низький вміст води, щоб уникнути проблем з корозією всередині двигуна внутрішнього згоряння і також запобігти утворенню двофазних систем, які зменшують ефективність двигуна.

Методи виробництва такого високочистого етанолу вимагають великого споживання енергії або використання дорогих речовин для розділення, і тому потрібні більш економічні методи виробництва для отримання палива з аналогічною ефективністю. Молекулярні сита можна використовувати повторно, їх перевагами є високий ступінь висушування, низьке споживання енергії та відсутність шкідливих викидів у навколишнє середовище. Цеоліти є гідратованими кристалічними алюмосилікатами, які утворюють кристал з ідеальною структурою та однорідним розміром пор після процесу гідратації. Розмір пор залежить від типу цеоліту, катіонів, присутніх у його структурі, а також від природи і умов обробки, які проводяться під час підготовки. Ці обробки, серед інших, включають кальцінування та ліквідацію.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепелюк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.MP.45.003.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/18

Відомо щонайменше 39 типів природних цеолітів, тоді як синтетичних цеолітів існує більше 100 типів. Природні цеоліти, як правило, отримали назву від основного мінералу, з якого вони складаються, наприклад, морденіт. Синтетичні цеоліти названі за ініціалами дослідників, які їх розробили, перед терміном "цеоліт". Один приклад – цеоліт ZSM (Zeolite Socony-Mobil). Цеоліти, які діють як молекулярні сита, характеризуються розділенням молекул по всій площі адсорбції від тих, що знаходяться всередині, через високу регулярність у розмірі розвинених пор. Існують різні типи сумішей, які дозволяють синтезувати цеоліти типу А. Використані тут суміші базуються на тих, що згадуються в літературі, де також наведено рекомендовані склади реакційних сумішей та типові умови процесу операцій. Склади сумішей у термінах оксидів складових наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Мольні співвідношення реагентів [3].

<i>Складові оксиди</i>	<i>Мольні співвідношення</i>
$(K_2O+Na_2O):Al_2O_3$	1,2 – 2,6
$SiO_2:Al_2O_3$	1,8 – 2,5
$H_2O:Al_2O_3$	40 – 100

Молекулярні сита широко використовуються для висушування газів і рідин, розділення рідких сумішей та газових вуглеводнів та в різних інших процесах. Сита відновлюються за допомогою нагрівання або десорбції. Зазвичай молекулярні сита складаються з пористих матеріалів, таких як певні типи синтетичних цеолітів та алюмосилікатів. Ці алюмосилікати утворюють тунелі всередині кристалічної решітки, які адсорбують різні речовини. Діаметр цих тунелів (що залежить від складу кристалічної структури) визначає розмір молекул, які можуть пройти через них. Це дозволяє контролювати розмір молекул, розділених молекулярним ситом. Молекулярне розділення також відбувається через явище адсорбції, полярність задіяних видів та ступінь ненасиченості. На рисунку 3.1. показана схематична діаграма процесу розділення суміші етанолу та води.

3.2. Методика проведення досліджень

Молекулярне сито було отримано з підготовки реакційної суміші, яка в підходящих умовах реакції (час та температура реакції) утворює кристалічну структуру типу-А цеоліту. Реакційна суміш складається з джерела алюмінію, джерела кремнію та промотора. У цьому проекті джерелом алюмінію був натрій алюмінат, джерелом кремнію був силікат натрію, а промотором – гідроксид натрію. Згідно з рекомендаціями щодо складу [3], реакційні суміші подані у Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Склад підготовлених сумішей

Номер зразка	Мольний склад сумішей					Промотор Qt. (г)
	Na ₂ O	Al ₂ O	SiO ₂	H ₂ O	K ₂ O	
1	1,6	1	2	60	0,4	-
2	0,58	1	2	60	1,43	-
3	2,56	1	2	32,45	-	10
4	2,56	1	2	32,45	-	10
5	2,56	1	2	32,45	-	10
6	2,38	1	1,5	29,49	-	10
7	2,75	1	2,5	35,41	-	10
8	2,56	1	2	32,45	-	5
9	2,56	1	2	32,84	-	15

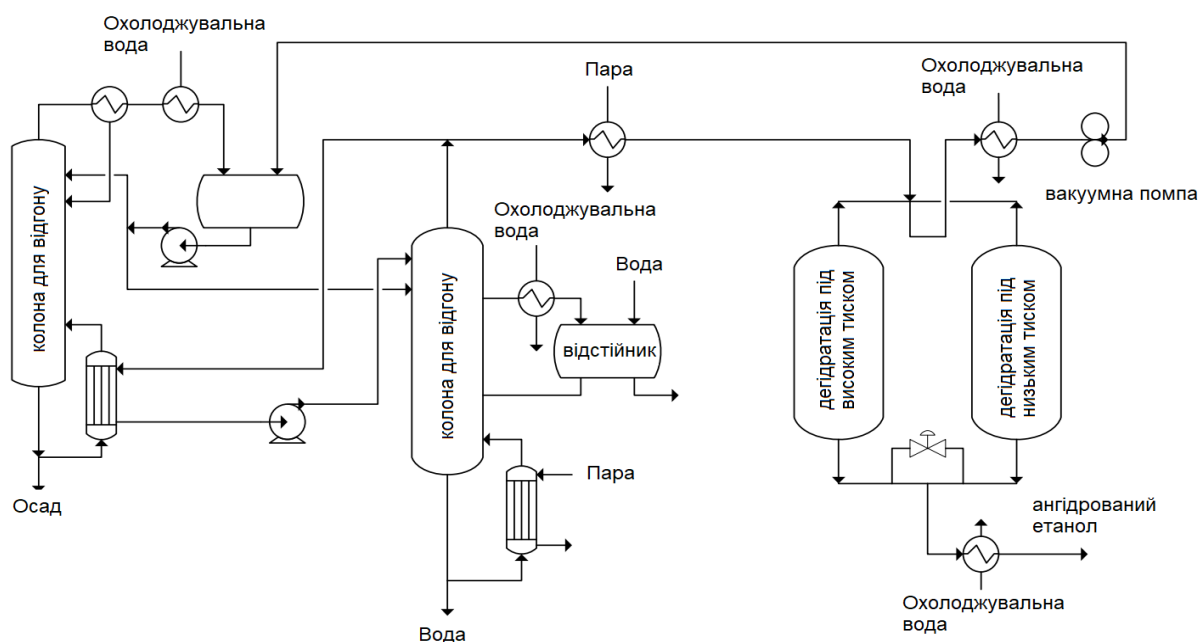


Рис. 3.1. Узагальнена схема процесу дегідратації етанолу [5].

Цей розділ спрямований на створення та розробку молекулярного сита типу-А на основі цеоліту шляхом відтворення умов синтезу та подальше вивчення його здатності розділяти суміш етанолу з водою. Залежно від типу сита, що має бути синтезовано, потрібен певний час та температура реакції. У випадку цеоліту, запропоновані температури реакції у літературі [3] знаходяться у діапазоні від 80 до 100 °С, а час реакції від 1 до 6 годин. У цій роботі температура, використана для підготовки всіх зразків, становила 100 °С. Щодо зразків 1 і 2, час реакції становив відповідно 3 та 2 години. Усі інші зразки отримували час реакції 5 годин. Після того, як реакція була завершена, утворилися дві фази: біла тверда фаза, яка представляла собою цеоліт та реагенти, які не реагували, і прозора рідка фаза, що відповідала воді. Ці фази були розділені шляхом промивання, фільтрування та сушіння. Для цього використовувалася фільтрація під вакуумом та промивання великою кількістю води до того часу, поки пройдена рідина не стане прозорою. Отриманий твердий матеріал відігрівався в печі для сушіння протягом 12 годин, після чого сито було готове до використання.

Дифракція рентгенівських променів (XRD)

Синтезовані цеоліти характеризувалися за допомогою дифракції рентгенівських променів за допомогою дифрактометра Rigaku Miniflex з використанням випромінювання $\text{Cu}\alpha$ ($\alpha=1.5158 \text{ \AA}$) та вторинного графітового монохроматора, кут 2θ змінювався в діапазоні від 2 до 80° з кроком від 0.03 до 0.05°. Для XRD експериментальні спектри порівнювалися з теоретичним дифрактограмом цеоліту типу-А, як звітано в літературі [6] та зображено на Рисунку 3.2.

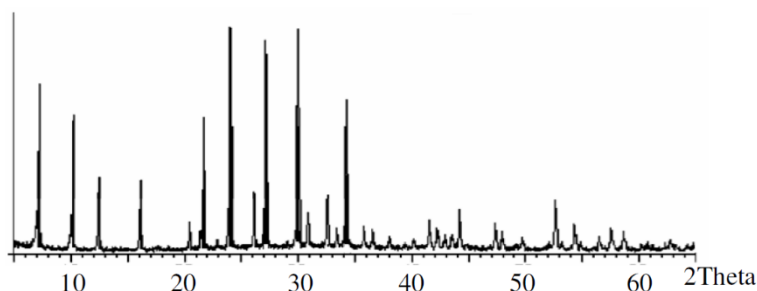


Рисунок 3.2. Теоретичний дифрактограм цеоліту типу-А [6]

Скануючий електронний мікроскоп (SEM)

Морфологія поверхні твердих частинок цеоліту була досліджена за допомогою скануючого електронного мікроскопу (SEM) FEI QUANTA 200.

Площа поверхні за методом Бруноуера, Еммета та Теллера (BET) та ізотерми адсорбції азоту при температурі 77 К. Ізотерми адсорбції були отримані за допомогою сорбметра Autosorb 3b Quantachrome при температурі 77 К. Площа BET оцінювалася в діапазоні P/P₀ від 0.05 до 0.35.

Розділення суміші етанолу з водою за різних рівнів температури та тиску

Експериментальна установка, використана для визначення адсорбційної здатності молекулярних сит, показана на Рисунку 3.3. Як можна побачити, обладнання є місцевого виготовлення. Процедура визначення здатності розділення суміші етанолу з водою включала такі кроки: а. Сито висушувалося при температурі 300 градусів і поміщалося в міні-реактор. б. Стабілізація температури: температура вимірювалася за допомогою термопари в кормовому колбі та стабілізувалася в діапазоні від 298 до 303 К. с. Суміш етанолу з водою поміщалося в реактор (1), а рівні температури та змішування контролювалися за допомогою контролера, який був підключений (2). d. Суміш потрапляла в міні-реактор, де цеоліт формувався за допомогою перистальтичної помпи (3), а тиск вимірювався (4). е. Суміш етанолу з водою потрапляла в міні-реактор (9), де цеоліт (8) розміщувався між двома пористими мембранами з скла (7). Усередині був термостат (10), щоб контролювати експериментальну температуру. ф. Аналітична система: Воду та етанол аналізували за допомогою онлайн мас-спектрометра (Omnistar™ Pfeiffer, Vacuum QSM 200) із закритим джерелом іонів та потрійним мас-фільтром, а також подвійним детектором (Фарадей і електронний множник). г. Персональний комп'ютер: Усі дані щодо операційних змінних температури, сигналів газу та потоків газу безперервно моніторилися та реєструвалися комп'ютером, обладнаним програмним забезпеченням LABVIEW™.

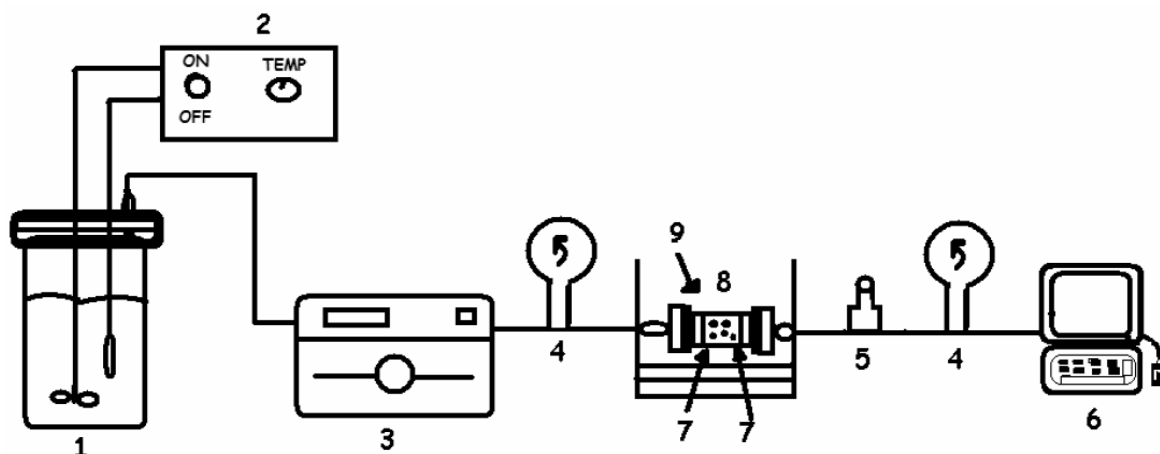


Рисунок 3.3. Експериментальна установка, використувана для визначення адсорбційної здатності молекулярних сит.

3.3. Моделювання та аналіз результатів

Дифракція рентгенівських променів

Для підготовки зразків 1, 2 та 3 використовувалися для встановлення експериментального протоколу, що призвів до отримання молекулярного сита, яке можна було застосувати для розділення суміші етанолу з водою. Для інших зразків деякі умови процесу були змінені, щоб спостерігати їхній вплив на отримане сито. Якісно продукти, отримані у зразках 1 та 2, були дуже схожі, оскільки жоден з них не представляв утворення двох фаз, і кінцевий продукт був однорідною сумішшю з невеликою кількістю флюенсу. Це не збіглося з результатами протоколу, проведеного в літературі, де реакція призводила до утворення двох фаз, які потім промивалися та фільтрувалися. Це свідчить про те, що ці процедури не були відтворюваними в умовах, в яких були проведені випробування. Це було підтверджено аналізом XRD зразків 1 та 2, які ілюструються на Рисунках 3.4. та 3.5. відповідно.

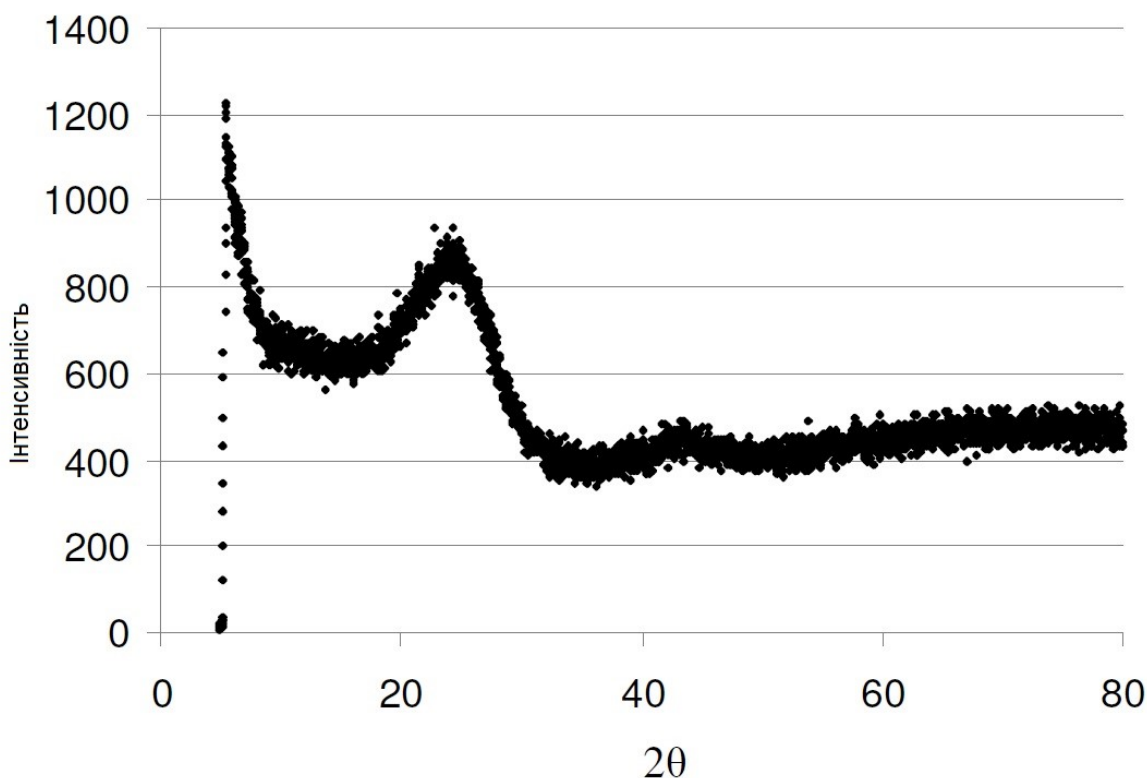


Рис. 3.4. Дифрактограма рентгенівських променів зразка 1

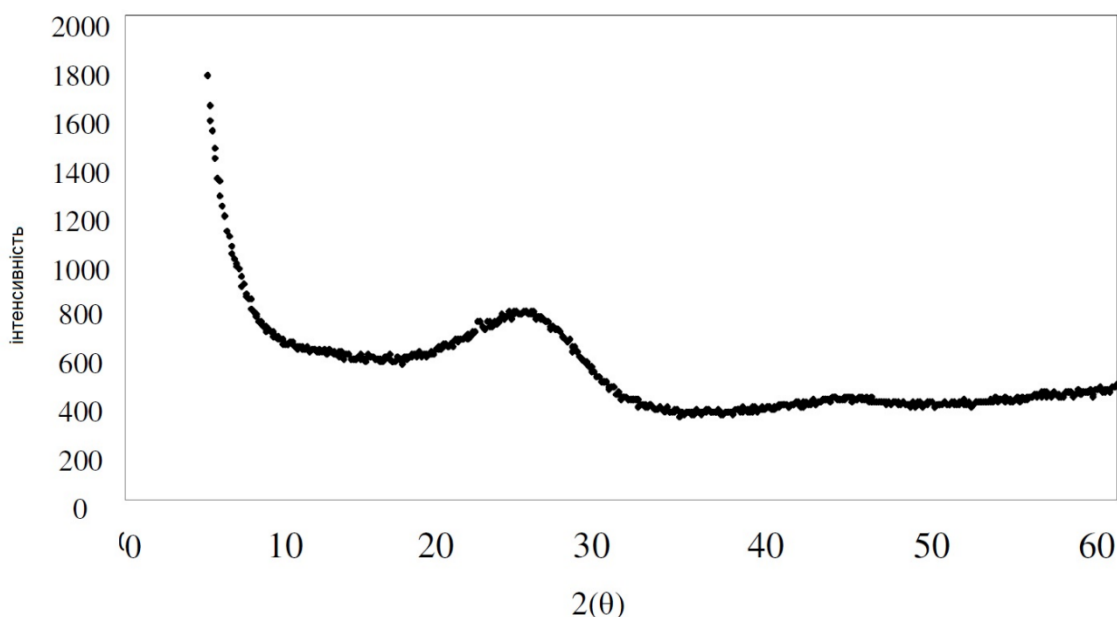


Рис. 3.5. Дифрактограма рентгенівських променів зразка 2

Відсутність виразних піків свідчить про низький рівень кристалізації, що контрастує з результатами [3,17-22], в яких дифрактограми та отримані продукти відповідали цеоліту типу-А. На відміну від зразків 1 і 2, зразок 3 на кінці реакції і після процесів фільтрації, промивання та сушіння представляв дві фази, які були нерозчинними в воді. Дифракція рентгенівських променів

цього зразка показала, що кристалізація змінилася повністю і зроста порівняно з раніше синтезованими зразками, показуючи більшу організацію отриманого продукту.

Порівнявши дифрактограму (Рисунок 3.6.), що відповідає зразку 3, з дифрактограмою з літератури (Рисунок 3.2.), було виявлено, що значення між 20° і 35° відображають добру відповідність між обома графіками, в основному в піку великої інтенсивності, який знаходиться у діапазоні від 25° до 30° . Цей результат свідчить про те, що отриманий матеріал відповідає цеоліту типу-А.

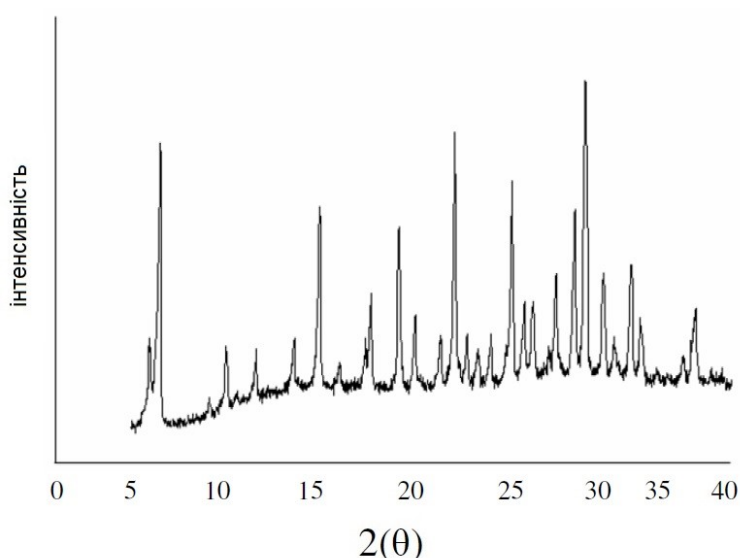


Рис. 3.6. Дифрактограма рентгенівських променів зразка 3

Скануючий електронний мікроскоп (SEM)

На Рисунку 3.7. показано SEM отриманого сита з зразка 3. Можна спостерігати однорідність у складі поверхні сита. На Рисунку 3.7. зображено велику кількість агломератів різного розміру (продуктів металізації зразка) і показано велику кількість структур однорідного розміру, які розподілені по всьому зразку. Як показано на Рисунку 3.8., можна побачити, що на поверхні сита існують два типи структур. Перший складається з серії кубів однорідного розміру, а другий – із серії невеликих агломератів з кулястою формою нерівної поверхні.

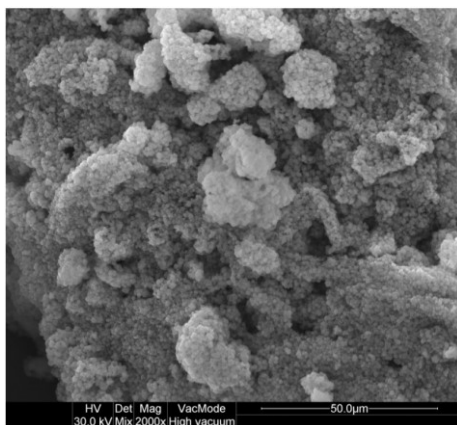


Рисунок 3.7. Скануюча електронна мікроскопія сита, отриманого з зразка 3 (Збільшення 2000X).

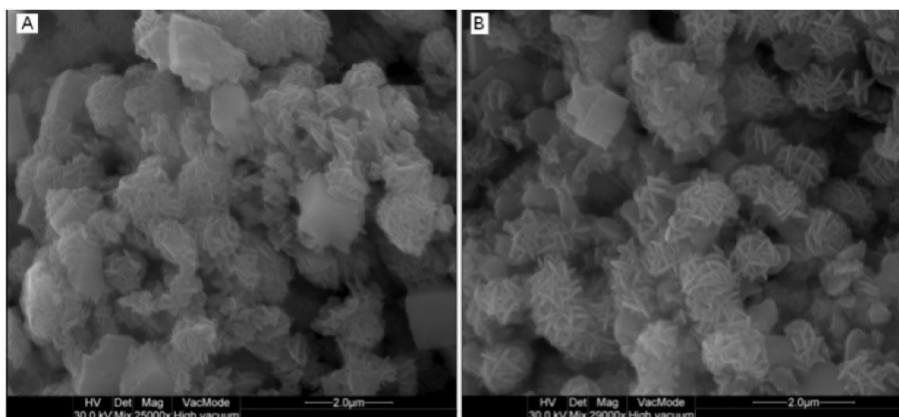


Рисунок 3.8. Скануюча електронна мікроскопія отриманого сита А) Збільшення 25000X, В) Збільшення 29000X.

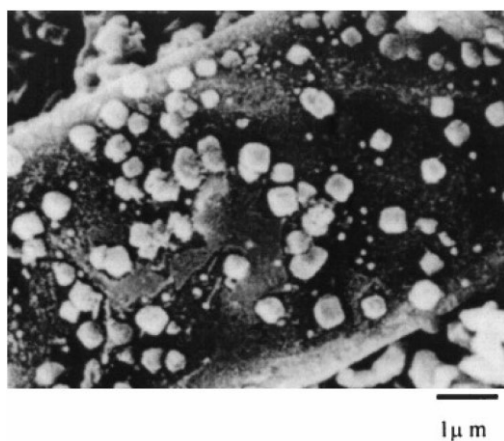


Рисунок 3.9. Теоретична скануюча електронна мікроскопія цеоліту типу-А [8].

