

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

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

« ___ » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олександр Гавва
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв

на тему: Модернізація адсорбера об'ємом 9 м³ для зневоднення водно-
спиртових розчинів

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-9ск

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

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

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

_____ (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) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2022р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
 Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
 Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
 Освітній ступінь бакалавр
 Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
 (код і назва)
 Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
 (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Олександр Гавва

“ ” 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кушнірука Сергія Валентиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація адсорбера об'ємом 9 м³ для зневоднення водно-спиртових розчинів
- керівник роботи Чепелюк Олена Олександрівна, доцент, к.т.н.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом закл. вищої осв. від “31” березня 2021 року № 167-кс
2. Строк подання здобувачем роботи 31 травня 2022 р.
3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень процесу зневоднення, техніко-економічне обґрунтування, опис будови та принцип дії обладнання; вибір конструкційних матеріалів, розрахункова частина, ремонт, монтаж та експлуатація, технологічний маршрут виготовлення деталі, схема автоматизації зневоднення спирту, техніка безпеки і охорона праці, охорона навколишнього природного середовища, висновки, список використаної літератури, додатки
5. Перелік графічного матеріалу Установка для отримання етанолу – 1 лист А1, адсорбер – 1 лист А1, перемішувачий пристрій – 1 лист А1, розподілюючий пристрій – 1 лист А1, технологічний маршрут виготовлення деталі – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання 31 березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>03.04.22</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>06.04.22</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень процесу зневоднення</i>	<i>10.04.22</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко – економічне, соціальне обґрунтування</i>	<i>13.04.22</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Опис будови та принцип дії обладнання.</i>	<i>18.04.22</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>21.04.22</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Розрахункова частина</i>	<i>03.05.22</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Ремонт, монтаж та експлуатація</i>	<i>10.05.22</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>18.05.22</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Схема автоматизації зневоднення спирту</i>	<i>22.05.22</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Техніка безпеки і охорона праці</i>	<i>26.05.22</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Охорона навколишнього природного середовища</i>	<i>28.05.22</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Висновки</i>	<i>29.05.22</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Список використаної літератури</i>	<i>30.05.22</i>	<i>Виконано</i>
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	<i>28.05.22</i>	<i>Виконано</i>
16	<i>Подача КР на кафедру</i>	<i>31.05.22</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сергій Кушнірук

(ім'я, прізвище)

Олена Челюк

(ім'я, прізвище)

Анотація

Дипломний проект на тему „Модернізація адсорбера ємністю 9 м³ для розділення суміші етиловий спирт – вода”.

Під час виконання проекту було наведено сучасний стан спиртової галузі, проведений аналіз існуючого обладнання для реалізації процесу адсорбції. Проведено розрахунки, викладені основні вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту обладнання. Висвітлені питання автоматизації, техніки безпеки та охорони навколишнього середовища.

Для інтенсифікації процесу розділення спиртової суміші запропоновано встановити в адсорбері перемішуючий пристрій, призначення якого – збільшити ефективність контакту фаз. Запропоновані заходи забезпечують інтенсифікацію процесу розділення спиртової суміші; покращиться якість вихідного продукту та збільшиться продуктивність виробництва спирту етилового.

Дипломний проект складається з 89 аркушів пояснювальної записки та 5 листів креслень формату А1.

Ключові слова: етиловий спирт, адсорбер, цеоліт, перемішуючий пристрій, інтенсифікація.

Annotation

Diploma project on "Modernization of the adsorber with a capacity of 9 m³ to separate the mixture of ethyl alcohol - water".

During the project implementation the current state of the alcohol industry was presented, the analysis of the existing equipment for the implementation of the adsorption process was carried out. Calculations have been made, the basic requirements for installation, operation and repair of equipment have been set out. Issues of automation, safety and environmental protection are covered.

To intensify the process of separation of the alcohol mixture, it is proposed to install a stirring device in the adsorber, the purpose of which is to increase the efficiency of phase contact. The proposed measures provide intensification of the process of separation of the alcohol mixture; the quality of the initial product will improve and the productivity of ethyl alcohol production will increase.

The diploma project consists of 89 sheets of explanatory note and 5 sheets of drawings in A1 format.