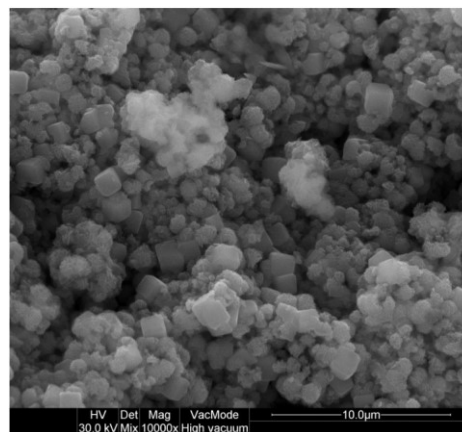


Рисунок 3.10. Скануюча електронна мікроскопія отриманого сита (Збільшення 10000X).

Порівнявши SEM, показані на Рисунках 3.7. і 3.8., з тими, що в літературі, показаними на Рисунку 3.9, можна зробити висновок, що отримане молекулярне сито відповідає цеоліту типу-А.

Адсорбція азоту при 77К

SEM надає якісний опис поверхні сита. Кількісний аналіз був отриманий по ізотермі адсорбції, як показано на Рисунку 3.11. Результати ізотерми адсорбції показують поверхневу площу, оцінену за моделлю BET (це загальна площа), $365 \text{ м}^2/\text{г}$, тоді як представлення площі мікропор (S_{micro}) обчислюється методом t-plot і становить $201 \text{ м}^2/\text{г}$, V_{total} ($\text{см}^3/\text{г}$) - 0,56, і V_{micro} ($\text{см}^3/\text{г}$) - 0,21. Ізотерма показує мікропористість при низьких відносних тисків і гістерезис петлі, що дозволяє встановити наявність мезопор. Ізотерма представляє рівномірне заповнення пор при низьких тисків, що означає рівномірний розподіл пор, що також є характеристичним для молекулярного сита. Одна з головних характеристик, яка бажана в молекулярному ситі, - це рівномірність діаметра пор. Розподіл діаметра пор для сита, отриманого з зразка 3, показаний на Рисунку 3.12. Розподіл пор ілюструє, що синтезований зразок в основному складався з пор з діаметром 4 \AA , що є типовим для цеоліту типу-А.

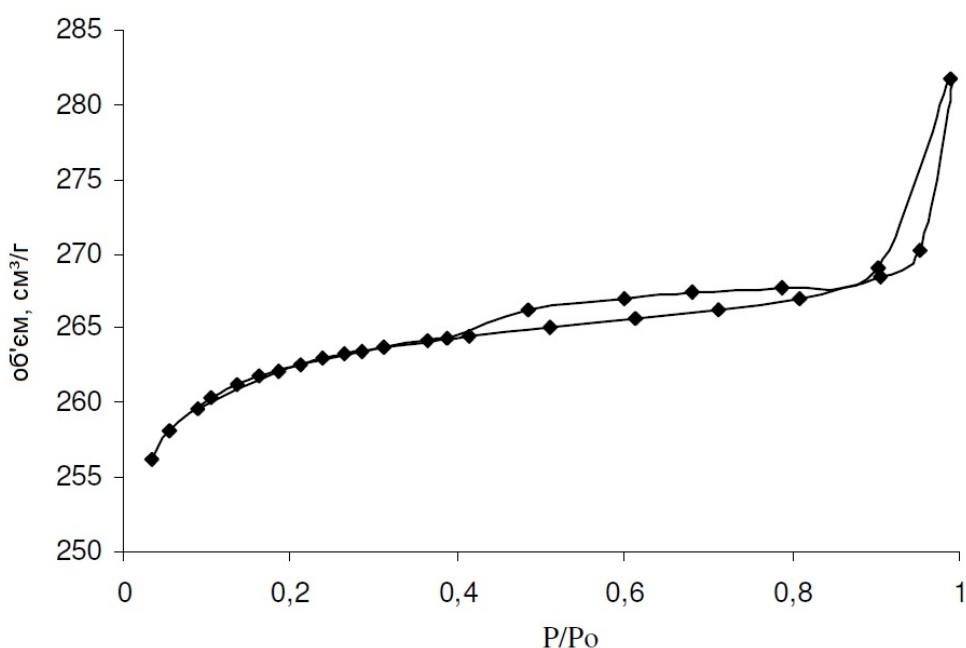


Рисунок 3.11. Адсорбційна ізотерма азоту для сита, отриманого з зразка 3.

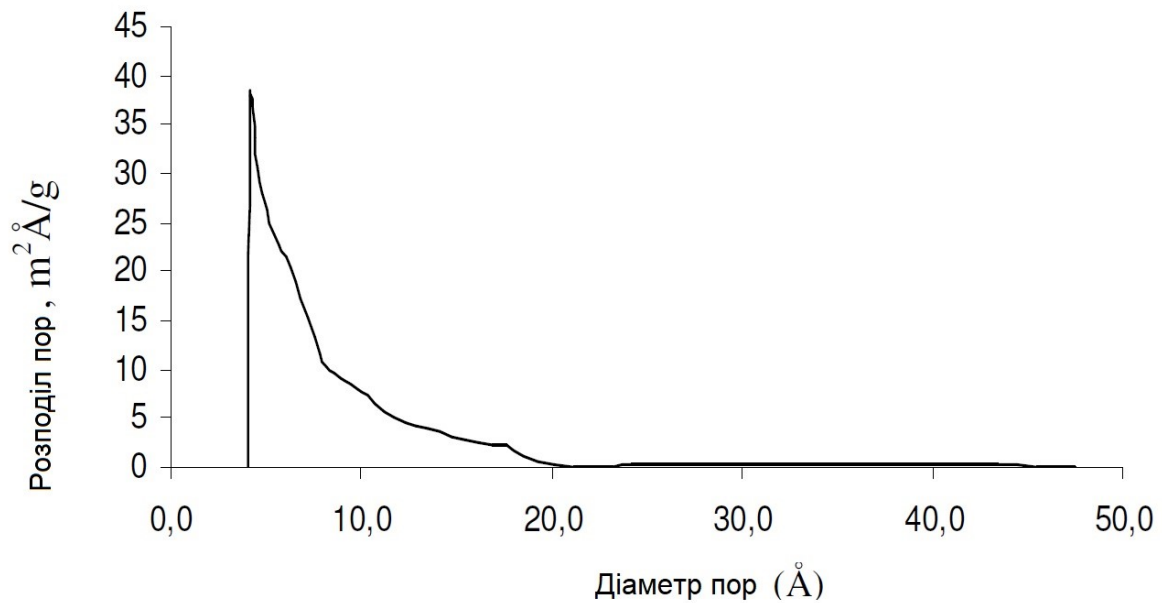


Рисунок 3.12. Розподіл розмірів пор сита, синтезованого з зразка 3.

Характеристика молекулярного сита

Вплив тиску та селективності у розділенні суміші етанолу з водою На Рисунок 13 показано вплив тиску подачі (тиску утримання) в діапазоні від 1 до 8 бар на загальний потік (N_t) та селективність до дегідратації суміші етанолу з водою (S,W/E) (90:10 мас.%) при 303 К за участю цеоліту типу-А, синтезованого у цьому дослідженні. Як видно, в той час як загальний потік схильний трохи зростати з тиском подачі, селективність етанолу до води показує досить значне зниження.

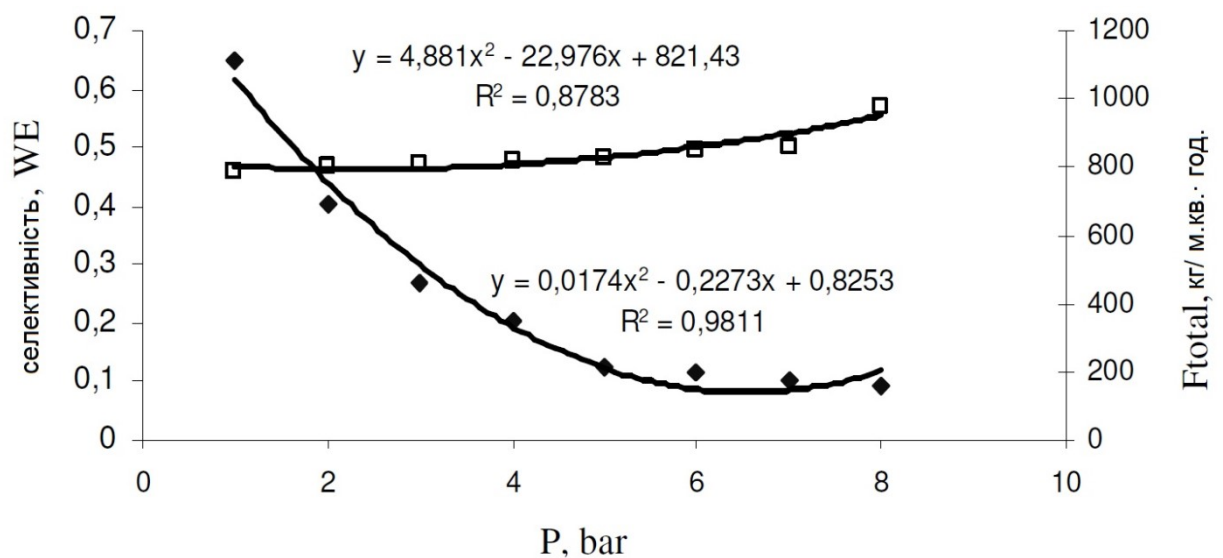


Рисунок 3.12.Зміна загального потоку та селективності зі збільшенням тиску подачі суміші етанолу з водою.

Хоча цеоліт проявляє високу якість у відведенні води, що підтверджується наявністю обмеженої кількості великих пор у нецеолітовому шарі, що може відповідати тріщинам, тріщинам або протикамінням. Таким чином, більша залежність обох властивостей від тиску подачі може виявити наявність більшої кількості великих нецеолітових шарів типу-А. Варто зауважити, що пори, які не належать до цеоліту, особливо найбільші, можуть сприяти роботі мембрани навіть при дуже низьких тисках подачі, оскільки пари пермеату зберігаються на рівні <2 мбар у більшості експериментів, і існує чистий тисковий напрямок (принаймні 1 бар) через мембрану. Однак, для зменшення їхнього внеску більшість експериментів проводилися за низького тиску подачі (1,4-1,6 бар), але вищого за атмосферний, щоб запобігти випаровуванню рідини при найвищих температурах (наприклад, 363К).

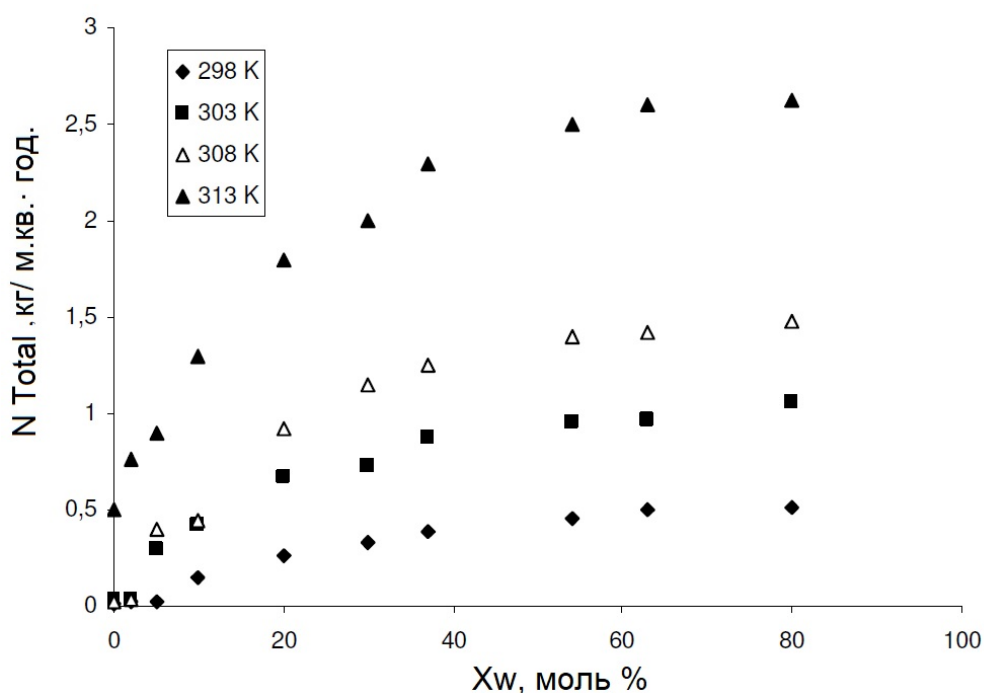


Рисунок 3.13. Зміна загального потоку в залежності від вмісту води при збільшенні температури.

Вплив складу подачі

На Рисунку 3.14. показано вплив складу подачі для діапазону температур від 298 до 303 К на загальний потік та суміш етанолу з водою для синтезованого цеоліту типу-А. Як можна побачити, спостерігається збільшення загального потоку з водною складовою подачі для всіх досліджених температур. При низькому вмісті води (20 моль% або <10 ваг.%), загальний потік показує лінійну тенденцію з водним складом, тоді як для значень вище 30-40 моль% (20-30 ваг.%), цей потік схильний до сталої асимптотичної величини.

Ці спостереження ілюструють велику афінність цеоліту, який був синтезований, що пояснюється його високим гідрофільним характером. Таким чином, активний цеолітовий шар може переважно адсорбувати воду над етанолом, і в результаті потік води через мембрану може залишатися високим і стійким при високих вмістах води. З іншого боку, зниження загального потоку, спостережене при вмісті води <20 моль%, може бути пов'язане зі зниженням активності водного потоку. Фактично, тенденція, зображена на Рисунку 3.14, якісно схожа на форму односторонньої ізотерми Ленгмюра, яка пов'язує покриття поверхні з частковим тиском на рівновазі. Ця аналогія може вказувати на значний внесок рівноваги адсорбції води на рідинний потік/поверхню цеоліту у продуктивність PV системи розділення. З іншого боку, Рисунок 3.15. показує вплив складу подачі на селективність цеоліту типу-А для діапазону температур, який досліджується. Як видно, селективність показує максимум при вмісті води в діапазоні від 10 до 20 моль% (5-10 ваг.%), що узгоджується з тим, що звітано в літературі, зі значеннями селективності до 1400 ± 70 при 303 К у цьому дослідженні. Наявність максимуму на графіку селективності етанолу до води з водним складом може бути пояснена визначенням селективності, $\alpha_{w/E} = [y_w / (1 - y_w)] / [(1 - x_w) / x_w]$.

Для вмісту води <20 моль% (10 ваг.%), потоки води і етанолу показують радикальне збільшення, що передбачає збільшення селективності. Вище 20

моль% (10 ваг.%), потоки води і етанолу схильні до сталої величини, що призводить до зменшення селективності зі збільшенням вмісту води згідно з функцією $f(x_w) = [y_w/(1-y_w)]/[[(1-x_w)/x_w]]$.

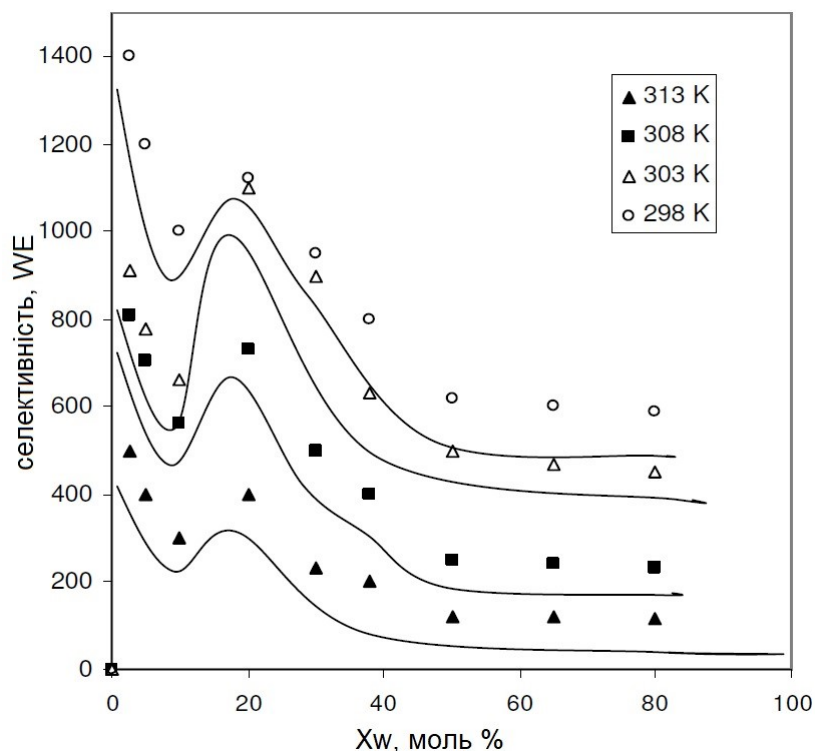


Рисунок 3.15. Зміна селективності етанолу до води зі зміною складу подачі води (моль) за використання цеоліту типу-А.

Перевірка експериментального протоколу

Після того, як було перевірено, що молекулярний сито функціонує у відведенні суміші етанолу з водою, процедура, проведена з використанням зразків 4 і 5, дала ті ж самі результати та відтворюваність. Зразок 4 містив 85:15 мас.% етанолу-води, а зразок 5 містив 80:20 мас.% етанолу-води. Дифрактограми зразків 3, 4 і 5 показані на Рисунку 3.16.

Цей графік ілюструє, що дифрактограми зразків ідентичні, що підтверджує, що експериментальний протокол, використаний у виробництві сита, є відтворюваним, коли використовуються ті ж самі умови процесу та відносні мольні концентрації, що і при підготовці зразка 3. Етапи експериментального протоколу, використаного для підготовки молекулярного сита з вищезгаданими характеристиками, такі:

1. Підготувати реактивну суміш відповідно до таких композицій у відносних мольних концентраціях:
 - $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 2$
 - $\text{NaOH}:\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 0.25$
 - $\text{H}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 32.45$
2. Реагенти мають бути додані в такому порядку та при постійному перемішуванні. Спочатку додати гідроксид натрію до натрію алюмінату, потім додати краплю за краплею натрій силікат. Це необхідно зробити, щоб уникнути швидкого згрупування, яке відбувається між оксидом кремнію та оксидом алюмінію.
3. Реактивну суміш слід тримати при температурі 373 К і атмосферному тиску 0,73 атмосфери протягом 5 годин. Це необхідно для того, щоб дозволити достатньо часу для кристалізації алюмосилікатів у формі цеоліту типу-А.
4. Профільтрувати на порожнину та добре промити водою, поки фільтрована рідина не стане прозорою. Це забезпечить видалення неактивованих реагентів.
5. Висушити при температурі 343 К протягом 12 годин, щоб видалити вологу, яка залишилася в ситі після процесу промивання. Рекомендується працювати при цій температурі, оскільки при роботі при вищих температурах кількість аморфного матеріалу, яка існує у ситі, може почати кристалізуватися неконтрольованим чином і таким чином змінювати властивості сита.
6. Зберігати в сухому середовищі, щоб уникнути вологозабруднення сита через поглинання вологи з повітря.

Висновки

Отримані результати з ізотерм, скануючої електронної мікроскопії та рентгенівської дифракції демонструють, що синтезоване молекулярне сито є цеолітом типу-А. Синтезоване сито здатне до відділення води від суміші етанол-вода, де було зауважено, що щодо тиску селективність зменшується,

тоді як потік суміші трохи збільшується. Загальний потік зростає, коли відбувається відділення води від суміші.

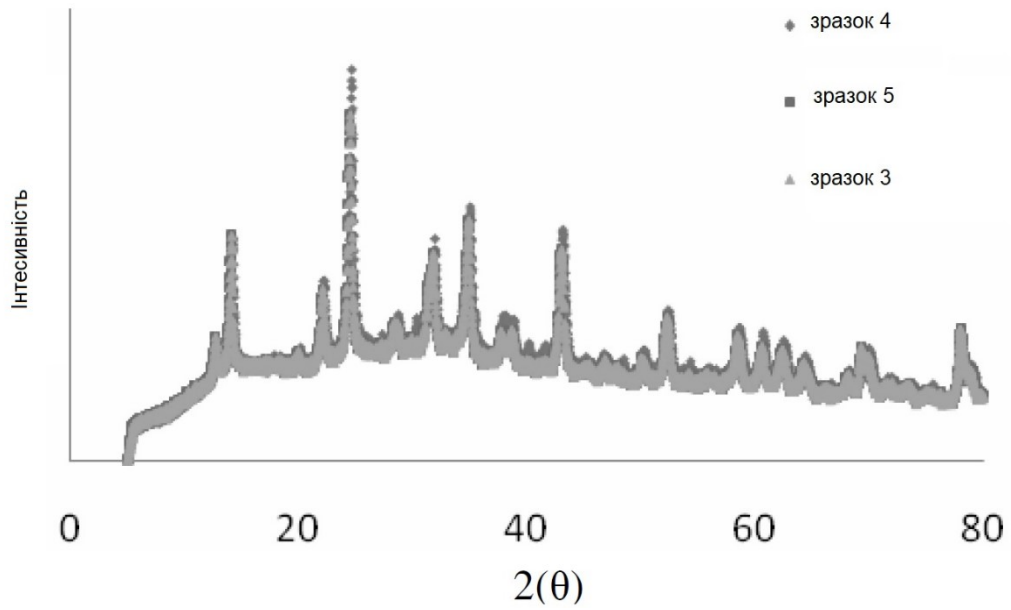


Рисунок 3.16. Порівняння дифрактограм зразків 3, 4 і 5.

3.4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування

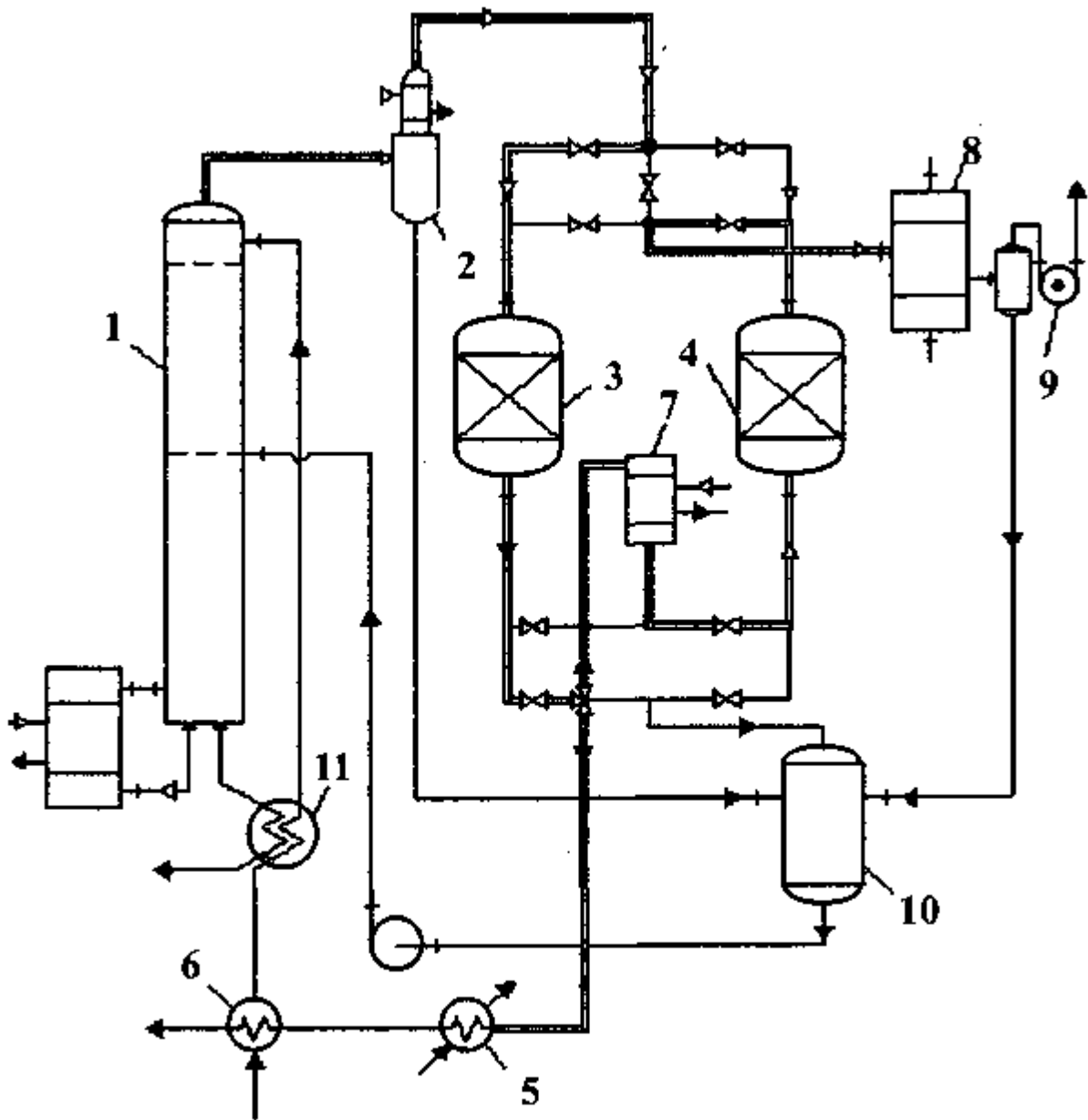


Рис. 3.17. Виробнича установка для етанолу:

- 1 - ректифікаційна колона; 2 - паровий обігрівач; 3, 4 - адсорбер;
 5 - конденсатор для зневодненого спирту; 6, 11 - рекуперативний теплообмінник; 7 - випарник; 8 - конденсатор; 9 - вакуумний насос;
 10 - десорбційний колектор для водно-спиртової суміші.

В верхній частині ректифікаційної колони, яка функціонує під надлишковим тиском 0,2 МПа, подається спирт з концентрацією не менше 92% за об'ємом. Пара води та спирту, що виходить з колони 1, перегрівається у пароперегрівачі 2 перед надходженням до адсорбера 3 (див. рисунок 3.17).

У адсорбері 3 вода адсорбується молекулярними сітками, тоді як пари спирту з концентрацією 99,8% виходять знизу адсорбера 3. Частина пари піддається перегріванню у випарнику 7, після чого проходить регенерацію молекулярних сіток у адсорбері 4. Інша частина спиртової пари видаляється з пристрою після конденсації в конденсаторі для отримання зневодненого спирту 5, використовуючи рекуперативний теплообмінник 6.

Під час циклу адсорбції в адсорбері 3, адсорбер 4 знаходиться у фазі десорбції. Ці процеси чергуються кожні 3 ... 4 хвилини. Десорбція відбувається під вакуумом за допомогою вакуумного насоса 9.

Пара, що виходить з адсорбера під час регенерації, складається з суміші води, яка була десорбована з молекулярних сіток. Ця водно-спиртова пара конденсується в конденсаторі 8 і повертається до дистиляційної колони для концентрації в колекторі 10.

4. Розрахункова частина

4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання

4.1.1. Матеріальний розрахунок адсорбера

Молярна концентрація води в газовій суміші на вході в апарат:

$$\bar{x}_n = \frac{x_n / M_B}{x_n / M_B + (1 - x_n) / M_A} = \frac{0.08 / 18}{0.08 / 18 + (1 - 0.08) / 46} = 0.18$$

Молярна концентрація води в газовій суміші на виході з апарату:

$$\bar{x}_k = \frac{x_k / M_B}{x_k / M_B + (1 - x_k) / M_A} = \frac{0.01 / 18}{0.01 / 18 + (1 - 0.01) / 46} = 0.0025$$

де M_B - молярна маса води $M_B = 18$ г/моль ,

M_A - молярна маса етанолу $M_A = 46$ г/моль.

За нормальних умов:

$$\rho_{0H} = [M_A X_H + (1 - X_H) M_B] / 22,4 = [18 \cdot 0,18 + (1 - 0,18) \cdot 46] / 22,4 = 0,29 \text{ кг/м}^3$$

за робочих умов $t = 135^\circ \text{C}$; $P = 185$ кПа:

$$\rho_H = \rho_{0H} T_0 P / (T P_0) = 0,29 \cdot 273 \cdot 185 / (135 \cdot 101) = 1,07 \text{ кг/м}^3.$$

4.1.2. Розрахунок витрати цеоліту

За допомогою рівняння Генрі будуємо діаграму і наносимо на неї робочу лінії процесу адсорбції:

$$\bar{Y} = \frac{M_A \psi}{M_B P} \cdot \frac{\bar{X}_{\max}}{\frac{M_A}{M_{\text{вод}}} + \bar{X}_{\max} \left(1 - \frac{\psi}{P}\right)},$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кушнірук С.В.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	221888.MP.45.004.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/23

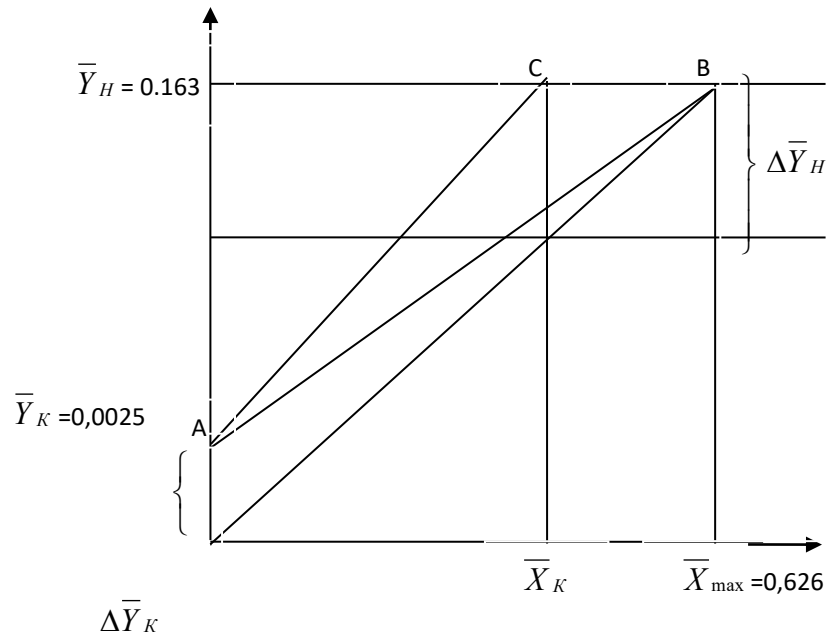


Рис. 4.1. Залежність між концентраціями.

де $M_{вод} = 18$ - маса води

$\psi = 0,654$ атм = 66 кПа константа Генрі для H_2O

$$0,163 = 17 \cdot 66 \cdot \bar{X}_{max} / \{29 \cdot 121 [17/18 + \bar{X}_{max} \cdot (1 - 66/121)]\}.$$

Вирішуючи це рівняння одержимо $\bar{X}_{max} = 0,626$ кг/кг.

Через точку А ($\bar{X}_H = 0$; $\bar{Y}_K = 0,0025$) і точку В₁ ($\bar{Y}_H = 0,163$; $\bar{X}_{max} = 0,626$) проводимо пряму, яка є робочою лінією при мінімальній витраті цеоліту m_{min} :

$$m_{min} = \operatorname{tg} \alpha_{min} = (\bar{Y}_H - \bar{Y}_K) / (\bar{X}_{max} - \bar{X}_H) = (0,163 - 0,015) / 0,626 = 0,236 \text{ кг/кг.}$$

Дійсна витрата цеоліту $m = 1,3m_{min} = 1,3 \cdot 0,236 = 0,31$ кг/кг тоді рівняння робочої лінії буде: $\bar{Y} = 0,31\bar{X} + 0,0025$

звідси кінцева концентрація етанолу у спиртовій парі = 0,01. Через крапки А і В (\bar{X}_K ; \bar{Y}_H) проводимо дійсну робочу лінію процесу адсорбції.

Витрата цеоліту на вході:

$$L_{\text{ин}} = mG_{\text{ин}} = 0,31 \cdot 1,118 = 0,347 \text{ кг/с.}$$

Витрата цеоліту на виході:

$$L_{\text{к}} = L_{\text{ин}} + M = 0,347 + 0,111 = 0,458 \text{ кг/с.}$$

Середня витрата цеоліту:

$$L_{\text{ср}} = 0,5(L_{\text{ин}} + L_{\text{к}}) = 0,5 \cdot (0,347 + 0,458) = 0,403 \text{ кг/с}$$

Середня витрата газової фази:

$$G_{\text{ср}} = 0,5(G_{\text{н}} + G_{\text{к}}) = 0,5 \cdot (1,30 + 1,189) = 1,245$$

4.1.3. Розрахунок шару насадки

$$m_Y = \int_Y^X d\bar{Y} / (\bar{Y} - \bar{Y}_p)$$

Число одиниць перенесення знаходимо як площу під кривою $1/(\bar{Y} - \bar{Y}_p) = f(\bar{Y})$. За даними рис.4.1 складаємо таблицю 4.1 і будуємо графік.

Таблиця 4.1.

\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Y}_p	$1/(\bar{Y} - \bar{Y}_p)$
0	0,01	0	67
0,10	0,046	0,026	50
0,20	0,077	0,052	40
0,30	0,108	0,078	33
0,40	0,139	0,104	29
0,477	0,163	0,124	26

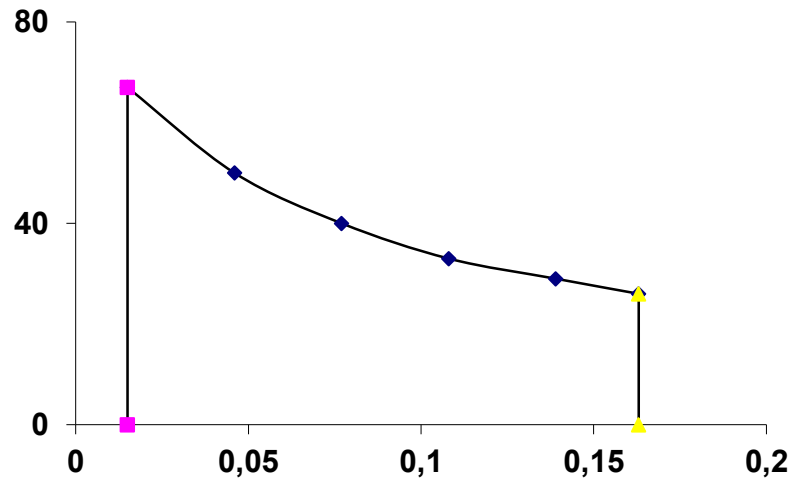


Рис. 4.2. Графік для розрахунку числа перенесення

Шукану площу знаходимо методом трапецій:

$$S = \frac{x_k - x_n}{n} \cdot \left(\frac{y_0 + y_n}{2} + \sum_1^{n-1} y \right)$$

$$m_Y = S = (0,163 - 0,015) / 6 \cdot [(67 + 26) / 2 + 50 + 40 + 33 + 29] = 4,89$$

Висота, еквівалентна одиниці перенесення по газовій фазі:

$$h_Y = \frac{\varepsilon}{ab\psi} \text{Re}_r^{0,25} \text{Pr}_r^{0,67}$$

де $b = 0,12$ - для кульок цеоліту типу 3А [2 с. 69]

$a = 200 \text{ м}^3/\text{м}^3$ - питома адсорбційна місткість [1с. 524]

ψ - коефіцієнт заповнення порожнин, що залежить від тиску.

$$\psi = 0,19 \quad [2\text{с. 69}]$$

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = 4w_r \rho_r / (\mu_r a),$$

де μ_r - в'язкість газової (спиртової) пари.

$$\mu_r = 16,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\text{Re} = 4 \cdot 3,22 \cdot 1,37 / (16,7 \cdot 10^{-6} \cdot 200) = 5283.$$

Дифузійний критерій Прандтля:

$$\text{Pr}_r = \mu_{cm} / (\rho_r D_r) = 16,7 \cdot 10^{-6} / (1,37 \cdot 15,4 \cdot 10^{-6}) = 0,79,$$

де D_r - коефіцієнт дифузії води в кульки цеоліту:

$$D_r = D_0 \frac{P_0}{P} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} = 17,0 \cdot 10^{-6} \cdot 101/121 \cdot (288/273)^{3/2} = 15,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

$D_0 = 17,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - коефіцієнт дифузії за стандартних умов.

$$h_Y = [0,740/(200 \cdot 0,123 \cdot 0,19)] 5283^{0,25} \cdot 0,79^{0,67} = 5,1 \text{ м}.$$

Приймаємо з конструктивних міркувань з певним запасом :

$$H = 5,4 \text{ м}.$$

З умови неприпустимості розкришування нижніх шарів кульок цеоліту приймаємо 2 шара насадки висотою 2,70 м.

4.2. Конструктивний розрахунок

4.2.1. Визначення діаметру адсорбера.

Густина газової фази за робочих умов $t = 135^\circ \text{ C}$; $P = 185 \text{ кПа}$

$$\rho_r = M T_0 P / (22,4 T P_0) = 27,08 \cdot 273 \cdot 121 / (22,4 \cdot 288 \cdot 101) = 1,37 \text{ кг/м}^3$$

Граничну швидкість газової фази $w_{пр}$, відповідну точці інверсії фаз, тобто переходу від плівкового гідродинамічного режиму до поглинання знайдемо з рівняння

$$\lg \left[\frac{w_{пр}^2 \rho_z}{g d_p \varepsilon^2 \rho_E} \cdot \left(\frac{\mu_E}{\mu_B} \right)^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{L_{cp}}{G_{cp}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_E} \right)^{0,125}$$

де μ_E і μ_B - в'язкість спиртової пари при 15° C і води при 20° C ;

у нашому випадку

$$\left(\mu_E / \mu_B \right)^{0,16} = (1,14/1,0)^{0,16} = 1,02$$

A і B – коефіцієнти, залежні типу насадки, для синтетичного цеоліту типу 3А

$$A = -0,073; \quad B = 1,75 \quad [2, \text{ с. 65}]$$

$d_e = 0,003 \text{ м}$ - еквівалентний діаметр кульки цеоліту.

$\varepsilon = 0,740 \text{ м}^3/\text{м}^3$ - вільний об'єм насадки. Тоді

$$\lg [w_{пр}^2 1,37 / (9,8 \cdot 0,015 \cdot 0,740^2 \cdot 1000) 1,02] =$$

$$-0,073 - 1,75 (0,403/1,245)^{0,25} (1,37/1000)^{0,125}$$

Звідки $w_{пр} = 3,6 \text{ м/с}$

Робоча швидкість газової фази:

$$w_{\Gamma} = w_{\text{пр}} n = 3.6 \cdot 0.9 = 3.24 \text{ м/с,}$$

де $n = 0,9$ - для турбулентного режиму роботи адсорбера [2с. 65].

Тоді діаметр колони:

$$d_k = \sqrt{G_{cp} / (w_z \rho_z)} = [1,245 / (0,785 \cdot 1,37 \cdot 3,24)]^{0,5} = 1,39 \text{ м.}$$

4.3. Гідравлічний розрахунок

4.3.1. Щільність продувки насадки:

$$U = 5,1 / 3600 = 0,0014 \text{ м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{с}).$$

3.2. Коефіцієнт опору:

$$\lambda = 16 / \text{Re}^{0,2} = 16 / 52830,2 = 2,88.$$

3.3. Швидкість газу у вільному перетині насадки:

$$w_0 = w_{\Gamma} / \varepsilon = 3,22 / 0,740 = 4,35 \text{ м/с.}$$

3.4. Гідравлічний опір сухої насадки:

$$\Delta P_c = \lambda \frac{H w_0^2}{2 d_s} \rho_{\Gamma} = 2,88 \cdot 6,9 \cdot 4,35^2 \cdot 1,37 / (2 \cdot 0,015) = 17172 \text{ Па.}$$

4.3.5. Гідравлічний опір зрошуваної насадки:

$$\Delta P = \Delta P_c 10^{bU} = 17172 \cdot 10184 \cdot 0,0014 = 31076 \text{ Па,}$$

де $b = 128$ - для кульок цеоліту типу 3А [3 с. 201]

4.4. Механічні розрахунки

4.4.1. Визначення початкових даних для проектування.

В якості даних для розрахунків адсорбера приймаємо:

	Параметри адсорбера	Значення
1	Тиск пари, кПа:	
1.1	- перед адсорбером	180-185
1.2	- після адсорбера	160-165
2	Розрідження, кПа:	

2.1	- в системі	13-20
2.2	- в конденсаторах рециклу	20-25
3	Температура, °С:	
3.1	- зверху адсорбера	115-135
3.2	- знизу адсорбера	115-135
3.3	- на виході із адсорберів	110-125

Матеріал – сталь 12Х18Н10Т (допустиме напруження $\sigma_{\text{дон}}=160$ МПа). Шви виконані напівавтоматично електрозварюванням в середовищі інертних газів (коефіцієнт витривалості зварних швів $\psi =1$ [1]).

4.4.2. Розрахунок еліптичної кришки

Розрахункова товщина стінки кришки

$$S_{p1} = \frac{P_p \cdot D}{2\phi\sigma_{\text{дон}} - 0,5P_p} = \frac{1,3 \cdot 132}{2 \cdot 0,95 \cdot 160 - 0,5 \cdot 1,3} = 0,56 \text{ мм.}$$

Спробний тиск при гідравлічному випробуванні

$$P_{i1} = \frac{1,25 \cdot P_p \cdot \sigma_{\text{дон}20}}{\sigma_{\text{дон}}} = \frac{1,25 \cdot 1,3 \cdot 160}{160} = 1,62 \text{ МПа і } P_{i2} = P_p + 0,3 = 1,3 + 0,3 = 1,6 \text{ МПа;}$$

$P_{i\text{max}} = 1,62$ МПа.

Розрахункова товщина стінки для еліптичної кришки при гідравлічних випробуваннях

$$S_{p2} = \frac{P_{i\text{max}} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{\text{дон}i} - 0,5 \cdot P_{i\text{max}}} = \frac{1,62 \cdot 132}{2 \cdot 0,95 \cdot 218,18 - 0,5 \cdot 1,62} = 0,517 \text{ мм.}$$

Вибираємо максимальну розрахункову товщину стінки $S_{p\text{max}} = 0,56$ мм.

Виконавча товщина стінки

$$S = S_{p\text{max}} + C + C_0 = 0,56 + 0,5 + 1,94 = 3 \text{ мм,}$$

де $C_0 = 1,94$ мм із умови округлення товщини стінки до більшої стандартної товщини (ГОСТ 19903 – 74*).

Так як $\frac{S-C}{D} = \frac{3-0,5}{132} = 0,019 < 0,1$, то умова застосування формул виповнюється.

Допустимий тиск в робочому стані

$$P_{\text{доп.р}} = \frac{2 \cdot \phi \sigma_{\text{дон}} (S-C)}{D + 0,5(S-C)} = \frac{2 \cdot 0,95 \cdot 160 \cdot (3-0,5)}{132 + 0,5 \cdot (3-0,5)} = 5,7 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск при випробуваннях

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \phi \sigma_{\text{дон}} (S-C)}{D + 0,5(S-C)} = \frac{2 \cdot 0,95 \cdot 218,18 \cdot (3-0,5)}{132 + 0,5 \cdot (3-0,5)} = 7,78 \text{ МПа.}$$

4.4.3 Укріплення отворів в еліптичній кришці (днищі)

Розрахунковий діаметр еліптичної кришки (днища)

$$D_p = 2D \sqrt{1 - 3\left(\frac{r}{D}\right)^2},$$

де $r < 0,4D - 0,5(d + 2S_{\text{ш}})$ – відстань від центру отвору, що укріплюється до вісі еліптичної кришки (днища);

$S_{\text{ш}}$ – товщина стінки штуцера;

d – внутрішній діаметр штуцера.

В нашому випадку відстань $r = 0$ так як отвір знаходиться в центрі еліптичної кришки (днища). Тоді

$$D_p = 2D = 2 \cdot 132 = 264 \text{ мм.}$$

Найбільший діаметр одиночного отвору, який не потребує укріплення (умова закріплення одиночних отворів [1]):

$$d_0 = \frac{2 \cdot \left[\left(\frac{S-C}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (S-C)} - C_{\text{ш}} \right]}{1} = \frac{2 \cdot \left[\left(\frac{3-0,5}{0,56} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{264 \cdot (3-0,5)} - 0,5 \right]}{1} = 35,56 \text{ мм,}$$

де $C_{\text{ш}} = 0,5$ – прибавка для компенсації корозії штуцера.

Мінімальна відстань між зовнішніми поверхнями двох сусідніх штуцерів, коли їх можна вважати одиночними

$$\Delta \geq \sqrt{D_p' (S-C)} + \sqrt{D_p'' (S-C)} = \sqrt{45,99(3-0,5)} + \sqrt{66(3-0,5)} = 15,34 \text{ мм,}$$

де D_p' і D_p'' - розрахункові внутрішні діаметри оболонки в місці розташування штуцерів [1] ($D_p' = 45,99$ мм, $D_p'' = 66$ мм).

4.4.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

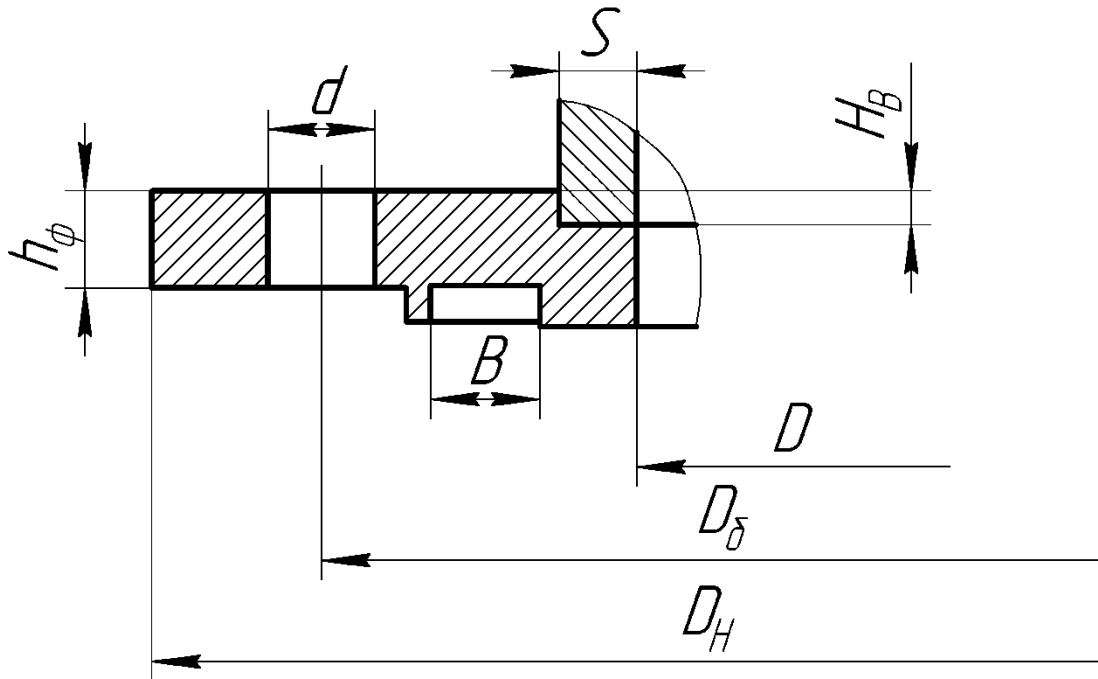


Рис. 4.3. Фланець плоский приварний.

Діаметр $D_δ$ болтової окружності фланців

$$D_δ = D + 2(S_1 + d_δ + u) = 1500 + 2(16 + 20 + 10) = 1630 \text{ мм},$$

де u – нормативний зазор між гайкою та втулкою ($u = 8 \div 10$ мм);

$d_δ$ - зовнішній діаметр болта.

Зовнішній діаметр фланця

$$D_H = D_δ + 2,4d_δ = 1630 + 2,4 \cdot 20 = 1700 \text{ мм}.$$

Ширина прокладки

$b = 20$ мм (для апарата, внутрішній діаметр котрого більше 1500 мм).

Зовнішній діаметр прокладки

$$D_{н.п} = D + 2b = 1500 + 2 \cdot 20 = 1900 \text{ мм}.$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{с.п} = D_{н.п} - b = 1900 - 20 = 1880 \text{ мм}.$$

Кількість болтів, що необхідна для забезпечення герметичності з'єднання

$$n_{\phi} = \frac{\pi D_{\phi}}{t_{ш}} = \frac{3,14 \cdot 1630}{76} = 68 \text{ штук,}$$

де $t_{ш}$ – шаг, що рекомендується для розташування болтів, який вибирається в залежності від тиску ($t_{ш} = (3,0 \div 3,8)d_{\phi} = 3,8 \cdot 20 = 76$ мм). Кількість болтів вибираємо $n_{\phi} = 16$ (кратно чотирьом).

Висота (товщина) фланця орієнтовно

$$h_{\phi} = \lambda_{\phi} \cdot \sqrt{D \cdot S_{ек}} = 0,52 \cdot \sqrt{132 \cdot 5,33} = 13,8 \text{ мм,}$$

де $\lambda_{\phi} = 0,52$ - приймається згідно рисунка 5.5;

$S_{ек}$ – еквівалентна товщина втулки, яка знаходиться по формулі

$$S_{ек} = S_0 \left[1 + \frac{h_e (\beta_1 - 1)}{h_e + 0,25 (\beta_1 + 1) \sqrt{DS_0}} \right] = 3,8 \left[1 + \frac{11,4 \cdot (2 - 1)}{11,4 + 0,25 \cdot (2 + 1) \cdot \sqrt{132 \cdot 3,8}} \right] = 5,33 \text{ мм.}$$

Болтове навантаження, що необхідне для забезпечення герметичності з'єднання знаходиться виходячи зі схеми навантаження (рис. 4.4).

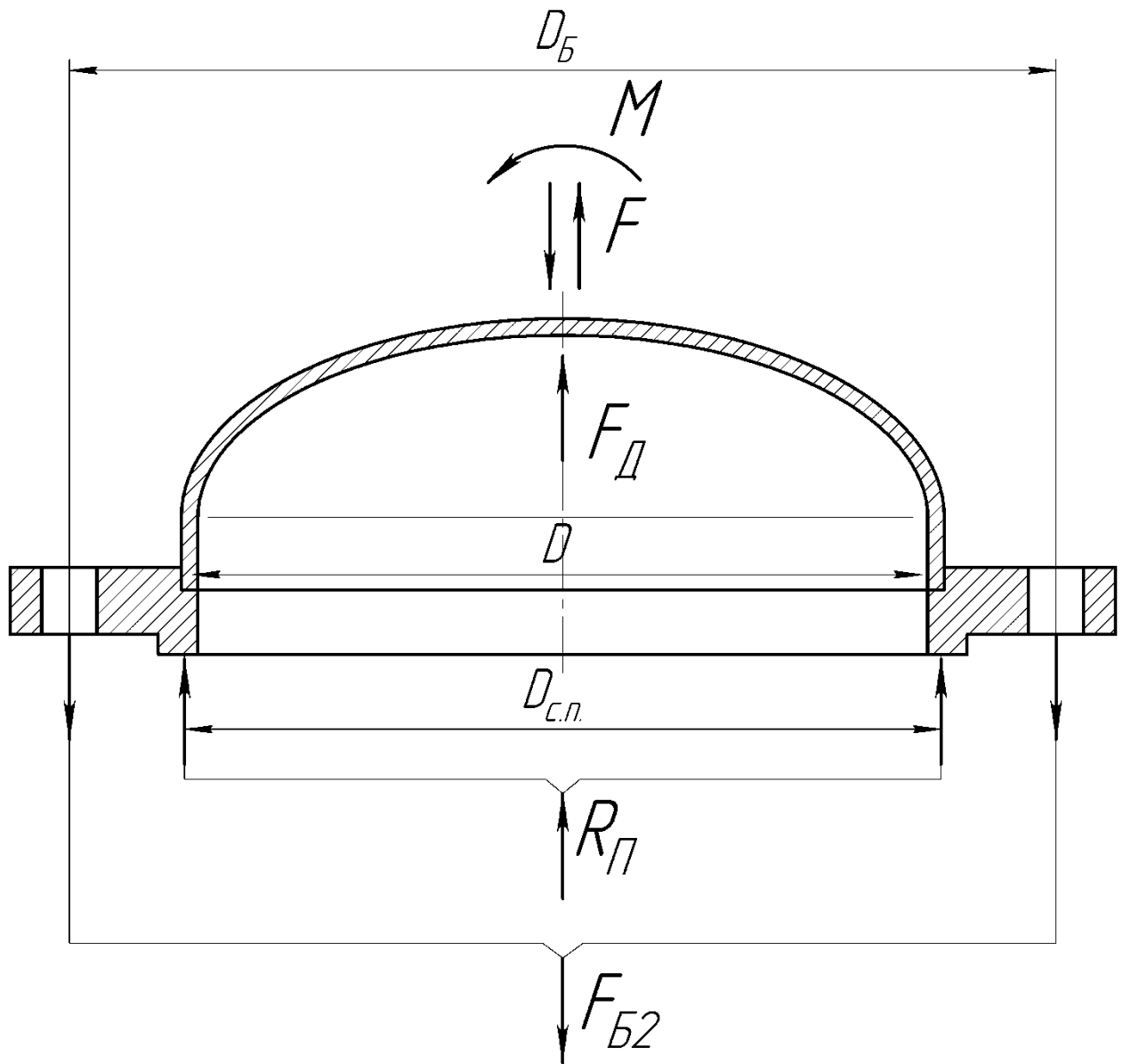


Рис. 4.4. Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах
 Розрахунок зводиться до визначення навантажень для двох різних станів: при монтажі – F_{61} і в робочих умовах – F_{62} .

$$F_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} \kappa_{ж} (F_{д} \pm F) + R_n + 4 \frac{M}{D_{c.n}} \\ 0,5\pi D_{c.n} b_0 P_{np} \end{array} \right\},$$

де F – зовнішня осьова сила, що розтягує (+) чи, що стискує (-)

M - зовнішній момент, що згинає;

P_{np} – мінімальний тиск обтиснення прокладки ($P_{np} = 20$ МПа [1]);

$F_{д}$ – рівнодіюча внутрішнього тиску;

R_{Π} – реакція прокладки;

$\kappa_{ж}$ – коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання;

b_0 – ефективна ширина прокладки (при $b \leq 15$ мм $b_0 = b = 14$ мм).

Рівнодіюча внутрішнього тиску F_d і реакція прокладки R_{Π} знаходяться по формулам

$$F_d = \frac{P_p \cdot \pi \cdot D_{c.n}^2}{4} = \frac{1,3 \cdot 3,14 \cdot 0,146^2}{4} = 0,02 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки

$$R_{\Pi} = \pi D_{c.n} b_0 \kappa_{np} P_p = 3,14 \cdot 0,146 \cdot 0,014 \cdot 2,5 \cdot 1,3 = 0,02 \text{ МН,}$$

де $\kappa_{np} = 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції прокладки [1].

Розрахункова площа поперечного перерізу f_{ϕ} болта по внутрішньому діаметру приймається $f_{\phi} = 0,55 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ [1].

Для визначення коефіцієнта жорсткості $\kappa_{ж}$ з'єднання, визначаються попередньо наступні величини:

а) лінійна податливість прокладки

$$y_{\Pi} = \frac{\kappa_n h_n}{E_n \pi D_{c.n} b} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,146 \cdot 0,014} = 155 \times 10^{-6} \text{ м/МН,}$$

де $h_{\Pi} = 5$ мм – висота (товщина) прокладки (беремо конструктивно);

κ_n - коефіцієнт обтиснення прокладки (для прокладок із паронита $\kappa_n = 1$);

E_{Π} – модуль пружності матеріалу прокладки;

б) кутова піддатливість фланцю

$$y_{\phi} = \frac{[1 - \nu(1 + 0,9\lambda'_{\phi})]\psi_2}{h_{\phi}^3 E} = \frac{[1 - 0,419 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,545)] \cdot 4,826}{0,014^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 3,3 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}};$$

де ν і λ'_{ϕ} - безрозмірні параметри:

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9\lambda'_{\phi} \left(1 + \frac{\psi_1 h_{\phi}^2}{S_{ек}^2}\right)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,545 \cdot \left(1 + \frac{0,234 \cdot 0,014^2}{0,005^2}\right)} = 0,41;$$

$$\lambda'_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{\sqrt{DS_{ек}}} = \frac{0,014}{\sqrt{0,132 \cdot 0,005}} = 0,54;$$

ψ_1, ψ_2 - коефіцієнти, що визначаються за формулами:

$$\psi_1 = 1,28 \lg\left(\frac{D_n}{D}\right) = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{0,201}{0,132}\right) = 0,23 ;$$

$$\psi_2 = \frac{D_n + D}{D_n - D} = \frac{0,201 + 0,132}{0,201 - 0,132} = 4,82 ;$$

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу фланця;

в) лінійна податливість болтів

$$y_{\sigma} = \frac{l_{\sigma}}{E_{\sigma} f_{\sigma} n_{\sigma}} = \frac{0,05}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,55 \cdot 10^{-4} \cdot 16} = 29 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН,}$$

де $E_{\sigma} = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу болтів [1];

$l_{\sigma} = 0,05$ м – довжина болту вибрана за ГОСТ 7798-70.

Тоді коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$K_{\text{ж}} = \frac{y_{\sigma} + 0,5 \cdot (D_{\sigma} - D - S_{\text{ек}}) \cdot (D_{\sigma} - D_{\text{с.н}})}{y_n + y_{\sigma} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\sigma} - D_{\text{с.н}})^2} =$$

$$= \frac{29 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot (0,177 - 0,132 - 5,33) \cdot (0,177 - 0,146)}{155 \cdot 10^{-6} + 29 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 3,3 \cdot (0,177 - 0,146)^2} = 1,15$$

Болтове навантаження при монтажі

$$F_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,15 \cdot 0,02 + 0,02 = 0,046 \text{ МН} \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,146 \cdot 0,014 \cdot 20 = 0,064 \text{ МН} \end{array} \right\} = 64 \cdot 10^{-3} \text{ МН.}$$

Болтове навантаження в робочих умовах

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + (1 - K_{\text{ж}}) F_{\text{д}} + F_{\text{т}} = 0,064 + (1 - 1,15) \cdot 0,02 = 61 \cdot 10^{-3} \text{ МН,}$$

де $F_{\text{т}}$ – зусилля, що виникає від температурних деформацій ($F_{\text{т}} = 0$ так як температура з'єднання в робочому стані рівна температурі при його монтажі (+20С⁰)).

Приведений згинаючий момент

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{\delta} - D_{c.n})F_{\delta 1} = 0,5 \cdot (0,177 - 0,146) \cdot 0,064 = 9,92 \cdot 10^{-4} \text{ МН} \cdot \text{м} \\ 0,5 \frac{[(D_{\delta} - D_{c.n})F_{\delta 2} + (D_{c.n} - D - S_{ек})F_{\delta}] \sigma_{\text{дон}20}}{\sigma_{\text{дон}}} = \\ = 0,5 \cdot \frac{[(0,177 - 0,146) \cdot 0,061 + (0,146 - 0,132 - 0,005) \cdot 0,02] \cdot 160}{160} = \\ = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м} \end{array} \right\} =$$

$$= 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м},$$

де $\sigma_{\text{дон}20}$ - допустиме напруження матеріалу фланця при 20 °С ($\sigma_{\text{дон}20} = 160$ МПа);

$\sigma_{\text{дон}}$ - допустиме напруження матеріалу фланця при робочій температурі ($\sigma_{\text{дон}} = 160$ МПа) [1].

Умова міцності болтів при монтажі фланцевого з'єднання і в його робочому стані виконується:

$$\frac{F_{\delta 1}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} \leq \sigma_{\text{дон.}\delta 20}; \quad \frac{0,064}{16 \cdot 0,55 \cdot 10^{-4}} = 72,72 \text{ МПа} < 110 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{\text{дон.}\delta 20}$ - допустиме напруження для болтів із сталі 12Х18Н10Т при температурі 20 С° ($\sigma_{\text{дон.}\delta 20} = 110$ МПа) [1];

$$\frac{F_{\delta 2}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} \leq \sigma_{\text{дон.}\delta}; \quad \frac{0,061}{16 \cdot 0,55 \cdot 10^{-4}} = 69 \text{ МПа} < 110 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{\text{дон.}\delta}$ - допустиме напруження для матеріалу болтів при робочій температурі 135 С° ($\sigma_{\text{дон.}\delta} = 100$ МПа) [1].

Умова надійності прокладки виконується:

$$\frac{F_{\delta \text{max}}}{\pi D_{c.n} b} \leq P_{\text{дон.пр}}; \quad \frac{0,064}{3,14 \cdot 0,146 \cdot 0,014} = 9,96 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа},$$

де $P_{\text{дон.пр}}$ - допустимий тиск на паронітову прокладку ($P_{\text{дон.пр}} = 130$ МПа) [1];

$F_{\delta \text{max}}$ - максимальне болтове навантаження ($F_{\delta \text{max}} = 64 \cdot 10^{-3}$ МН) [1].

Максимальне напруження в перерізі фланця, обмеженого розміром S_1

$$\sigma_1 = \frac{T_{\phi} M_0 \nu}{D^* (S_1 - C)^2} = \frac{1,69 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 0,419}{135 \cdot 10^{-3} (7,6 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3})^2} = 107,95 \text{ МПа},$$

де $D^* = D + S_0$ при $D < 20S_1$ ($0,132 < 20 \cdot 7,6 \cdot 10^{-3} = 152 \cdot 10^{-3}$);

$$T_{\phi} = \frac{D_n^2 \left[1 + \log \left(\frac{D_n}{D} \right) \cdot 8,55 \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_n^2) \left(\frac{D_n}{D} - 1 \right)} = \frac{(201 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \left[1 + \log \left(\frac{201 \cdot 10^{-3}}{132 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 8,55 \right] - (132 \cdot 10^{-3})^2}{[1,05 \cdot (132 \cdot 10^{-3})^2 + 1,945 \cdot (201 \cdot 10^{-3})^2] \cdot \left(\frac{201 \cdot 10^{-3}}{132 \cdot 10^{-3}} - 1 \right)} =$$

$$= 1,69.$$

Максимальне напруження в перерізі, що обмежений розміром S_0

$$\sigma_0 = f_{\phi} \sigma_1 = 3,1 \cdot 107,95 = 334,66 \text{ МПа},$$

$$\text{де } f_{\phi} = 3,1 \text{ при } \beta_1 = 2 \text{ і } \chi = \frac{h_e}{\sqrt{DS_0}} = \frac{11,4}{\sqrt{132 \cdot 3,8}} = 16,09 \quad [1].$$

Окружне напруження в кільці фланця

$$\sigma_{\kappa} = \frac{M_0 [1 - \nu(1 + 0,9\lambda'_{\phi})] \nu_2}{Dh_{\phi}^2} = \frac{1,03 \cdot 10^{-3} [1 - 0,419 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,545)] \cdot 4,826}{132 \cdot 10^{-3} \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2} = 72,91 \text{ МПа}.$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску

а) тангенціальне

$$\sigma_t = \frac{P_p D}{2(S_0 - C)} = \frac{1,3 \cdot 132 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot (3,8 - 0,5) \cdot 10^{-3}} = 26 \text{ МПа};$$

б) меридіональне

$$\sigma_m = \frac{P_p D}{4(S_0 - C)} = \frac{1,3 \cdot 132 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot (3,8 - 0,5) \cdot 10^{-3}} = 13 \text{ МПа}.$$

Умова міцності втулки фланця для перерізу, що обмежений розміром S_1 , виконується:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_{\kappa}^2 - \sigma_1 \sigma_{\kappa}} \leq \sigma_{\text{дон1}};$$

$$\sqrt{107,95^2 + 72,91^2 - 107,95 \cdot 72,91} = 95,39 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{\text{дон1}} = \sigma_T$ – допустиме напруження, що дорівнює границі текучості сталі

12X18H10T при 20⁰C ($\sigma_{\text{дон1}} = \sigma_T = 240 \text{ МПа}$) [1].

Умова міцності для перерізу, обмеженого розміром S_0 виконується:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_0 + \sigma_m) \sigma_t} \leq \phi \sigma_{\text{дон.о}};$$

$$\sqrt{(336,66 + 13)^2 + 26^2 - (336,66 + 13) \cdot 26} = 335,41 \text{ МПа} < 0,95 \cdot 600 = 570 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{доп.о}$ – допустиме напруження для фланця в перерізі S_0 , що приймається при

кількості навантажень з'єднання (збирання – розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$
 ($\sigma_{доп.о} = 0,003E = 600$ МПа при $P < 4$ МПа) [1].

Умова герметичності, що визначається кутом повороту фланця, виконується:

$$\theta = \frac{\sigma_{\kappa}}{E} \cdot \frac{D}{h_{\phi}} < \theta_{доп};$$

$$\theta = \frac{72,91 \cdot 132 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 14 \cdot 10^{-3}} = 3,43 \cdot 10^{-3} < 0,009 \text{ рад,}$$

де $\theta_{доп} = 0,009$ рад – допустимий кут повороту привареного в стик фланця при $D = 132$ мм < 2000 мм.

4.5 Розрахунок сітки.

Розрахунок сітки ведемо як для пластини, що ослаблена отворами.

Розрахунковий діаметр D_p і коефіцієнт K , який враховує тип закріплення сітки, приймають у відповідності з [1].

$$D_p = D_{c.n} = 146 \text{ мм;}$$

$$K = 0,41.$$

Коефіцієнт K_0 визначають в залежності від характеру розташування отворів в сітці [1]

$$K_0 = \sqrt{\frac{1 - \sum \left(\frac{d_i}{D_p} \right)^3}{1 - \sum \frac{d_i}{D_p}}} = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{18}{146} \right)^3 + \left(\frac{25}{146} \right)^3}{1 - \frac{18}{146} - \frac{25}{146}}} = 1,186$$

Виконавчу товщину $S_{п}$ обчислюють по формулам:

$$S_{n.p} = \max \left\{ \begin{array}{l} KK_0 D_p \sqrt{\frac{P_p}{\phi \sigma_{доп}}} \\ KK_0 D_p \sqrt{\frac{P_u}{\phi \sigma_{доп.u}}} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,41 \cdot 1,186 \cdot 146 \cdot \sqrt{\frac{1,3}{0,95 \cdot 160}} = 6,56 \text{ мм} \\ 0,41 \cdot 1,186 \cdot 146 \cdot \sqrt{\frac{1,62}{0,95 \cdot 218,18}} = 6,27 \text{ мм} \end{array} \right\} = 6,56 \text{ мм}$$

де P_u – пробний тиск при гідравлічних випробуваннях:

$$P_u = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,25 \cdot P_p \cdot \sigma_{\text{дон}20}}{\sigma_{\text{дон}}} = \frac{1,25 \cdot 1,3 \cdot 160}{160} = 1,62 \text{ МПа} \\ P_p + 0,3 = 1,3 + 0,3 = 1,6 \text{ МПа} \end{array} \right\} = 1,62 \text{ МПа}$$

$\sigma_{\text{дон.и}}$ - допустиме напруження для гідравлічних іспитів:

$$\sigma_{\text{дон.и}} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{240}{1,1} = 218,18 \text{ МПа,}$$

$\sigma_{T20} = 240$ МПа – для сталі 12Х18Н10Т при $+20^{\circ}\text{C}$ [1].

Виконавча товщина сітки

$$S_n = S_{n.p} + C + C_0 = 6,56 + 0,5 + 2,94 = 10 \text{ мм,}$$

де $C_0 = 2,94$ мм із умови округлення товщини стінки до більшої стандартної товщини (ГОСТ 19903 – 74*).

Так як $\frac{S_n - C}{D_p} = \frac{10 - 0,5}{146} = 0,06 < 0,1$, то умова застосування формул виконується.

Допустимий тиск в робочому стані

$$P_{\text{дон}} = \left[\frac{S_n - C}{KK_0 D_p} \right]^2 \cdot \phi \sigma_{\text{дон}} = \left[\frac{10 - 0,5}{0,41 \cdot 1,186 \cdot 146} \right]^2 \cdot 0,95 \cdot 160 = 2,72 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск при випробуваннях

$$P_{\text{дон.и}} = \left[\frac{S_n - C}{KK_0 D_p} \right]^2 \cdot \phi \sigma_{\text{дон.и}} = \left[\frac{10 - 0,5}{0,41 \cdot 1,186 \cdot 146} \right]^2 \cdot 0,95 \cdot 218,18 = 3,7 \text{ МПа.}$$

4.6. Розрахунок опори.

Апарати вертикального типу із співвідношенням $H/D > 4$ оснащують так званими юбочними циліндровими опорами.

Маса порожнього апарату:

$$m_{\text{ан}} = 3000 \text{ кг}$$

Маса насадки:

$$m_n = V \cdot \rho = 9,5 \cdot 0,6 = 5700 \text{ кг,}$$

де ρ - насипна густина цеоліту типу 3А (5,с.465).

Загальна маса адсорбера:

$$m_{\text{заг}} = 3000 + 5700 = 8700 \text{ кг}$$

Площа опорного кільця

$$S = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2000^2}{4} - \frac{\pi \cdot 500^2}{4} = 2.9 \cdot 10^6 \text{ мм}^2$$

Питоме навантаження опори на фундамент

$$\sigma = \frac{m_{\text{заг}} \cdot 9.81}{S} = \frac{8700 \cdot 9.81}{2.9 \cdot 10^6} = 0.29 \text{ МПа} < [\sigma] = 0.4 \text{ МПа} \quad \text{для бетонного перекриття.}$$

4.4.7. Розрахунок ізоляції

Визначимо температуру зовнішньої поверхні рецептурного адсорбера при наступних умовах: ізоляційне покриття складається з базальтової вати, що закладається в зварний корпус .

Температура зовнішньої поверхні визначається за формулою

$$t_{(n+1)} = \frac{t_1 + t_2 \cdot \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}{1 + \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \quad (4.5)$$

де t_1 —температура внутрішньої поверхні;

t_2 —температура навколишнього середовища;

α_2 — коефіцієнт тепловіддачі;

δ_i — товщина ізолюючого шару;

λ_i — коефіцієнт теплопровідності.

Коефіцієнт тепловіддачі визначається за формулою

$$\alpha_2 = 1,163 \cdot [8,1 + 0,45(t'_1 - t_2)] \quad (4.6)$$

де t'_1 — температура стінки (попередньо приймаємо рівної 50 °С).

$$2\alpha_2 = 1,163 \cdot [8,1 + 0,45(50 - 28)] = 10,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Термічний опір стінки визначається за формулою

$$r_i = \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0,11} + \frac{47 \cdot 10^{-3}}{0,05} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,23} = 1,4 \quad \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Температура на поверхні стінки дорівнює

$$t_{(3)} = \frac{270 + 28 \cdot 10,6 \cdot 1,4}{1 + 10,6 \cdot 1,4} = 23 \quad ^\circ\text{C}$$

На підставі розрахунку можна зробити висновок, що температура на поверхні корпусу адсорбера не перевищує припустиме значення температури 25°

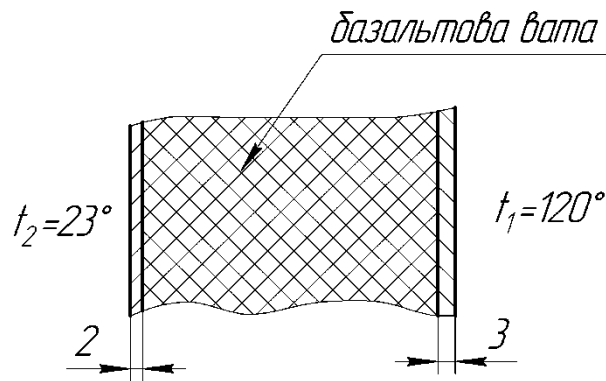


Рис. 4.5. Ізоляція адсорбера

4.2. Підбір конструкційних матеріалів

Хімічно стійка сталь X18H10T – оптимальний вибір для адсорберів

Сталь марки X18H10T завдяки своїм характеристикам ідеально підходить для виготовлення адсорберів. Цей матеріал:

- Стійкий до корозії: швидкість точкової корозії становить менше 0,1 мм на рік, що гарантує довговічність адсорбера.
- Теплопровідний: коефіцієнт теплопровідності 16,4 Вт/м·К забезпечує ефективний теплообмін в адсорбері.

Підбір матеріалів для адсорбера

Вибір конструкційних матеріалів для адсорбера залежить від:

- Технологічного процесу: адсорбер має бути стійким до хімічних речовин, що використовуються в ньому.
- Робочих речовин: матеріал адсорбера не повинен вступати в реакцію з адсорбованими речовинами.
- Умов механічного навантаження: адсорбер має бути міцним і стійким до деформацій.

Вплив технологічних властивостей матеріалу

Технологічні властивості матеріалу впливають на методи виготовлення деталей адсорбера. Наприклад, сталь X18H10T можна обробляти різними способами, що робить її зручною для виготовлення складних деталей.

- Сталь X18H10T також відома як AISI 304.
- Ця сталь має високу міцність і пластичність.
- Сталь X18H10T стійка до дії кислот, лугів, солей і органічних речовин.
- Ця сталь використовується в хімічній, харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості.

Більшість адсорберів виготовляють на спеціалізованих заводах, де значну частину продукції складають нормалізовані моделі, представлені в каталогах з цінами. Окрім цих заводів, індивідуальні замовлення на адсорбери приймають не лише профільні виробники, але й неспеціалізовані машинобудівні підприємства та майстерні.

Відповідно до "Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском", відповідальність за коректність конструкції, розрахунок на міцність та вибір матеріалу несе організація, яка розробила конструкцію та провела її розрахунок. Будь-які зміни, що можуть виникнути під час виробництва або монтажу адсорбера, повинні бути узгоджені між замовником проекту та виробником, оформлені у вигляді протоколу та підписані обома сторонами.

Типові адсорбери:

- Виготовляються на спеціалізованих заводах.
- Мають стандартні характеристики.
- Представлені в каталогах.

Індивідуальні замовлення:

Можуть бути розміщені на профільних та неспеціалізованих підприємствах.

- Корисні, коли потрібні адсорбери з нестандартними характеристиками.
- Правила та відповідальність:
- Адсорбери, що працюють під тиском, повинні відповідати правилам.

Відповідальність за конструкцію, розрахунок та матеріал несе розробник.

Прокатна сталь різноманітних марок слугує основою для виготовлення теплообмінної апаратури. Сталеві теплообмінники мають широке застосування в енергетиці, хімічній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості. Багато апаратів масового використання, таких як теплофікаційні підігрівачі, конденсатори, випарники та інші, виготовляються на спеціалізованих заводах та цехах у великих кількостях.

Процес виготовлення адсорберів:

Вибір технологічного процесу:

- Визначається характеристиками технологічного процесу, які впливають на:

- Якість виробу.
 - Витрати ресурсів.
 - Терміни виготовлення.
 - Необхідність у спеціалізованому обладнанні та робочій силі.
- Обирається після аналізу кількох варіантів.

Послідовність виготовлення:

- Визначається технологічним процесом.
- Включає виготовлення окремих деталей і збірку апаратури.

Важливі фактори:

Матеріал:

- Прокатна сталь різних марок.
- Вибір залежить від характеристик середовища, з яким буде контактувати апарат.

Технологічний процес:

- Впливає на якість, ресурси, строки виготовлення, обладнання та робочу силу.

Спеціалізація:

- Багато апаратів масового використання виготовляються на спеціалізованих заводах.

Розробка технологічного процесу виготовлення адсорбера

Перший етап:

На цьому етапі розробники визначають всі ключові аспекти, що впливають на якість та порядок виготовлення адсорбера. Це включає:

- Вибір матеріалів: марка сталі згідно з нормативами, клас апарату.
- Технологічні методи: методи заготівельних операцій, умови зварювання, режими термічної обробки.
- Контроль якості: вимоги до зварних швів, методи контролю на різних етапах виробництва.
- Випробування: умови випробування готового виробу.

Другий етап:

На цьому етапі розробники обирають оптимальні рішення:

- Обробка деталей: вибір операцій та їх послідовності.
- Обладнання: вибір інструментів, пристосувань та обладнання для виготовлення адсорбера.

Третій етап:

На цьому етапі розробники визначають:

- Кваліфікацію персоналу: кваліфікація робітників для виконання різних завдань.
- Трудомісткість: трудомісткість робіт з кожної операції та загальна продуктивність.
- Ресурси: витрати часу на кожен етап, кількість допоміжних матеріалів.
- Виробництво: необхідна площа для виробництва та місце розташування обладнання.

5. Технологія машинобудування

Розроблення технологічного процесу складання клапана перепускного

Сучасні технології машинобудування постійно розвиваються, ставлячи перед інженерами нові виклики та завдання. Одним із таких завдань є розробка ефективних та надійних технологічних процесів складання складних агрегатів, таких як клапан перепускного суміші етанол-вода.

Цей розділ присвячений розробці технологічного процесу складання даного клапана. У ньому будуть розглянуті наступні питання:

- Аналіз конструкції клапана та визначення його складових частин.
- Вибір методів та послідовності складання з урахуванням забезпечення необхідної точності та надійності.
- Розробка технологічної документації, що включає в себе маршрутні карти, операційні карти, інструкції та інші документи, необхідні для виготовлення клапана.
- Вибір та обґрунтування технологічного обладнання та оснащення, необхідного для складання клапана.
- Розробка заходів з контролю якості складання та забезпечення його відповідності технічним умовам.

Результатом роботи буде розроблений технологічний процес складання клапана перепускного суміші етанол-вода, який буде відповідати сучасним вимогам машинобудування та забезпечувати високу якість та надійність виготовлених виробів.

Розробка технологічного процесу складання клапана перепускного суміші етанол-вода є актуальною з наступних причин:

- Зростання попиту на альтернативні джерела енергії, одним з яких є біоетанол.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологія машинобудування	221888.MP.45.004.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/11

- Необхідність створення ефективних та надійних систем для перекачування суміші етанол-вода.
- Відсутність в Україні нормативної документації на технологічні процеси складання подібних клапанів.

Метою дослідження є розробка технологічного процесу складання клапана перепускного суміші етанол-вода, який буде відповідати сучасним вимогам машинобудування та забезпечувати високу якість та надійність виготовлених виробів.

Об'єктом дослідження є технологічний процес складання клапана перепускного суміші етанол-вода.

Предметом дослідження є методи та послідовність складання клапана, а також технологічне обладнання та оснащення, необхідне для його виготовлення.

Для досягнення поставленої мети будуть використані наступні методи дослідження:

- Аналіз наукової та технічної літератури.
- Розробка та дослідження математичних моделей складання клапана.
- Експериментальні дослідження процесів складання.
- Розробка технологічної документації.

Наукова новизна дослідження полягає в розробці нового технологічного процесу складання клапана перепускного суміші етанол-вода, який відрізняється високою ефективністю та надійністю.

Практична значущість дослідження полягає в тому, що розроблений технологічний процес може бути використаний для виготовлення клапанів перепускного суміші етанол-вода на машинобудівних підприємствах України.

При проектуванні та розробці схеми складання (технологічного маршруту) обрано клапан перепускний (рис. 5.1), пристрій, котрий призначений контролю суміші етанол-вода. Тобто із нагрівача суміш подається перепускним клапаном у витримувач, коли температура суміші

відповідає умовам технологічного процесу, а якщо вона нижча - клапан пускає суміш іншим каналом на повторне підігрівання.

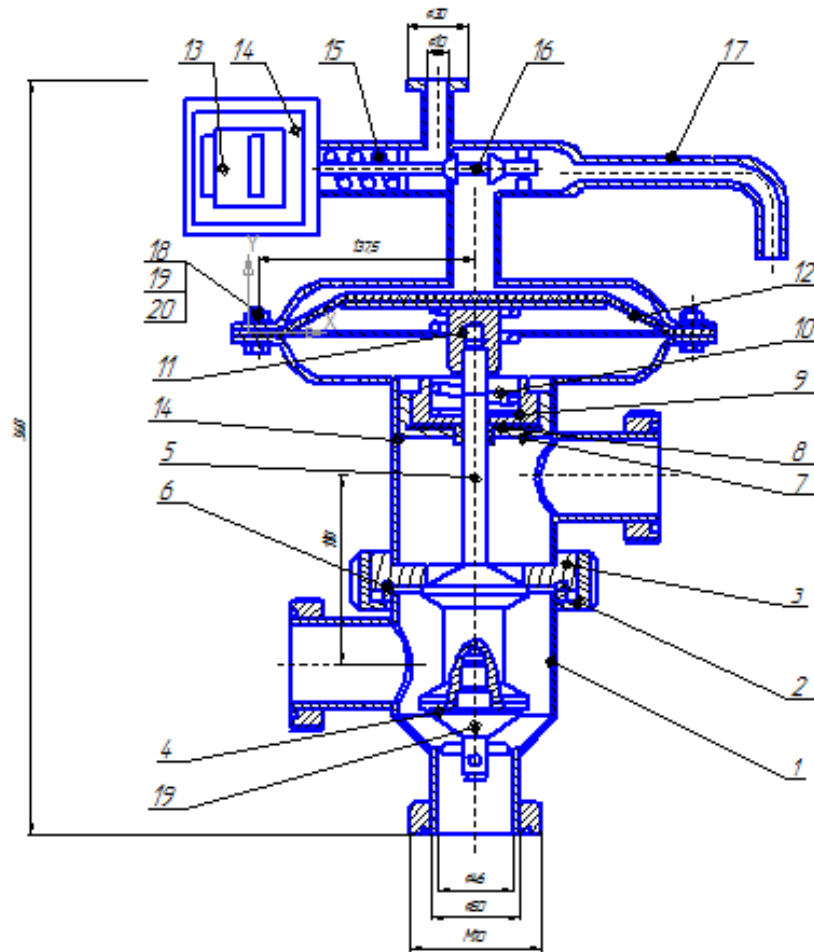


Рис. 5.1. Клапан перепускний

Таблиця 5.1. Подетальні складові клапана перепускнуго

<i>Номер позиції</i>	<i>Назва деталі</i>	<i>К-сть деталей</i>
1	Камера	1
2	Гайка накидна	1
3	Гайка	1
4	Ущільнення	1
5	Шток	1
6	Ущільнення	1
7	Стакан	1
8	Втулка	1
9	Стакан	1
10	Пружина	1
11	Диск	1
12	Мембрана	1
13	Електро-магніт	1
14	Корпус	1
15	Пружина	1
16	Шток	1
17	Кран	1
18	Корпус магніта	1
19	Шайба	8
20	Гайка	8
21	Болт	8

З аналізу конструкції перепускнуго клапана (рис. 5.1.), можна виділити наступні складальні одиниці 1-го порядку:

1. Складальна одиниця 1 (ск.1): Камера
2. Складальна одиниця 2 (ск.2): Корпус
3. Складальна одиниця 3 (ск.3): Електро-гідравлічний вузол

Крім того, відомі окремі деталі, які використовуються при складанні клапана:

- Болти 21
- Шайби 20
- Гайки 19

Схема складання клапана перепускнуго зображена на діаграмі на рисунку 5.2.

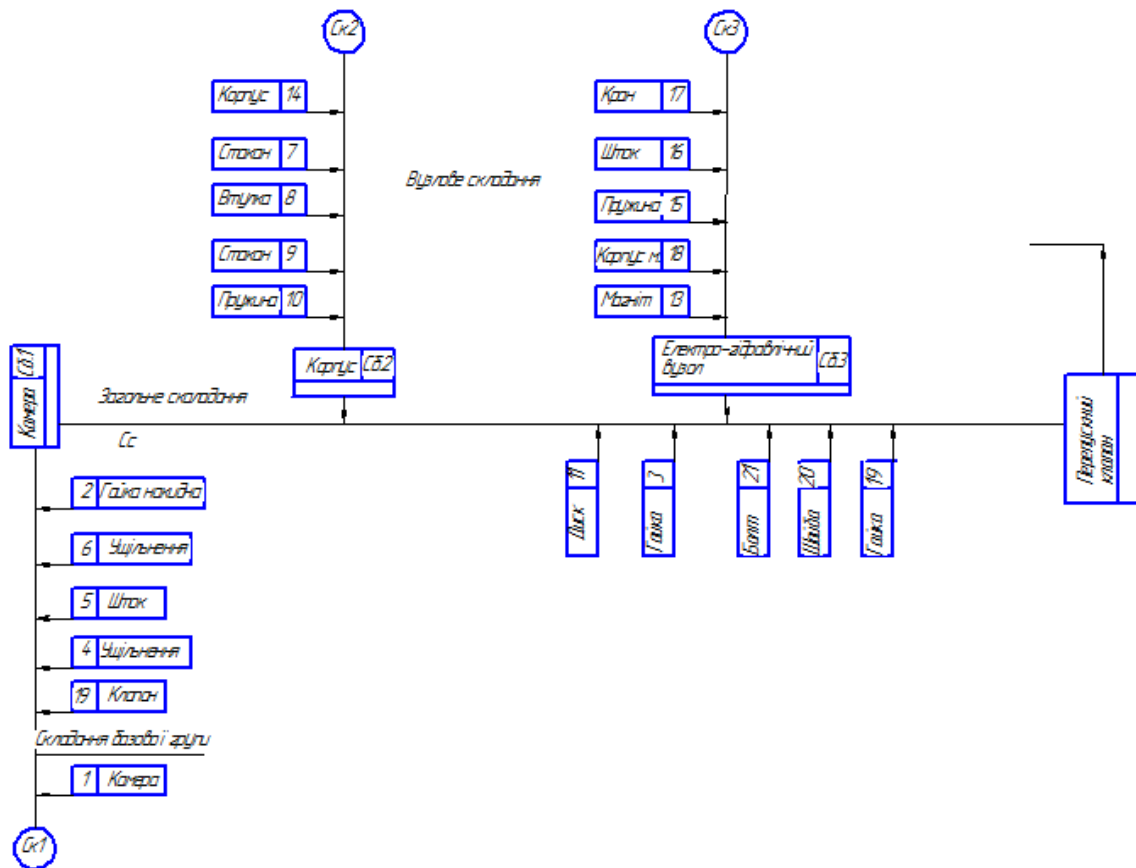


Рис. 5.2. Схема складання клапана перепускного

Лінії, що зображені вертикально стрілками, відображають послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми показує послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку з використанням стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Також використовуються умовні технологічні позначення:

- Сс – складання на столі
- З – зварювання
- Вив. – вивірка
- Конт. – контроль
- Вип. – випробування
- Фар. – фарбування.

Технологічний маршрут складання клапана перепускного описує короткий зміст операцій з необхідними переходами, що наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Технологічний маршрут складання клапана перепускного

операції	№ переходу, зміст переходу
10. Складання камери (Ск. 1)	10.1. Установити камеру 1 на складальному столі 10.2. Очистити отвори від стружки 10.3. Установити на торець штоку 5 ущільнення 4 10.4. З'єднати клапан 19 із штоком 5 10.5. Установити накидну гайку 2 10.6. Установити ущільнення 6 10.7. Вкрутити гайку 3
20. Складання корпусу (Ск. 2)	20.1. Очистити отвори від стружки 20.2. Вставити стакан 7 до корпусу 14 20.3. Встановити втулку 8 до стакану 7 20.4. Вставити стакан 9 до стакану 7 20.5. Установити пружину 10 20.6. Ввести шток 5 у отвір втулки 8 20.7. З'єднати корпус 14 із камерою Ск. 1 за допомогою гайки 3 20.8. З'єднати шток 5 із диском 11 попередньо стиснувши пружину 10 20.9. Установити мембрану 13 на корпус 14
30. Складання електрогідравлічного вузла (Ск. 3)	30.1. Встановити в корпус крана 17 шток 16 30.2. Вставити пружину 15 на шток 16 30.3. Встановити корпус електромагніта 18 30.4. Установити електромагніт 13 на корпус 18
40. Загальне складання (Ск. 4)	40.1. Установити корпус крана 17 на корпус 14 40.(2-10). Установити болти 21 40.(11-19). Установити шайби 19 на болти 21 40. (20-28) Закрутити гайки 20 на болтах 21

50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

Розрахунок надійності штоку при експлуатації

Для обчислення ймовірності безвідмовної роботи штоку перепускного клапана потрібно визначити його геометричні розміри, які будуть використані для користування таблицями. Для прикладу, d_1 - діаметр штоку, який дорівнює 20 мм.

Потім за довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу $\sigma_{вр}$, яке дорівнює 700 мПа для сталі 45.

Далі з документації вузла з'ясовуємо значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 70 \text{ н} \cdot \text{м}$; $M_{кр} = 50 \text{ н} \cdot \text{м}$. Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтелі при вала при $\sigma_{вр} = 700 \text{ МПа}$

$K_{\sigma} = 2,71$; $K_{\tau} = 1,52$.

Масштабний фактор при згинанні та крученні штоку розраховуємо за допомогою використання табл. 4 відповідно до його діаметра $d_1 = 20 \text{ мм}$ коефіцієнти рівні:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,89; \varepsilon_{\tau} = 0,8.$$

Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для штоку визначаємо за наступними формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_1^3} = \frac{32 \cdot 70 \cdot 10^3}{\pi (20)^3} = 90 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_1^3} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,2(20)^3} = 31 \text{ МПа},$$

де $W_{зг}$, $W_{кр}$ - моменти опору при згинанні та крученні на критичному перерізі, мм^3 .

Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні штоку розраховуємо:

$$n_{\sigma} = \frac{\frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma}}}{\varepsilon_{\sigma} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,68}{0,89} \cdot 90} = 1,03$$

$$n_{\tau} = \frac{\frac{2\tau_{-1}}{K_{\tau}}}{\varepsilon_{\tau} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,62}{0,8} \cdot 31} = 4,46$$

де $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу штоку (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{1,03 \cdot 4,46}{\sqrt{1,03^2 \cdot 4,46^2}} = 4,5938$$

Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{\text{зг}}}{3} = \frac{0,71 \cdot 90}{3} = 21,3 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{\text{кр}}}{M_{\text{зг}}} = \frac{50}{70} = 0,71$$

Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{\text{зг}}} = \frac{21,3}{90} = 0,237$$

Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,3$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 99,9(9)$$

Одержаний показник свідчить, що шток має високу експлуатаційну надійність.

Розроблення структурної схем сертифікації елемента обладнання

Сертифікація одиничного продукту

Об'єкт сертифікації:

- Вузол або окрема деталь.

Модель сертифікації:

- №1 (без видачі сертифікату відповідності) для одиничних продуктів.

Обов'язкові роботи:

- Обстеження виробництва: не проводиться.
- Випробування: проводяться по кожному виробу.
- Технічний нагляд: не проводиться.

Етапи сертифікації:

1. Подання та розгляд заявки.
2. Аналіз документації.
3. Рішення про сертифікацію та вибір схеми.
4. Обстеження виробництва: не проводиться.
5. Атестація виробництва: не проводиться (або сертифікація системи якості, якщо передбачено схемою).
6. Відбір, ідентифікація та випробування зразків.
7. Аналіз результатів та прийняття рішення про сертифікат.
8. Видача сертифіката: не проводиться (лише запис в реєстр).
9. Визнання іноземних сертифікатів: можливо.
10. Технічний нагляд: не проводиться.
11. Інформування про результати сертифікації.

Шифр виробу: 2211

- Тип виробу: Відновлювальний.
- Режим роботи: Безперервний.
- Домінуюча причина відмови: Відмова.

Нормовані показники надійності:

- T_0 (Тср) - середній час напрацювання до відмови.
- T_γ - граничний час напрацювання.

Основні показники для випробувань:

- Механічні та геометричні показники (розміри, допуски, посадки).

Прилади для контролю:

- Твердомір HRA-1.
- Мікрометр МКЦ 50 (25...50 мм).

Додаткова інформація:

- Детальніше про сертифікацію продукції можна дізнатися в ДСТУ 3413-96.
- Перелік необхідних документів та випробувань може варіюватися залежно від типу продукту та схеми сертифікації.

6. Правила монтажу, експлуатації та технічного сервісу модернізованого обладнання

Згідно з правилами вантажних перевезень, замовник несе таку відповідальність:

Вивезення товару з залізниці: Замовник зобов'язаний самостійно організувати та виконати вивезення товару з залізничної станції після його прибуття.

Безпека обладнання: Після отримання обладнання залізницею, замовник несе повну відповідальність за його безпеку. Це включає:

- Зберігання на складі.
- Транспортування до місця монтажу.
- Розвантаження та підйом.
- Монтаж та експлуатацію.

Перевірка комплектності та цілісності:

Замовник зобов'язаний перевірити, що обладнання, яке прибуло на об'єкт, відповідає наступним критеріям:

- Комплектність: всі позиції, зазначені в супровідних документах, повинні бути присутні.
- Цілісність: відсутні пошкодження, деформації, дефекти.

Обслуговування та монтаж:

Усі операції з обслуговування обладнання на складах та під час монтажу, включаючи підйом і розміщення, повинні виконуватися з дотриманням усіх правил техніки безпеки. Це гарантує збереження обладнання та безпеку персоналу.

Замовник несе значну відповідальність за вантаж після його отримання з залізниці. Необхідно ретельно перевірити комплектність та цілісність

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Правила монтажу, експлуатації та технічного сервісу модернізованого обладнання	221888.MP.45.004.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/8

обладнання, а також дотримуватися правил безпеки при його обслуговуванні та монтажі.

Прилад має бути встановлений відповідно до вимог СНіП, проекту монтажу, а також відповідно до правил "Правил безпечного використання під тиском", норм охорони праці, протипожежних та гігієнічних стандартів.

Монтаж приладу повинен забезпечити його доступність для огляду, ремонту та очищення, мінімізуючи ризик перекидання. Для спрощення технічного обслуговування необхідно передбачити наявність платформ і драбин, а також забезпечити можливість використання інших пристроїв і обладнання для перевірки без порушення міцності та стабільності приладу.

Вимоги до фундаменту та монтажу колони

Фундамент:

- Розташування: Перший поверх будівлі.
- Матеріал: Збірний бетон.
- Висота: Згідно з проектом, але не менше 2 метрів у випадку пульта поверхні теплообміну.
- Рівність: Поверхня фундаменту повинна бути максимально рівною.
- Навантаження: Колону потрібно зафіксувати таким чином, щоб вона однаково навантажувалася на першому поверсі.

Стійкість:

- Відстань: Мінімальна відстань від колони до будь-яких інших конструкцій повинна бути не менше 2,5 діаметрів колони.
- Підтримка: Колону можна підтримати в антресолі за допомогою металевих ременів.

Випробування:

- Всі частини колони: Перед монтажем повинні пройти випробування на міцність під тиском до 1,25 робочого тиску.
- Допоміжне обладнання: Також повинне пройти випробування на міцність.

Перший етап монтажу колони

Перевірка:

- Піддони: Перевірте цілісність та стійкість піддонів.
- Фланці: Перевірте фланці на наявність пошкоджень та дефектів.
- Ущільнювачі: Перевірте цілісність та еластичність ущільнювачів.
- З'єднання: Перевірте з'єднання між циліндрами на надійність.

Установка нижнього циліндра:

- Вирівнювання: Встановіть нижній циліндр максимально рівно.
- Закріплення: Надійно закріпіть нижній циліндр.
- Цементний розчин: За потреби, можна використовувати цементний розчин для кращої фіксації.

Перевірка балок:

- Закріплення: Переконайтеся, що попередні балки коректно закріплені.
- Пошкодження: Огляньте балки на наявність пошкоджень, що могли виникнути під час транспортування.
- виправлення: Усуньте будь-які пошкодження, вирівнявши та випрямивши бортик без використання сталевого молотка.

Прокладка між циліндрами:

- Фаски: Якщо прокладка складається з окремих частин (для колон великого діаметра), зробіть фаски на стиках довжиною не менше трьох товщин прокладки.

Укладання колони

- Отвори в піддонах: Переконайтеся, що отвори в піддонах знаходяться у правильному положенні, коли циліндри вирівняні.
- Прокладка: Переконайтеся, що прокладка знаходиться на місці (рекомендується попередньо прив'язати її до фланців мотузкою).
- Анкерні болти: Переконайтеся, що анкерні болти (підйомники) закріплені без будь-якого зміщення чи переміщення.

Заборонено:

- Монтаж та затискання: Монтувати та затискати обладнання таким чином, що може створити додаткові напруження та пошкодити конструкцію приладу.
- Пошкоджені прокладки: Монтувати пошкоджені прокладки.
- Затягування фланцевих з'єднань:
- Рівномірно: Рівномірно затягніть гвинти за 3-4 раунди.
- Повторне затягування: Через дві години після цього повторно затягніть гвинти.
- Під час роботи: Заборонено затягувати гвинти під час роботи.

Перед запуском пристрою:

- Дозвіл: Перевірте доступність дозволу Держнаглядохоронпраці на пуск.
- З'єднання: Перевірте якість гвинтових і фланцевих з'єднань і закріплення фундаментних болтів.
- Стан пристрою: Перевірте стан пристрою.
- Підключення: Перевірте правильність і надійність з'єднань з технологічними лініями.
- Готовність приладів: Перевірте готовність приладів до роботи.
- Заглушки: Перевірте відсутність тимчасових заглушок на робочих ділянках трубопроводів.
- Арматура: Перевірте можливість роботи регулюючої, запірної та запобіжної арматури, що підключається до пристрою згідно з технологічною схемою.

Монтаж:

- Повинен відповідати правилам проектування та безпечної експлуатації посудин під тиском.
- Вимірювально-контрольне обладнання повинно бути встановлено відповідно до технологічної схеми, розробленої автором приладу.

Експлуатація:

- Підвищення тиску в приладі не має перевищувати 5 кгс/см² в хвилину.

- Адміністрація компанії-користувача зобов'язана забезпечувати:
 - o Належний технічний стан посудин.
 - o Їх безпечне використання.
 - o Проведення перевірок, ремонтів та моніторингу.
- При монтажі та експлуатації машини необхідно дотримуватися вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.2.003 та інструкцією з експлуатації.
- Користувач повинен мати інструкцію з експлуатації та безпечного обслуговування машини, яка затверджена оператором машини.

Обслуговування:

- Інтервали оглядів, технічне обслуговування та сервісне обслуговування приладів повинні відповідати правилам проектування та безпечної експлуатації посудин під тиском.

Важливо:

- Дотримання цих правил гарантує безпечну експлуатацію приладів.
- Необхідно залучати до монтажу, експлуатації та обслуговування кваліфікованих фахівців.

Додаткова інформація:

- Детальніше про правила монтажу, експлуатації та обслуговування приладів можна дізнатися в:
 - o Правилах проектування та безпечної експлуатації посудин під тиском.
 - o Інструкції з експлуатації та безпечного обслуговування машини.

Під час експлуатації пристрою важливо, щоб обслуговуючий персонал дотримувався всіх вимог цієї інструкції, а також інструкції з експлуатації та техніки безпеки пристрою. Це включає ретельну перевірку світильників, вимірювально-контрольної апаратури та запобіжних пристроїв на пристрої.

Зокрема, обслуговуючий персонал повинен регулярно проводити перевірки стану пристрою та оцінювати вплив зовнішнього середовища на стінки судини. Це може включати внутрішні огляди для виявлення потенційних проблем, таких як корозія або зношеність матеріалів.

У випадках, коли внутрішній огляд неможливий, наприклад у випадку недоступних ділянок, важливо виміряти товщину стінки за допомогою спеціальних неруйнівних методів. Результати таких вимірювань слід обов'язково зареєструвати в паспорті пристрою для подальшого аналізу та відстеження змін стану пристрою з часом.

Перед внутрішнім оглядом пристрою необхідно виконати ряд підготовчих заходів, зокрема вимкнути його, звільнити від технологічного середовища та від'єднати від усіх труб, які з'єднують пристрій із джерелом тиску чи іншими пристроями. Ці заходи безпеки допомагають уникнути травм або пошкоджень пристрою та забезпечують безпеку обслуговуючому персоналу під час проведення огляду.

Ремонт корпусу пристрою (корпусу, днища, арматури та інших деталей, що працюють під тиском) повинен:

- Узгоджуватися з виробником приладу.
- Проводитися відповідно до: «Правил обладнання, що працює під тиском, та їх використання» та «Сталеві ємності та ємності зварні». Загальні технічні умови.

Ремонт приладу та його компонентів під час роботи заборонений.

Приладом можуть користуватися особи віком від 18 років, які:

- Пройшли навчання.
- Сертифіковані кваліфікаційною комісією.
- Отримали інструкції щодо безпечного використання цистерн та обладнання.

Дотримання цих правил гарантує безпечну експлуатацію приладів. Необхідно залучати до ремонту кваліфікованих фахівців. Детальніше про правила ремонту та експлуатації приладів можна дізнатися в:

- «Правилах обладнання, що працює під тиском, та їх використання».
- «Сталеві ємності та ємності зварні». Загальні технічні умови.
- Інструкції з експлуатації та техніки безпеки приладу.

Прилад повинен бути захищений від статичної електрики згідно з «Правилами захисту від статичної електрики на підприємствах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості» та правилами ПУЕ-86.

З метою забезпечення ефективного блискавкозахисту та захисту від вторинних проявів ударів блискавки слід дотримуватися вимог, визначених у документі РД-36.21.122-87 "Інструкція з блискавкозахисту будівель і споруд".

Важливо зауважити, що випуск газу з приладу допускається лише через газопроводи до пальника, при цьому газ не має виходити через зазор між фланцями.

Перед проведенням будь-яких ремонтних або зварювальних робіт необхідно:

- Повністю спорожнити ємність із спиртом.
- Промити прилад і труби водою.
- Випарувати спирт.

Процедура видалення алкоголю повинна виконуватися з повною відповідністю вимогам безпеки та правилам, визначеним у цьому документі.

Після видалення спирту, промивання водою та випаровування:

- Всі збірні ємності необхідно негайно заповнити водою.
- Від'єднати контрольні кришки.

Під час виконання гарячих робіт важливо дотримуватися безпечних процедур. Наприклад, заборонено вносити в приміщення кисневі балони, газові балони та газові прилади. Проведення гарячих робіт дозволяється лише за наявності головного техніка заводу або особи, яка має спеціальний дозвіл керівника заводу серед інженерно-технічних працівників та відповідає за роботу заводу.

Треба мати на увазі, що спиртні пари та пов'язані з ними забруднювачі можуть бути шкідливими для здоров'я, навіть у невеликих концентраціях, та утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям. Етанол, як один з таких

спиртів, може мати наркотичний ефект на людину та викликати різні негативні реакції. Гранично допустима концентрація парів етанолу в повітрі виробничих приміщень складає 1000 мг/м³.

Важливо також пам'ятати, що етанол є легкозаймистою рідиною, тому потрібно дотримуватися обережності при його використанні. Температурний діапазон займання парів етанолу становить 11-41 °С, а діапазон займання парів етанолу при атмосферному тиску складає 3,6-19% (об/об).

Етаноло-повітряна суміш відноситься до категорії та групи вибухонебезпечності ІІА-Т2 за ГОСТ-12.1.011-78. Приміщення, де проводиться адсорбція етанолу, віднесено до категорії А за пожежно-вибухонебезпечністю відповідно до СНиГТ 11-90-81 та до класу 1а (ПУЕ). Для забезпечення безпеки необхідно забезпечити ці приміщення надійною вентиляцією та необхідним протипожежним обладнанням. У разі необхідності гасіння етанолу можна використовувати будь-які доступні вогнегасники.

Перед проведенням зварювальних робіт у адсорбційній камері обов'язково завершіть видалення спирту з агрегату не менше, ніж за 2 години до роботи. Повне очищення алкоголю з обладнання та приміщень, де зберігається спирт, а також ретельне провітрювання приміщення є обов'язковими процедурами для забезпечення безпеки.

Для освітлення внутрішньої частини пристрою під час ремонту, очищення та огляду слід використовувати лише портативні лампи низької напруги (від 12 до 24 В). Для особистого освітлення використовуйте електричний ліхтарик напругою від 2 до 3,5 В.

Рух алкоголю та його забруднюючих речовин може викликати електростатичні заряди, тому необхідно вживати заходів безпеки для запобігання виникненню іскрових розрядів.

7. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування

На даному етапі виробництва насамперед важливо гарантувати найефективнішу роботу регенераційної колони та адсорберів, що стоїть перед нами як найголовніше завдання. Додатково, необхідно відслідковувати стан збірних ємностей, перевіряти функціонування електроприводів, а також контролювати належне розташування запірної та регулюючої арматури на всьому обладнанні.

Важливо зауважити, що без підтримки технологічного режиму в автоматичному режимі експлуатація установки є неможливою. Це є важливою передумовою для забезпечення безперебійної та ефективної роботи усього виробничого процесу.

Крім того, систематичний контроль за додатковим об'ємом простору дозволяє збільшити загальний прибуток підприємства, зменшивши споживання тепла та води. Це призводить до зниження витрат на виробництво на кожну одиницю продукції, що в свою чергу покращує економічні показники підприємства та його конкурентоспроможність на ринку.

Вимірювання температури

Перший адсорбер:

Вхід:

- Термометр 16а типу ТСП-100.
- Датчик температури 166 типу ТМТ 146ZВ.

Вихід:

- ПЛК.

Верхня частина:

- Термометр 17а типу ТСП-100.
- Датчик температури 176 типу ТМТ 146ZВ.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепелюк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	221888.MP.45.005.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

- ПЛК.

Нижня частина:

- Термометр 19а типу ТСП-100.
- Датчик температури 196 типу ТМТ 146ZВ.
- ПЛК.

Другий адсорбер:

Нижня частина:

- Термометр 20а типу ТСП-100.
- Датчик температури 206 типу ТМТ 146ZВ.
- ПЛК.

Використовуйте викробезпечні датчики температури. Передавайте дані на ПЛК для контролю та управління процесом. Детальніше про вимірювання температури можна дізнатися в:

- Інструкції з експлуатації та техніки безпеки приладу.
- Керівництві з експлуатації ПЛК.

Зайвий вміст води, який вводиться в колону для виробництва спирту-сирцю та рециркуляції, відсмоктується з колони у формі припою через насос та охолоджується в теплообміннику перед відведенням у колектор припою та дренаж.

Пара спирту і води з верхньої частини регенераторної колони проходить через крапельний сепаратор до пароперегрівача, де вона підігрівається паром котла до температури 110-120 градусів Цельсія. Конденсат з пароперегрівача потрапляє назад до котлів.

Краплі рідини, які утворюються в сепараторі, збираються та регулярно відсмоктуються в рециркуляційну трубку.

Підвищений тиск у колоні, знаходячись в межах 180-185 кПа, регулюється шляхом регулювання потоку перегрітої пари до адсорберів за допомогою спеціального клапана. Перегріта пара спочатку пройде через молекулярні сита першого адсорбера, де вона буде очищена від вологи, і вийде як пара зневодненого спирту. Цей потік пари буде направлений на

конденсатори зневодненого спирту та в дегідратор. Для забезпечення такого процесу регулюються клапани: 75.1 і 76.1 відкриваються, а 75.2 і 76.2 закриваються.

Підвищений тиск у адсорбаторі, коливаючись у діапазоні 160-165 кПа, забезпечується регулюванням потоку пари в конденсатори зневодненого спирту за допомогою відповідного клапана. Зневоднений спирт із конденсаторів та пасток збирається в спеціальний резервуар, а неконденсовані гази виводяться в атмосферу через спиртовловлювач. Під час цього процесу другий адсорбер працює у режимі десорбції. Для цього використовується вакуумний насос, що створює розрідження в адсорбаторі через відкриті клапани, а клапани, що ведуть до першого адсорбера, закриваються. Регулювання величини вакууму здійснюється шляхом контролю над неконденсованими газами.

При швидкому зниженні тиску і відповідної температури в адсорбаторі, молекулярні сита охолоджуються, що призводить до випаровування адсорбованої води у вигляді пари. Ця пара направляється до рециркуляційних конденсаторів (58.1, 58.2 і 59), звідки конденсована водяна пара рухається до розподільника (65) для подальшої обробки. Для подальшого нагрівання молекулярних сит у нижній частині другого адсорбатора, частина зневодненої пари спирту пропускається з першого адсорбера через витратомір 82. Таким чином, вода десорбується з молекулярних сит і готова до наступного циклу зневоднення, разом зі спиртовою парою.

8. Заходи з охорони праці та охорони довкілля

Охорона праці

Розділ охорони праці є невід'ємною частиною будь-якого організаційного устрою, де працюють люди. Він визначається як система заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час їхньої професійної діяльності. Розділ охорони праці включає в себе широкий спектр заходів, які охоплюють профілактику травматизму, захист від шкідливих впливів робочого середовища, психофізіологічну підтримку працівників та багато іншого.

Основні складові розділу охорони праці включають:

- Аналіз ризиків та оцінка шкідливих чинників: Організація проводить систематичний аналіз робочого середовища та визначає потенційні небезпеки для здоров'я працівників. Це включає оцінку фізичних, хімічних, біологічних та психосоціальних факторів.
- Впровадження заходів безпеки та гігієни праці: Організація вживає заходів для мінімізації ризиків для здоров'я працівників, таких як застосування персональних захисних засобів, регулярні медичні огляди, належне оснащення робочих місць тощо.
- Навчання та інструктажі: Професійний розвиток та навчання з питань безпеки та гігієни праці є важливим аспектом охорони праці. Працівники повинні бути наділені необхідними знаннями та навичками для уникнення травм та захисту від шкідливих впливів.
- Моніторинг та контроль: Систематичний моніторинг робочих умов та здоров'я працівників дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми та вживати необхідні заходи для їх вирішення.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.MP.45.006.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.	Заходи з охорони праці та охорони довкілля		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12

- Евакуаційні плани та надзвичайні ситуації: Підготовка до надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, аварії чи природні катастрофи, є не менш важливою складовою охорони праці. Організація повинна мати чіткі плани евакуації та надавати необхідний тренінг працівникам.
- Стрес-менеджмент та психологічна підтримка: Збалансоване робоче середовище передбачає не лише фізичний, але й психологічний захист працівників. Організація може забезпечувати консультативну психологічну підтримку та програми стрес-менеджменту.
- Внутрішньоорганізаційні комітети з охорони праці: Формування комітетів з охорони праці, які включають представників роботодавців і працівників, дозволяє активно впливати на політику безпеки та здоров'я працівників в організації.

Загальна мета розділу охорони праці полягає у забезпеченні безпечних та здорових умов праці для всіх працівників. Відповідальність за дотримання вимог охорони праці лежить як на роботодавці, так і на працівниках, і лише спільні зусилля можуть забезпечити успіх у цій сфері.

Розглянемо детальніше потенційні небезпеки та ризики, пов'язані з роботою з адсорбційною установкою в середовищі вода-етанол:

Хімічні ризики:

- Взаємодія з агресивними речовинами: Будь-які хімічні речовини, що використовуються у процесі адсорбції, можуть бути потенційно небезпечними для здоров'я працівників. Наприклад, деякі адсорбенти або розчинники можуть мати подразливий або токсичний вплив на організм, якщо вони потрапляють на шкіру, вдихаються або проникають через очі.
- Витік речовин: Неправильне обслуговування або несправність обладнання може призвести до витоку хімічних речовин, що може створити серйозну небезпеку для працівників, які працюють у навколишньому середовищі.

Термічні ризики:

- Підвищена температура: Під час деяких процесів адсорбції може виникати значне підвищення температури. Наприклад, під час регенерації адсорбента може використовуватися нагрівання, що може призвести до ризику опіків для працівників.

Механічні ризики:

- Обслуговування обладнання: Робота з адсорбційною установкою може включати обслуговування та ремонт обладнання, що може бути пов'язане з механічними ризиками. Наприклад, рухомі частини або механізми можуть створювати ризик защемлення або травмування, якщо не дотримуватися відповідних заходів безпеки.

Для запобігання цим ризикам необхідно вживати ряд заходів безпеки, таких як:

- Забезпечення належного навчання та інструктажів з правильного використання та обслуговування обладнання.
- Використання персональних захисних засобів, таких як респіратори, захисні окуляри, рукавички та спеціальний захист від тепла, де це необхідно.
- Проведення регулярних перевірок обладнання та систематичне обслуговування для забезпечення його надійності та безпеки в роботі.
- Розроблення та дотримання планів екстрених випадків, включаючи плани евакуації та надання першої допомоги в разі аварійних ситуацій.

Ці заходи допоможуть зменшити ризики для здоров'я та безпеки працівників, які працюють з адсорбційною установкою в середовищі вода-етанол.

Розглянемо детальніше процес впровадження заходів безпеки та гігієни праці при роботі з адсорбційною установкою в середовищі вода-етанол:

Впровадження заходів безпеки та гігієни праці:

Використання персональних захисних засобів (ПЗЗ):

- *Респіратори*: Залежно від характеру використовуваних хімічних речовин та рівня їх токсичності, працівникам можуть потрібні респіратори для захисту від інгаляції шкідливих парів або аерозолів.
- *Захисні окуляри та шоломи*: Для захисту очей від бризок рідин або частинок адсорбента, а також голови від травм при падінні об'єктів чи обрушення.
- *Рукавички та захисний одяг*: Забезпечення використання рукавичок та захисного одягу для запобігання контакту з агресивними хімічними речовинами та захисту шкіри.

Навчання та інструктажі:

- Працівники повинні отримати навчання з правил безпеки та процедур роботи з адсорбційною установкою.
- Інструктажі повинні включати правила користування ПЗЗ, процедури у разі аварійних ситуацій, правила обслуговування обладнання та інші важливі аспекти безпеки.

Регулярні перевірки та обслуговування обладнання:

- Регулярна перевірка адсорбційної установки та її компонентів на виявлення можливих дефектів, протікання, пошкоджень тощо.
- Систематичне технічне обслуговування обладнання з метою забезпечення його належної роботи та безпеки.

Моніторинг робочого середовища:

- Регулярний моніторинг рівнів шкідливих речовин у повітрі робочого приміщення та вжиття заходів для зменшення цих рівнів, якщо необхідно.
- Моніторинг температури та інших параметрів робочого середовища для запобігання негативного впливу на здоров'я працівників.

Правильне використання хімічних речовин:

- Дотримання вимог безпеки та інструкцій з використання хімічних речовин, включаючи правильне їх зберігання та відходи.

Екстрені процедури та навчання:

- Розроблення та вивчення планів дій у випадку аварійних ситуацій, включаючи процедури евакуації та надання першої допомоги.
- Проведення тренінгів та навчання працівників щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Ці заходи безпеки та гігієни праці є важливими для забезпечення безпечних умов праці при роботі з адсорбційною установкою в середовищі вода-етанол. Вони допоможуть уникнути травм та отруєнь, забезпечуючи здоров'я та безпеку працівників.

Розглянемо більш детально питання щодо управління відходами та відпрацьованими матеріалами:

Управління відходами та відпрацьованими матеріалами:

Правильна утилізація хімічних відходів:

- Всі хімічні відходи, що утворюються в процесі роботи з адсорбційною установкою, повинні бути належним чином збережені та утилізовані відповідно до вимог місцевого законодавства та нормативів щодо утилізації небезпечних відходів.
- Це може включати утилізацію хімічних розчинів, відпрацьованих адсорбентів, використаних фільтрів та інших матеріалів, які містять небезпечні речовини.

Відповідність вимогам законодавства:

- При утилізації хімічних відходів необхідно дотримуватися всіх вимог, встановлених місцевим законодавством, а також нормативами щодо утилізації небезпечних відходів та захисту довкілля.

Безпечна обробка та зберігання:

- Хімічні відходи повинні бути оброблені та збережені в безпечному режимі до їхньої подальшої утилізації. Це може включати використання спеціальних контейнерів, зберігання в окремих зонах та дотримання вимог щодо безпеки при обробці хімічних речовин.

Моніторинг та звітність:

- Важливим аспектом управління відходами є систематичний моніторинг кількості, складу та обробки хімічних відходів. Крім того, необхідно забезпечити ведення звітності щодо утилізації відходів та їх впливу на довкілля.

Ефективне управління відходами та відпрацьованими матеріалами допомагає зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечує дотримання вимог законодавства у сфері охорони довкілля.

Навчання в разі аварійних ситуацій

У разі аварійних ситуацій, таких як витік хімічних речовин або пожежа, важливо, щоб працівники були готові діяти швидко та ефективно для забезпечення безпеки себе та інших працівників. Детальне навчання та тренування щодо процедур евакуації та надання першої допомоги можуть збільшити шанси на успішний вибір імовірності та врятування життів.

План евакуації:

- Розробка плану евакуації: Кожне робоче місце повинно мати розроблений та деталізований план евакуації, який включає маршрути виходу, місця збору після евакуації та інші важливі вказівки.
- Навчання працівників: Всі працівники повинні бути ознайомлені з планом евакуації та регулярно тренуватися в його виконанні. Це може включати проведення навчальних семінарів, тренувань або пожежних зборів.

- Систематичні перевірки та оновлення: План евакуації повинен періодично переглядатися та оновлюватися відповідно до змін у робочому середовищі або законодавства.

Надання першої допомоги:

- Навчання першої допомоги: Процедури надання першої допомоги повинні бути частиною навчальної програми для всіх працівників. Це може включати навчання надання допомоги при опіках, порізах, отруєннях хімічними речовинами та інших невідкладних ситуаціях.
- Наявність необхідного обладнання: Робоче місце повинно бути обладнане необхідними засобами надання першої допомоги, такими як аптечка та засоби для виклику швидкої медичної допомоги.
- Регулярні тренування та практичні симуляції аварійних ситуацій допомагають працівникам зберегти навички надання першої допомоги та діяти ефективно в стресових умовах.
- Оновлення знань: Працівники повинні періодично оновлювати свої знання щодо надання першої допомоги, оскільки медичні протоколи та методи можуть змінюватися з часом.

Забезпечення навчання в разі аварійних ситуацій є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та мінімізації ризиків у робочому середовищі. Це допомагає забезпечити швидку реакцію та ефективну допомогу в надзвичайних ситуаціях.

Охорона довкілля

Спирт етиловий, який є основним продуктом спиртової промисловості, зазвичай містить близько 8% води. Однак під час ректифікації цей спирт не може бути повністю висушений, і процес видалення води може бути складним. Тому для отримання зневодненого етанолу з допустимим вмістом води на рівні 0,02% за об'ємом зараз часто використовуються циклогексан та синтетичні молекулярні сита.

Важливо враховувати, що циклогексан є токсичною речовиною, і встановлена допустима концентрація цього речовини у повітрі на робочому місці складає 80 мг/м³. Пари циклогексану, які утворюються в повітрі, можуть утворити вибухонебезпечну суміш.

Палаюча вода ефективно видаляє сильні спиртові забруднення, але вона є кислою і агресивною по відношенню до звичайної сталі. Об'єм ємності для палаючої води перевищує об'єм ємності для спирту в півтора-два рази, коли епуратор і спиртові колони закриті, і приблизно в чотири рази більше, коли вони відкриті.

Лугова вода (лютерна) використовується для промивання олії у лузі, гідроселекції в колонах високого спирту і епураторах, приготування зернових сумішей і заторів. Після попереднього очищення залишок лютерної води скидається в каналізаційну систему.

Стічні води, які містять органічні кислоти в припої, є також агресивними, і їх очищають за наступною схемою.

Охолоджувана вода з температурою 100–105 °С піддається процесу охолодження в теплообміннику з кожухом і трубкою до 30–35 °С і потім направляється в середню ємність, де до неї додають лужні та живильні розчини. Змішування вмісту забрудненої води здійснюється за допомогою стисненого повітря. Відпрацьована вода з рН від 7,5 до 7,8% потрапляє в аеротенк, де вона обробляється активним мулом.

Лютерна вода має вміст BSC5 від 200 до 1000 мг O₂/л. Витрата каустичної соди на сублуживання становить 0,1 кг/м³. Як живильну

речовину використовують діаммоній фосфат, який містить азот і фосфор. Витрата солі на азот, визначена співвідношенням BSC5:P у співвідношенні 100:7:1, складає 0,15 кг/м³.

Стічні води в перегінній промисловості поділяються на три основні групи:

Промислові води:

- Виникають безпосередньо в результаті використання води в технічних процесах.
- Забруднені всіма речовинами, які використовуються в технологічній діяльності певного виробництва.
- Приклади:
 - Змиви з бардопосудомийних машин.
 - Зливи з бродильних чанок.
 - Відпрацьовані розчини з колон ректифікації.

Промислові води експлуатаційних і допоміжних процесів:

- Виникають при поверхневому охолодженні технічного обладнання та електростанцій.
- Характеризуються підвищеною температурою.
- Приклади:
 - Злив з градирень.
 - Злив з оборотних систем охолодження.

Поверхневі та зливові води:

- Збираються з території підприємства.
- Можуть містити забруднення, пов'язані з діяльністю підприємства.
- Приклади:
 - Зливові води з дахів та території.
 - Тала вода.

Класифікація стічних вод важлива для їх правильного очищення. Для кожної групи стічних вод використовуються відповідні методи очищення.

Необхідно дотримуватися нормативних вимог до скидання стічних вод у водойми.

Промислова вода після гігієнічної дезінфекції приміщень, трубопроводів, машин та обладнання. Такі стічні води забруднені лугами та іншими токсичними сполуками.

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод відрізняються від біологічних методів тим, що вони не ґрунтуються на діяльності мікроорганізмів.

Основні процеси:

Сорбція:

- Видалення забруднень з води за допомогою сорбентів.
- Приклади: активоване вугілля, іонообмінні смоли.

Екстракція:

- Видалення забруднень з води за допомогою розчинників.

Коагуляція:

- З'єднання дрібних частинок забруднень у більші, які потім видаляються.
- Використання коагулянтів, таких як сульфат алюмінію або хлорид заліза.

Електрокоагуляція:

- Коагуляція за допомогою електричного струму.

Флотація:

- Видалення забруднень з води за допомогою бульбашок повітря.

Іонообмін:

- Заміна іонів у воді на інші іони.
- Використання іонообмінних смол.

Кристалізація:

- Видалення забруднень з води у формі кристалів.

Електродіаліз:

- Видалення забруднень з води за допомогою електричного струму.

Випаровування:

- Видалення води з забруднень.

Ректифікація:

- Розділення забруднень на фракції.

Мембранна технологія:

- Видалення забруднень з води за допомогою мембран.

Переваги:

- Ефективне видалення забруднень.
- Можливість вилучення цінних речовин.
- Швидкість очищення.

Недоліки:

- Висока вартість.
- Енергоємність.
- Утворення вторинних забруднень.

Застосування:

- Очищення промислових стічних вод.
- Очищення стічних вод з високим вмістом забруднень.
- Очищення стічних вод, які не можна очистити біологічними методами.

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод – це важливий інструмент для захисту довкілля. Вибір методу очищення залежить від складу стічних вод та бажаного результату. Необхідно дотримуватися нормативних вимог до скидання стічних вод у водойми.

Анаеробні бактерії відіграють ключову роль у біологічному очищенні води, оскільки їх активність може викликати неприємний запах у стічних водах. Особливо поширеним є анаеробний процес метанового бродіння у шламi, який відбувається у спеціальних закритих конструкціях, таких як метантенки зі залізобетону. Анаеробні мікроорганізми знаходять широке застосування для очищення стічних вод з високими концентраціями

забруднень (понад 1000 мг O₂/л BSC), особливо на винокурнях. Це дозволило зменшити експлуатаційні витрати на процес очищення стічних вод і створило можливість виробництва біогазу, кормових концентратів (з вітаміном B12) та органомінеральних добрив.

При використанні адсорбентів, зокрема абсорбентів, важливо не лише вирішувати проблему очищення повітря від шкідливих речовин, але й займатися утилізацією відпрацьованих сорбентів, які можуть стати джерелом вторинного забруднення навколишнього середовища. Найбільш раціональними технічними рішеннями у цьому напрямку є регенерація використаних сорбентів або їх подальше використання в технічних процесах для конкретного виробництва чи інших видів виробництва.

9. Маркетингове обґрунтування проекту

Загальна характеристика ринку

Ринок дегідратованого етанолу представляє собою динамічне середовище з високою конкуренцією і постійними технологічними змінами. Цей ринок є частиною ширшого сектора хімічної промисловості і має важливе значення для різних галузей, включаючи паливну, фармацевтичну, косметичну, харчову та інші промислові сектори.

Одним із основних факторів, які впливають на ринок, є попит на дегідратований етанол, який постійно зростає у зв'язку з розвитком сучасних технологій та змінами в економіці. Зокрема, збільшення використання етанолу в виробництві біопалива, косметики, ліків та інших продуктів сприяє росту попиту на дегідратований етанол.

На ринку спостерігається також інтенсивна конкуренція між виробниками, яка стимулює пошук нових технологій та методів виробництва. Виробники постійно шукають способи підвищення якості свого продукту, зниження витрат та збільшення ефективності процесів.

Крім того, на ринку можуть відбуватися зміни в законодавстві та регулюванні, що також впливають на діяльність виробників та споживачів. Наприклад, зміни в вимогах щодо екологічної стійкості виробництва можуть вимагати від виробників адаптації нових технологій та методів.

Узагальнюючи, ринок дегідратованого етанолу є динамічним і важливим сегментом хімічної промисловості, який постійно змінюється під впливом технологічних, економічних і законодавчих факторів. Впровадження нових типів молекулярних сит може стати стратегічним кроком для виробників у пошуку конкурентної переваги та задоволення зростаючого попиту на продукт.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>		221888.MP.45.007.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/7

Опис та характеристика товару

Нові типи молекулярних сит представляють собою інноваційний метод дегідратації етанолу, який ґрунтується на використанні спеціально розроблених синтетичних матеріалів з мікропористою структурою. Ці матеріали здатні ефективно адсорбувати молекули води, залишаючи етанол у високій ступені чистоти.

Основні характеристики нових типів молекулярних сит включають:

Висока ефективність дегідратації: Молекулярні сита забезпечують швидку та ефективну дегідратацію етанолу, що дозволяє знизити вміст води до дуже низьких рівнів, необхідних для багатьох промислових застосувань.

Висока селективність: Ці сита дозволяють селективно видаляти воду з етанолу, не впливаючи на його хімічний склад або інші властивості.

Довговічність та стабільність: Молекулярні сита мають високу механічну міцність і хімічну стабільність, що дозволяє їм ефективно працювати протягом тривалого часу без необхідності частої заміни або обслуговування.

Можливість регенерації: Деякі типи молекулярних сит можуть бути регенеровані під впливом певних умов, що дозволяє збільшити їхню експлуатаційну тривалість і знизити загальні витрати.

Системи контролю та моніторингу: Деякі сучасні молекулярні сита обладнані системами контролю та моніторингу, що дозволяють автоматизувати процес дегідратації та забезпечити стабільну якість продукту.

Враховуючи ці характеристики, нові типи молекулярних сит можуть стати ефективним інструментом для виробників етанолу, які прагнуть забезпечити високу якість свого продукту, знизити витрати виробництва та підвищити ефективність своєї діяльності.

Аналіз структури ринку

Сегментація ринку: Ринок дегідратованого етанолу може бути поділений на кілька сегментів в залежності від різноманітних факторів, таких як застосування, географічне розподілення, технологічні вимоги тощо. Наприклад, одним з сегментів можуть бути виробники біопалива, які використовують дегідратований етанол у виробництві біопалива.

Ключові гравці на ринку: Ринок дегідратованого етанолу може бути представлений як глобальними, так і місцевими гравцями. Глобальні компанії можуть мати значну ринкову частку та більші ресурси для ведення досліджень та розвитку нових продуктів, тоді як місцеві компанії можуть мати перевагу в знанні регіональних особливостей та потреб споживачів.

Ступінь конкуренції: Ринок дегідратованого етанолу може бути характеризований як висококонкурентний через наявність багатьох гравців і велику кількість альтернативних технологій дегідратації. Однак введення нових технологій, таких як нові типи молекулярних сит, може змінити динаміку конкуренції на ринку, відкривши нові можливості для компаній, які виробляють такі продукти.

Постачальники та посередники: Ринок дегідратованого етанолу може включати постачальників обладнання для дегідратації, розподільників етанолу, логістичні компанії та інших посередників, які грають важливу роль у ланцюгу постачання.

Вимоги споживачів: Різні галузі споживачів можуть мати різні вимоги до якості, ціни та екологічних параметрів дегідратованого етанолу. Наприклад, виробники біопалива можуть бути зацікавлені у дегідратованому етанолі з низьким вмістом води, щоб забезпечити ефективність процесу біопаливного виробництва.

Аналіз структури ринку допомагає зрозуміти динаміку конкуренції, потреби споживачів та можливості для введення нового продукту, такого як нові типи молекулярних сит для дегідратації етанолу, на ринок.

Огляд розвитку ринку

Тенденції росту: Ринок дегідратованого етанолу перебуває на шляху стабільного зростання через збільшення використання етанолу в різних секторах, таких як виробництво біопалива, фармацевтична промисловість, косметика, харчова та напої. Прогнозується, що зростання попиту на біопаливо та підвищення інтересу до екологічно чистих виробничих процесів сприятиме подальшому розвитку ринку.

Технологічні інновації: Швидкий темп технологічного розвитку сприяє впровадженню нових методів дегідратації етанолу. Нові типи молекулярних сит вважаються однією з перспективних технологій, оскільки вони можуть забезпечити високу ефективність та низькі витрати виробництва.

Зміна споживчого попиту: Зміна споживчого попиту може вплинути на розвиток ринку дегідратованого етанолу. Наприклад, збільшення попиту на екологічно чисті виробничі процеси може призвести до збільшення використання етанолу як відновлюваного джерела енергії.

Регулятивні зміни: Зміни в законодавстві та регулюванні, зокрема стандарти щодо екологічної стійкості та безпеки продукції, можуть вплинути на умови виробництва та споживання дегідратованого етанолу. Наприклад, строгіші вимоги щодо вмісту води у паливі можуть стимулювати попит на більш ефективні методи дегідратації.

Глобалізація ринку: Ринок дегідратованого етанолу стає все більш глобальним, з виробниками, постачальниками та споживачами по всьому світу. Це відкриває нові можливості для співпраці та розвитку нових ринків збуту.

Інноваційні додаткові можливості: Окрім основних застосувань, існують потенційні нові ринки для дегідратованого етанолу, такі як використання у виробництві біохімічних речовин, ароматизаторів, медикаментів тощо. Інноваційні технології, такі як нові типи молекулярних сит, можуть відкрити нові можливості для розвитку таких ринків.

Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Аналіз зовнішнього маркетингового середовища включає в себе ретельне вивчення та оцінку різноманітних факторів, які можуть вплинути на ринок дегідратованого етанолу та стратегію маркетингу продукту. Ось деякі аспекти, які можуть бути розглянуті більш детально:

Політичне середовище: Вивчення політичного контексту дозволить зрозуміти вплив законодавства, регулювання та політичних ризиків на ринок дегідратованого етанолу. Наприклад, зміни в законодавстві щодо енергоефективності або екологічних стандартів можуть вплинути на попит на біопаливо та відповідно на дегідратований етанол.

Економічне середовище: Оцінка економічних тенденцій, таких як тарифи на енергію, курси валют, ставки податків та інфляційні тенденції, допоможе зрозуміти економічні фактори, які можуть вплинути на витрати виробництва та споживчий попит на дегідратований етанол.

Соціокультурне середовище: Аналіз соціальних та культурних тенденцій може розкрити зміни в споживчих уподобаннях, які можуть вплинути на попит на продукт. Наприклад, зростання свідомості про екологічні питання може призвести до збільшення попиту на екологічно чисті методи виробництва, такі як використання біопалива.

Технологічне середовище: Вивчення технологічних тенденцій та інновацій допоможе оцінити нові можливості та виклики, що виникають в галузі дегідратації етанолу. Розвиток нових технологій, таких як використання нових типів молекулярних сит, може змінити динаміку конкуренції та відкрити нові можливості для ринку.

Екологічне середовище: Розуміння екологічних тенденцій та вимог щодо екологічної стійкості виробництва може вплинути на обрану стратегію маркетингу продукту. Наприклад, підкреслення екологічних переваг дегідратованого етанолу може залучити споживачів, які цінують екологічні аспекти у виробництві.

Аналіз зовнішнього маркетингового середовища дозволяє зрозуміти ширший контекст, в якому функціонує ринок дегідратованого етанолу, і визначити можливі стратегії маркетингу для успішного впровадження продукту.

Аналіз споживачів

Аналіз споживачів є ключовим етапом в розробці маркетингової стратегії, оскільки дозволяє зрозуміти потреби, уподобання та поведінку цільової аудиторії. Ось деякі аспекти, які можуть бути включені в більш детальний аналіз:

Сегментація ринку: Розбиття ринку на різні сегменти допомагає ліпше зрозуміти різноманітні потреби та характеристики споживачів. Наприклад, споживачі в галузі біопалива можуть мати інші вимоги щодо якості та ціни, ніж споживачі в харчовій промисловості.

Демографічні фактори: Розуміння вікових груп, статевого розподілу, рівня доходів, освіти та інших демографічних характеристик споживачів допомагає створити більш точний образ цільової аудиторії.

Психографічні фактори: Вивчення цінностей, інтересів, стилів життя та особистісних характеристик споживачів допомагає розуміти їхні мотивації та уподобання. Наприклад, споживачі, які приділяють велику увагу екологічним питанням, можуть віддавати перевагу екологічно чистим продуктам.

Поведінкові фактори: Вивчення споживчої поведінки, такої як звички покупця, реакція на маркетингові стимули, участь у програмах лояльності тощо, допомагає зрозуміти, які маркетингові стратегії можуть бути найбільш ефективними для взаємодії з цільовою аудиторією.

Конкурентна обстановка: Аналіз споживачів конкурентів допомагає виявити їхні сильні та слабкі сторони, а також ідентифікувати можливі ніші на ринку, які можуть бути використані для повернення цільової аудиторії.

Тенденції та інновації: Вивчення тенденцій споживання, новітніх технологій та інновацій допомагає передбачити майбутні потреби споживачів і розробити відповідні стратегії маркетингу.

Проведення детального аналізу споживачів дозволяє розробити більш ефективні маркетингові стратегії, спрямовані на задоволення потреб та уподобань цільової аудиторії.

Висновки

У рамках даного дипломного проекту було проведено дослідження використання нових типів молекулярних сит для дегідратації етанолу. За результатами проведених досліджень виявлено, що використання цих нових типів молекулярних сит в процесі дегідратації етанолу дозволяє підвищити ефективність процесу та зменшити витрати ресурсів.

Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження показав, що існуючі методи дегідратації етанолу мають свої обмеження, а впровадження нових типів молекулярних сит може стати перспективним напрямком для подальшого розвитку виробництва етанолу.

Розроблене технічне рішення включає в себе модернізацію обладнання та впровадження нових типів молекулярних сит, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для проведення процесу дегідратації етанолу.

Результати досліджень, отримані у процесі моделювання та експериментальних випробувань, свідчать про значне покращення ефективності процесу дегідратації етанолу за участю нових типів молекулярних сит.

Отже, впровадження нових типів молекулярних сит у процес дегідратації етанолу має великий потенціал для вирішення актуальних проблем у галузі виробництва етанолу та може стати ефективним шляхом підвищення ефективності та економічної вигідності цього процесу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	221888.МР.45.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Список використаних джерел

1. Ministerio de Minas y Energía 2006; Beneficios del Alcohol Carburante. <http://www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf/>. Citado Feb. 2008
2. C N Satterfield, Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice, R E Krieger Publishing Company, 1999.
3. Vaughan D E, Process for Direct Synthesis of Sodium - and Potassium - containing Zeolite A, United States Patent, August 13 de 1985. <http://patft.uspto.gov/>
4. Treybal R E, Mass Transfer Operations, 3rd Ed. Mc Graw Hill, 1980.
5. Uyazán A M, Gil I D, Aguilar A J L, Rodríguez G and Caicedo L A, Revista Ingeniería e Investigación, 2004, 56, p. 49-56.
6. Chudasama C D, Sebastian J and Jasra R V, Indian Eng Chem Res., 1997, 44, 1780-1786.
8. Han Y, Hao M, Shilin Q and Feng-Shou X, Micropor Mesopor Mater., 1996, 30, p. 321-326.
9. Abeles B, Chen L F, Johnson J W, Israel J Chem., 1991, 19, p. 99-106.
10. Alfaro S, Arruebo M, Coronas J, Menendez M and Santamaría J, Micropor Mesopor Mater., 2001, 50, p. 195-200.
11. Baltus R E, J Membr Sci., 1997, 123, 165-184.
12. Bakker W J W, Kapteijn F and Moulin J A, ALChE J., 1997, 43(9), p. 2203-2214.
13. Barrer R M, Hydrothermal Chemistry of Zeolites, Academic Press, London-New York, UK-USA, 1982.
14. Coronas Ju, Falconer J L and Noble R D, ALChE J., 1981, 27, p. 5-12.
15. Gallego-Lizon T, Edwards E, Lobiundo G and Freitas dos Santos L, J Membr Sci., 2002, 197, p. 309-319.
16. Huang C P and Rhoads E A, J Colloid Interf Sci., 1989, 131, p. 289-306.

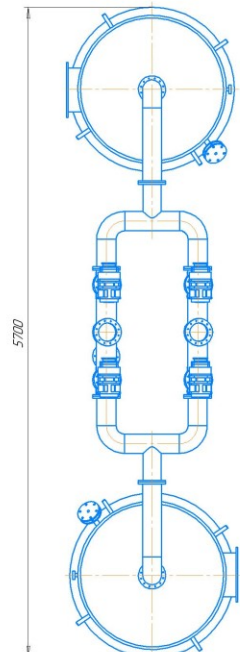
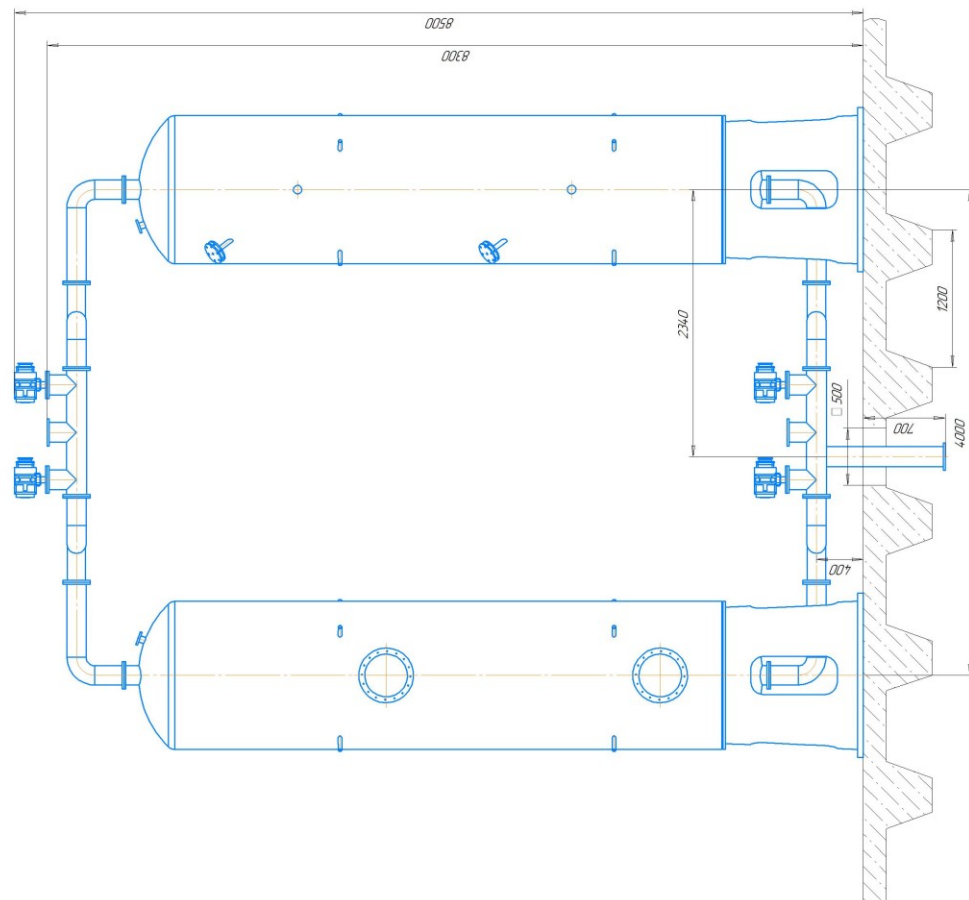
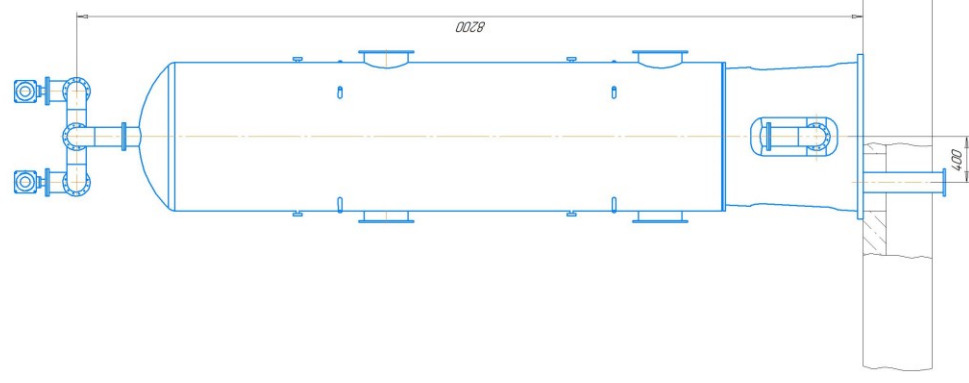
<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кушнірук С.В.	<i>Назва, додаткова назва</i>	221888.MP.45.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.	<i>Список використаних джерел</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

17. Jafar J J and Budd P M, *Micropor Mater.*, 1997, 12, p. 305-311.
18. Hans O.E. Karlsson and Gun Trägårdh *J Membr Sci.*, 1993, 76, p. 121-146.
19. Lee C C, Gorte R J and Farneth W E, *J Phys Chem B.*, 1997, 101, p. 3811-3817.
20. Li S, Tuan V A, Noble R D and Falconer J L, *Indian Eng Chem Res.*, 2001, 40, p. 1952-1959.
21. Li S, Tuan V A, Noble R D and Falconer J L, *Indian Eng Chem Res.*, 2001, 40, p. 6165-6171.
22. Myers A L and Praunitz J M, *AIChE J.*, 2002, 48, p. 145-160.
23. Myers A L and Praunitz J M, *AIChE J.*, 1965, 11, 121-130. 24. Neimark A, *Physica A.*, 1992, 191, p. 258-262.
25. Rege S U and Yang R T, *Chem Eng Sci.*, 2001, 56, p. 3781-3796.
26. Shah D, Kissick K, Ghorpade A, Hannah R and Bhattacharyya D, *J Membr Sci.*, 2000, 179, p. 185-205.

ДОДАТКИ

Технічна характеристика

- 1. Установка призначена для отримання етанолу
- 2. Продуктивність установки по абсолютному спирту, т./добу.....50
- 3. Принцип роботи.....циклічна адсорбція на молекулярних ситах (цеоліт тилу 3A)
- 4. Параметри роботи
- 4.1. Установка під тиск:
- 4.1.1. Температура, °С.....135
- 4.1.2. Тиск абсолютний, кПа.....185
- 4.1.3. Час роботи в циклі, с.....90
- 4.2. Установка під вакуум:
- 4.2.1. Температура, °С.....115
- 4.2.2. Тиск абсолютний, кПа.....13
- 4.2.3. Час роботи в циклі, с.....80
- 4.3. Тривалість десорбції, с.....210
- 5. Габаритні розміри:
- Висота, мм.....8500
- Ширина, мм.....2700
- Довжина, мм.....5700
- 6. Масса, не більше, т.....14

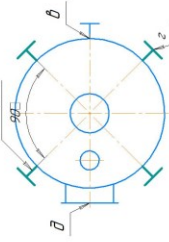


Відомості про завод	Технічне рішення	Розробник документу	Діагност	Діагност	М 115
ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ
Відомості про завод	Технічне рішення	Розробник документу	Діагност	Діагност	М 115
ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ	ІНСТ
Назва документа 221688451MF.002.0K					№ зм. Дата виходу Мова Контур

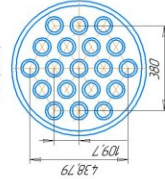
Таблиця патрідків та штирів

Позначення	Приміщення	Кількість	Укази прот. ді. мм	Укази тиск. МПа
a	Вид відно-співвідв. пари 92%	1	200	0,4
b	Вид співвідв. пари 99,9%	1	200	0,4
в	Для манометра	2	25	16
г	Для термометра	2	25	2,5
д	Лук	2	500	0,4
e	Заповнювач	1	1000	0,4

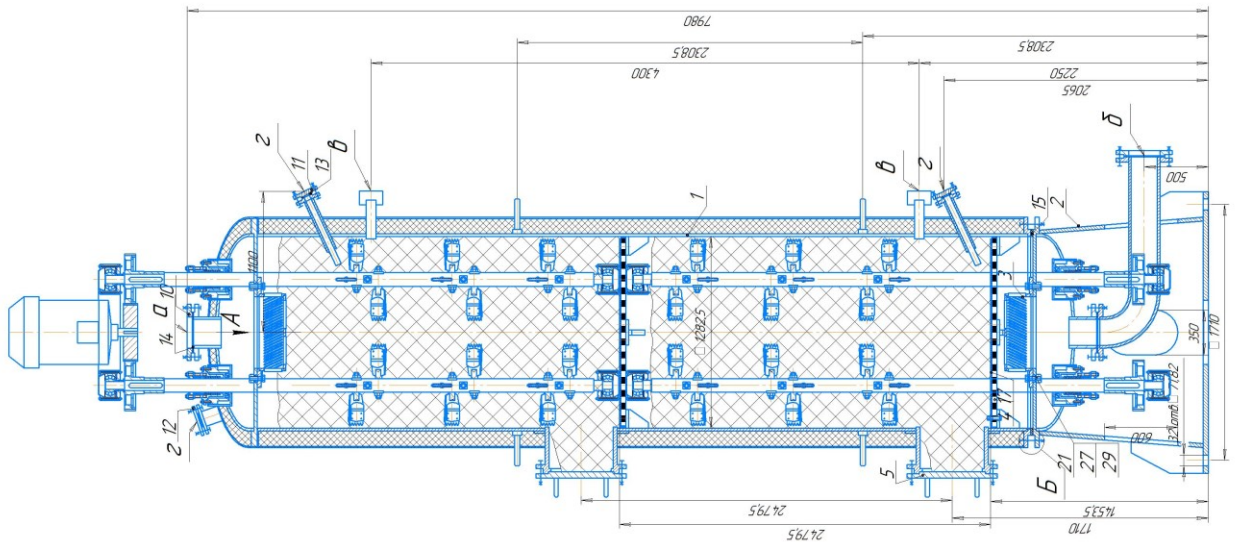
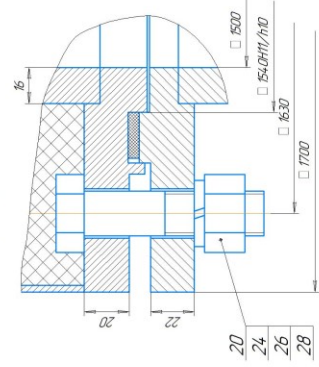
Схема розташування штирів, штирів Штири



A (110)



Б (111)



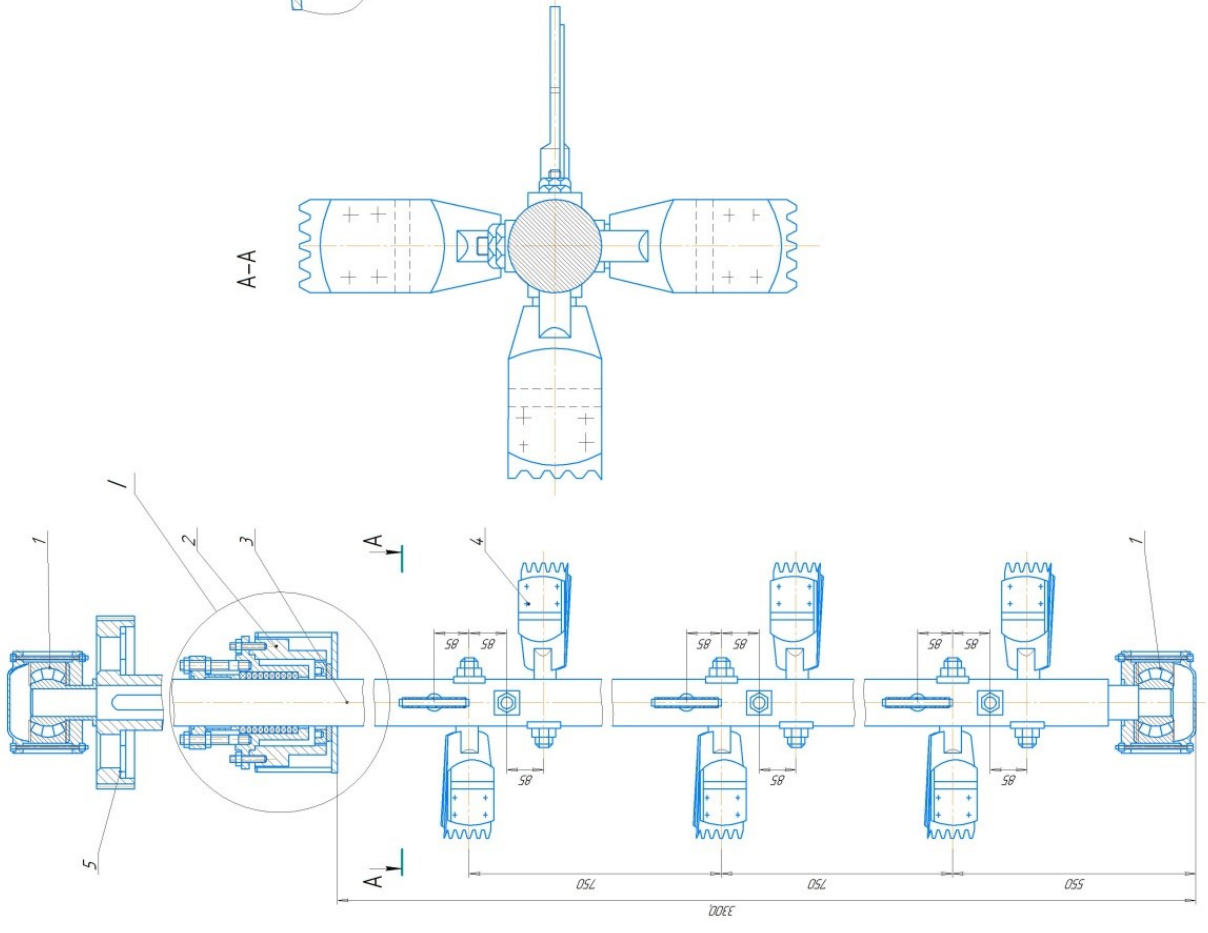
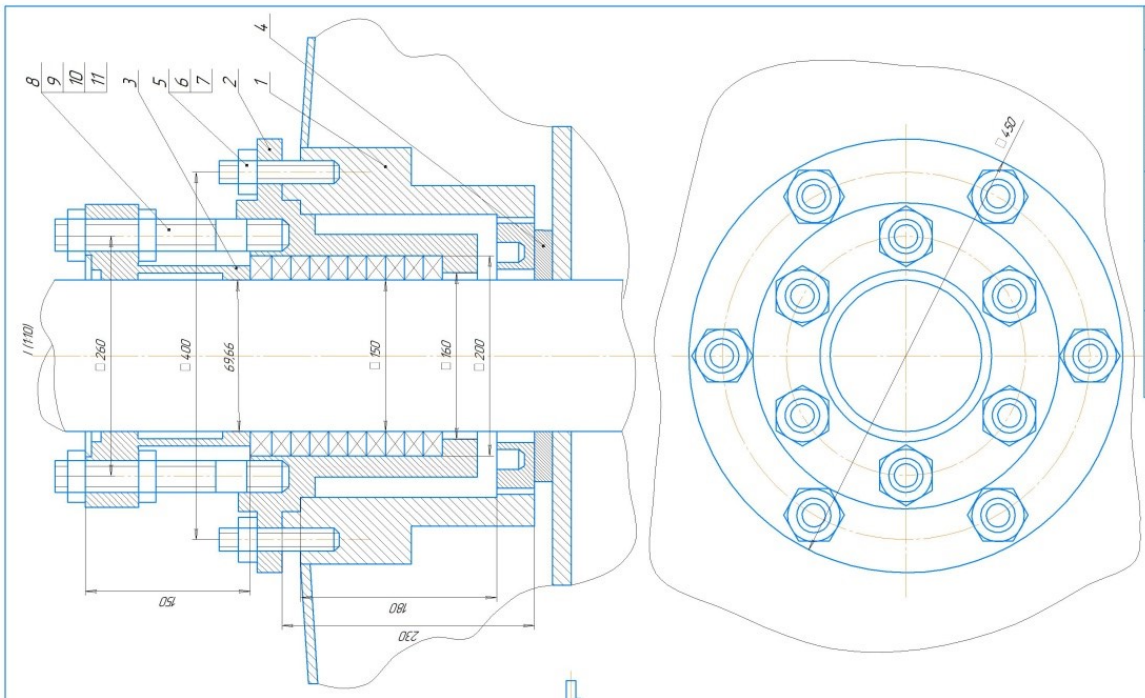
Технічна характеристика

1. Апарат призначений для розділення суміші етилового спирту-вода концентрацією 92% об.
2. Продуктивність апарату по абсолютному спирту, т./добу.....25
3. Номинальна ємність м³.....9
4. Параметри роботи:
 - 4.1 Пастаношка під тиск:
 - 4.1.1 Температура, °С.....135
 - 4.1.2 Тиск абсолютний, кПа.....185
 - 4.2 Пастаношка під вакуум:
 - 4.2.1 Температура, °С.....115
 - 4.2.2 Тиск абсолютний, кПа.....13
5. Габаритні розміри:
 - Висота, мм.....7980
 - Макс. діаметр, мм.....2700
 - Маса, не більше т.....5

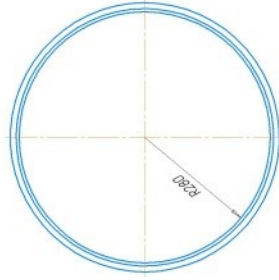
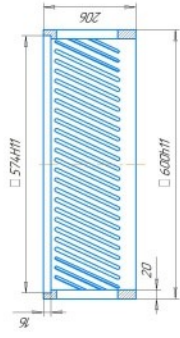
Технічні вимоги

1. При виготовленні, випробуванні та поставці апарату повинні виконуватись наступні вимоги:
 - a1 ГОСТ 12.2.003-74 "Оборудование производственное общепромышленное"
 - a2 ГОСТ 26.291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования"
 - a3 Контакт при зварюванні легуючої сталі з конструкційною нержавіючою
2. Апарат випробуваний на міцність та щільність гідролічно в горючовипалючому положенні тиском 4,00 МПа, в вертикальному положенні - наливом.
3. Зварні шви повинні відповідати вимогам ГОСТ 26-01-82-77 "Сварка в химическом машиностроении".
4. Зварні шви в об'ємі 100% контролюються рентгенопробним методом.
5. Дієсне розташування штирів, луків, штирів див. на схемі.

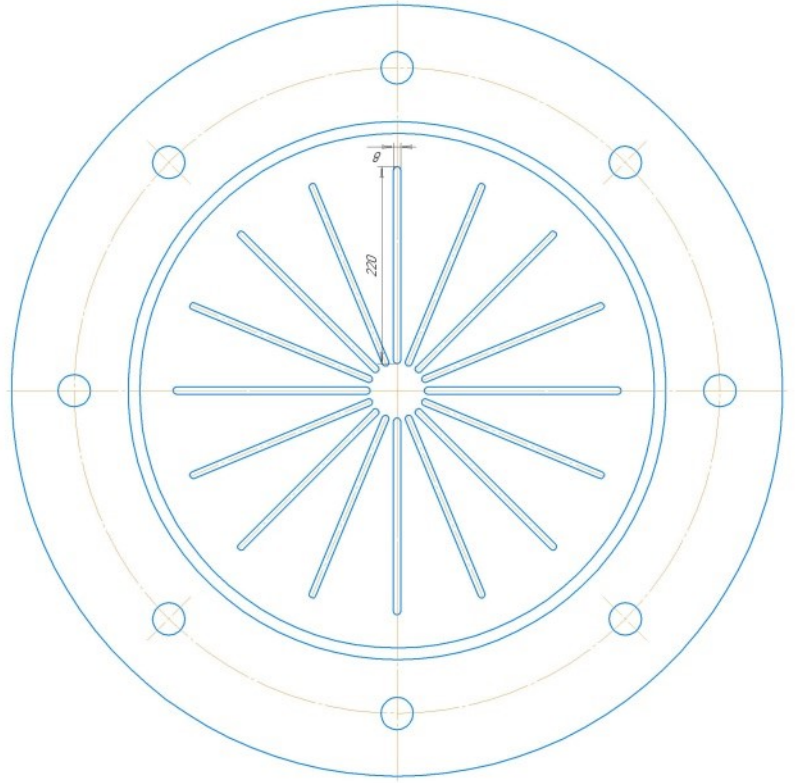
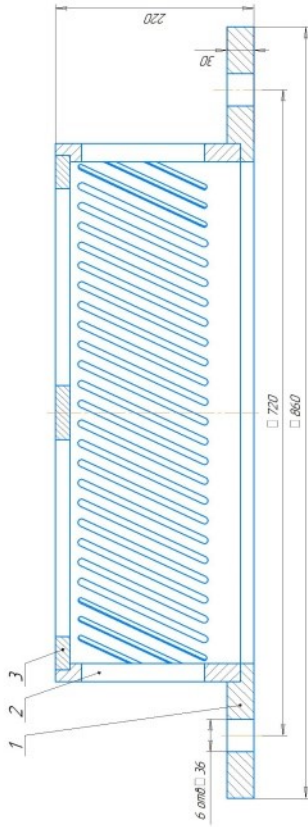
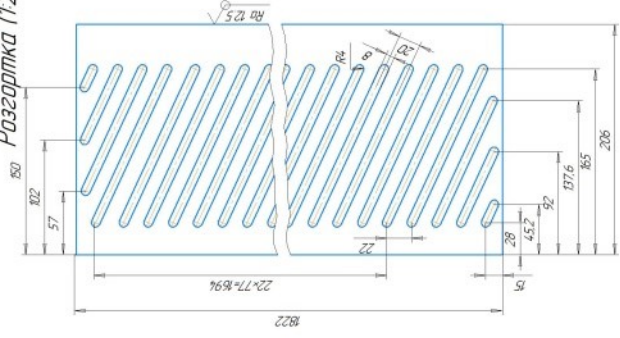
Відомості про завод	Технічна характеристика	Розробник	Державне підприємство	М 15
НАХТ	НАХТ	Александр СЕ	ГОСНДІ	
Відомості про апарат	Вид апарату	Сфера застосування		
НАХТ	НАХТ	Спирт-водна суміш		
Назва апарату	Модель	Назва документа	№ зм.	Дата виходу
2218881-МР-45001-3В	Александр			Моно



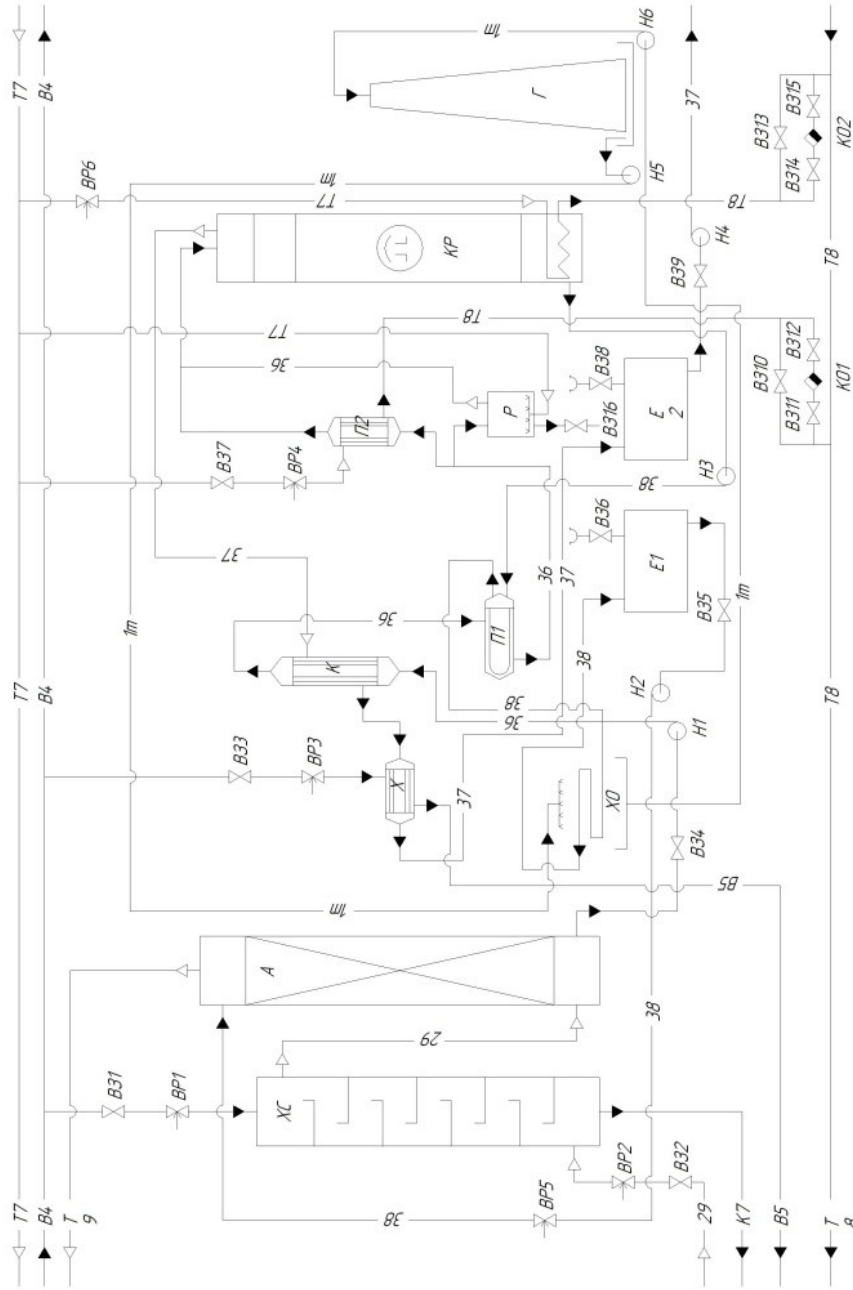
Исполнитель: АНАТ	Проверка: АНАТ	Курс: 507	Группа: 011	Дисциплина: М 15
Вид документа: АНАТ	Спецификация: АНАТ	Исполнитель: АНАТ	Проверка: АНАТ	Деталь: АНАТ
Имя файла: АНАТ	Имя папки: АНАТ	Имя проекта: АНАТ	Имя пользователя: АНАТ	Имя компьютера: АНАТ



Розгортка (12)



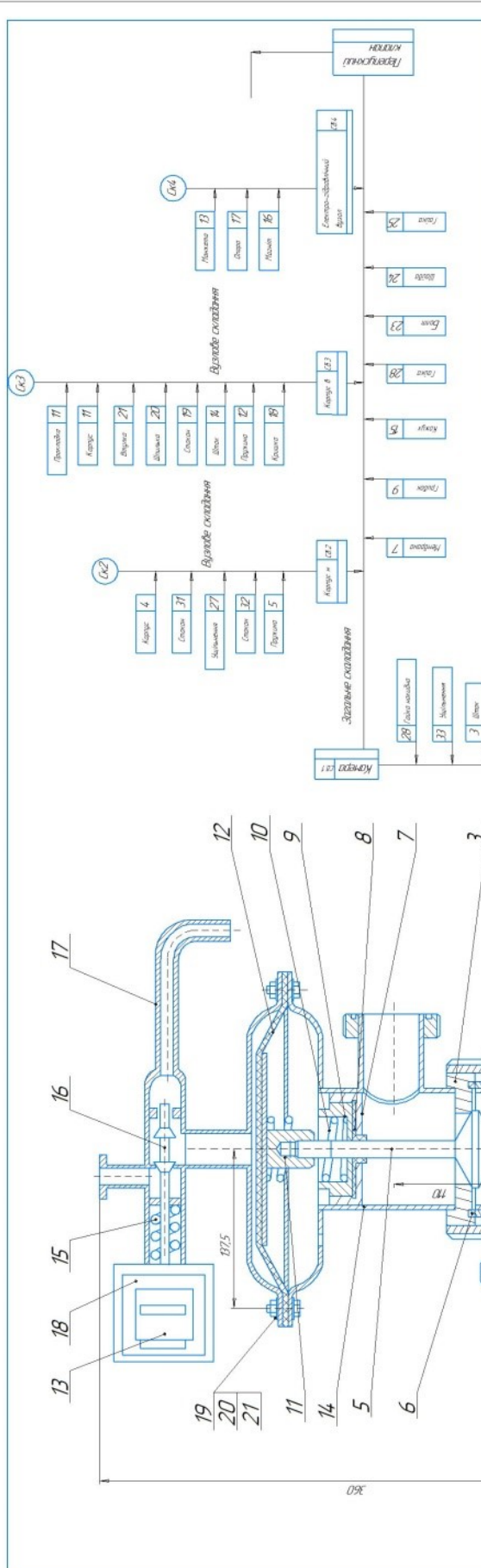
Виробник	ASAT	Матеріал	ASAT	М 15
Виробничий номер	ASAT	Категорія	Категорія СБ	112
Вид документа	Специфікація	Сторінка	1 з 1	
Назва документа	ASAT	Дата виходу	27.08.2019	
Розробник		Перевірив		
Проєктант		Відомий		
Відомий		Відомий		
Відомий		Відомий		



Укоче позначення	Назначення середовища в трубопроводах
Будів	Горючий
---В4---	Вода забарвлена (підвін)
---Вп---	Вода тепла
---Т7---	Пар
---Т8---	Конденсат
---Т9---	Очищене повітря
---29---	Паропилова струмі
---К7---	Консоліація
---36---	Струм атомогену з лавдро
---37---	Електро
---38---	Вода
---Б5---	Вода забарвлена (підвіннена)

Познач	Назначення	Кол	Вид
А	Абсорбер	1	Т
К	Кондильний змивочник	1	Т
Х	Кондильник	1	Т
К0	Кондильний змивочний	1	Т
КР	Контроль регуляційний	1	Т
Г	Гравіація	1	Т
Р	Регенератор	1	Т
П1-2	Підвін	2	Т
Е1-2	Екста	2	Т
К	Кондильник	1	Т
Н1-6	Насос	6	Т
Б31-16	Вентиль запорний	16	Т
ВР1-6	Вентиль регуляційний	6	Т
К01-2	Кондильний	2	Т

Видання документа	Титул документа	Формат документа	Датум затвердження	В/Н
НСХТ	НСХТ	А4	27.08.2019	1
Вид документа	Складовий елемент	Сторінка документа		
НСХТ	НСХТ	1		
Назва документа	27.08.2019	1		
Сторінка документа	1			
Чис. аркуша	1			
Всього аркушів	1			



№ детали	№ детали, эскиз детали
1 Корпус	1 Корпус
2 Гайка накладка	21 Чистящая щетка
3 Шпилька	22 Деталь
4 Болт	23 Болт
5 Шпилька	24 Болт
6 Болт	25 Болт
7 Болт	26 Болт
8 Болт	27 Болт
9 Болт	28 Болт
10 Болт	29 Болт
11 Болт	30 Болт
12 Болт	31 Болт
13 Болт	32 Болт
14 Болт	33 Болт
15 Болт	34 Болт
16 Болт	35 Болт
17 Болт	36 Болт
18 Болт	37 Болт
19 Болт	38 Болт
20 Болт	39 Болт
21 Болт	40 Болт

№ детали	№ детали, эскиз детали
1 Корпус	1 Корпус
2 Гайка накладка	21 Чистящая щетка
3 Шпилька	22 Деталь
4 Болт	23 Болт
5 Шпилька	24 Болт
6 Болт	25 Болт
7 Болт	26 Болт
8 Болт	27 Болт
9 Болт	28 Болт
10 Болт	29 Болт
11 Болт	30 Болт
12 Болт	31 Болт
13 Болт	32 Болт
14 Болт	33 Болт
15 Болт	34 Болт
16 Болт	35 Болт
17 Болт	36 Болт
18 Болт	37 Болт
19 Болт	38 Болт
20 Болт	39 Болт
21 Болт	40 Болт

№ детали	Наименование	К-сть. деталей
1	Корпус	1
2	Гайка накладка	1
3	Гайка	1
4	Шпилька	1
5	Болт	1
6	Шпилька	1
7	Болт	1
8	Болт	1
9	Болт	1
10	Болт	1
11	Болт	1
12	Болт	1
13	Болт	1
14	Болт	1
15	Болт	1
16	Болт	1
17	Болт	1
18	Болт	1
19	Болт	1
20	Болт	1
21	Болт	1

№ детали	Наименование	К-сть. деталей
1	Корпус	1
2	Гайка накладка	1
3	Гайка	1
4	Шпилька	1
5	Болт	1
6	Шпилька	1
7	Болт	1
8	Болт	1
9	Болт	1
10	Болт	1
11	Болт	1
12	Болт	1
13	Болт	1
14	Болт	1
15	Болт	1
16	Болт	1
17	Болт	1
18	Болт	1
19	Болт	1
20	Болт	1
21	Болт	1

№ документа	ИЗМ
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018

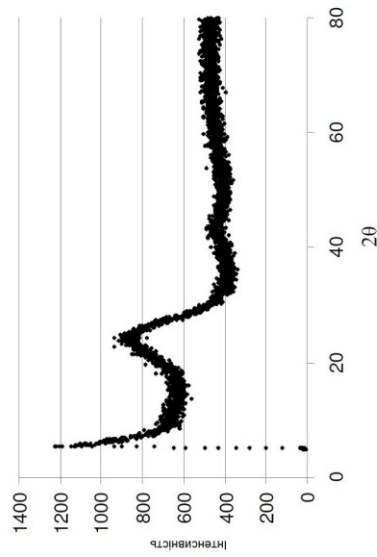
№ детали	ИЗМ
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018

№ детали	ИЗМ
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018

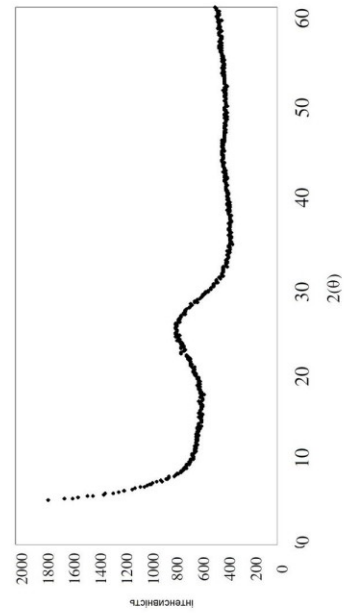
№ детали	ИЗМ
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018
Исполнитель	И.И.И.
Проверенный	И.И.И.
Утвержденный	И.И.И.
Дата утверждения	22.08.2018

Номер зразка	Мольний склад сумішей					Промотор Qt. (г)
	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	H ₂ O	K ₂ O	
1	1,6	1	2	60	0,4	-
2	0,58	1	2	60	1,43	-
3	2,56	1	2	32,45	-	10
4	2,56	1	2	32,45	-	10
5	2,56	1	2	32,45	-	10
6	2,38	1	1,5	29,49	-	10
7	2,75	1	2,5	35,41	-	10
8	2,56	1	2	32,45	-	5
9	2,56	1	2	32,84	-	15

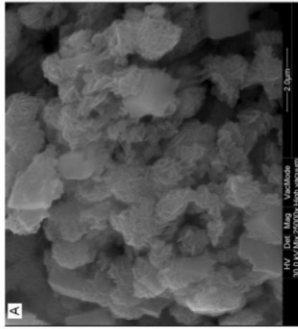
Склад підготовлених реакційних сумішей для молекулярних сит



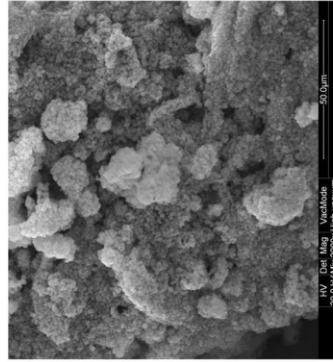
Дифрактограма рентгенівських променів зразка 1



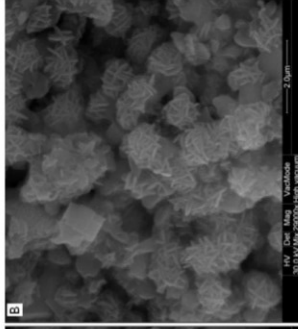
Дифрактограма рентгенівських променів зразка 2



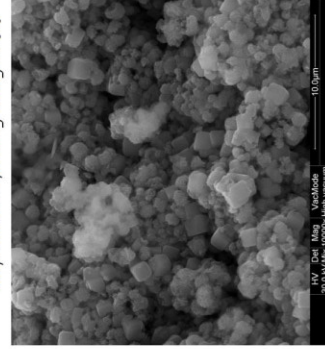
Сканиюча електронна мікроскопія отриманого сита А. Збільшення 25000X.



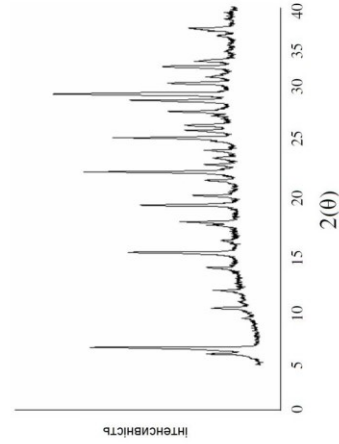
Сканиюча електронна мікроскопія отриманого з зразка 3 (Збільшення 2000X)



Теоретична сканиюча електронна мікроскопія цеоліту тилу-А (18).



Сканиюча електронна мікроскопія отриманого сита (Збільшення 10000X).



Дифрактограма рентгенівських променів зразка 3

Назва зразка	№ зразка	Дата виміру	Місце
Сканиюча електронна мікроскопія	270620	19.05.2020	Львів
Висота зразка	№ зразка	Дата виміру	Місце
НХТ	270620	19.05.2020	Львів
Висота зразка	№ зразка	Дата виміру	Місце
НХТ	270620	19.05.2020	Львів