Key words: *Ethanol, adsorber, zeolite, mixing device, intensification.*

Зміст

Вступ.....	7
1. Аналіз конструктивних рішень процесу адсорбції.....	9
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.....	23
3. Опис апаратурно–технологічної схеми.....	26
4. Розрахункова частина.....	28
5. Технологія виготовлення зубчатого колеса приводу.....	47
6. Монтаж, ремонт, експлуатація обладнання.....	62
7. Схема автоматизації зневоднення спирту.....	68
8. Техніка безпеки і охорона праці.....	71
9. Охорона навколишнього природного середовища.....	74
Висновки.....	78
Список використаної літератури.....	79
Додатки.....	81

<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> Зміст	200387.ДП.31.000.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 даний час від стану енергетичної галузі країни значною мірою залежить економіка та добробут громадян. Для України дуже важливим є вирішення проблеми різкого зростання ціни на енергоносії та питання енергетичної залежності від іноземних постачальників. Кожна європейська країна намагається зробити свою енергетику збалансованою щодо сталого розвитку та конкурентоспроможною.

Як відомо, Україна забезпечена лише на 10-12% власними енергетичними ресурсами, тому розвиток біопалива (зокрема біоетанолу) є важливою складовою розвитку енергобезпеки держави. Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання виробництва бензинів моторних сумішевих» передбачено поступове нарощування потужностей із виробництва біоетанолу з обов'язковим додаванням його до моторного палива, починаючи з 2,0%, у 2008 році до 5,0% 2010 року [1].

Етанол називають біоетанолом, якщо він виготовлений з біогенної сировини. Біоетанол може використовуватися як біопаливо, як добавка до бензину для двигунів із іскровим запалюванням або для подальшої хімічної обробки. Раніше його виробляли в основному з цукру і крохмалистих злаків, а також з біомаси на основі лігноцелюлози (БКБ).

Біоетанол є високоефективним паливом з октановим числом 108 (за методом випробування), зменшує забруднення від двигунів транспортних засобів, є відновлюваним ресурсом, майже нейтральний як джерело парникових газів, знижує токсичність вихлопних газів і робить не забруднюють природні водні системи.

<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> Вступ	200387.ДП.31.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 3/2

Технологія виробництва біоетанолу схожа на звичайне виробництво питного спирту, хоча має ряд особливостей. Одна з них полягає в тому, що для отримання біоетанолу як палива необхідно подальше зневоднення продукту. Найбільш прогресивними процесами для дегідратації етанолу є мембранне зневоднення та адсорбція на молекулярних ситах, які зазвичай базуються на використанні цеолітів. Зневоднення на молекулярних ситах є найбільш широко використовуваним процесом у світі, а процес мембранного зневоднення є домінуючим, оскільки обладнання, яке використовується, є простим, ефективним та екологічно чистим.

На сьогоднішній день недостатньо досліджено зневоднення сумішей етанол-вода з вмістом етанолу 95 %.

Відомо, що процес зневоднення етанолу на молекулярних ситах – цеолітах – можна розділити на етапи: сорбція речовини через поверхню сита, дифузія речовини через сито і поглинання молекул речовини, більших за розмір пор, десорбція з іншого боку екрана речовини з молекулами, більшими за розмір пор. Процес адсорбції обмежений тривалістю ковзання.

Найбільш широко використовуваним і ефективним молекулярним ситом для зневоднення етанолу є синтетичний цеоліт NaX (k) з розміром вхідного вікна 9 Å.

Коефіцієнт дифузії води в цеолітних сферах $15,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с, питома адсорбційна здатність цеоліту за даних умов 0,28 г/г, коефіцієнт заповнення порожнини 0,19, еквівалентний діаметр цеолітної сфери становить 0,004 м, а структурна константа цеоліту $5,5 \cdot 10^{-6}$ К-2.

1. Аналіз конструктивних рішень процесу адсорбції

Сорбція — це процес, за допомогою якого газу, пари або розчинники з газу чи сумішей рідин поглинаються рідиною, твердою поверхнею або поверхнею поділу фаз. Абсорбенти називаються сорбентами, а абсорбери — сорбентами. Характерною особливістю сорбентів є їх вибірковість, тобто їх здатність селективно поглинати лише окремі компоненти, що дає можливість підбирати сорбенти для обробки різних сумішей або вловлювати з них потрібні речовини.

У харчовій промисловості використовуються наступні процеси сорбції.

Абсорбція — це процес поглинання певного компонента (або групи близькоспоріднених компонентів) у суміші газів або парів у всьому об'ємі рідкого абсорбенту. При поглинанні газу і рідини обидві фази рухливі, і за певних гідродинамічних умов для руху двох фаз, а також за подальшого впливу градієнтів температури і концентрації на межі фаз може виникнути турбулентність на межі розділу, що прискорює перенесення речовин.

Адсорбція — це поглинання конкретного компонента з газової суміші або розчину поверхні твердого тіла — адсорбенту. Коли два або більше компонентів адсорбуються із суміші, вони конкурують за місце в сорбенті, що призводить до того, що молекули з більш сильним силовим полем витісняють молекули з більш слабким полем і займають їх місце. Іонообмін означає, що певні іони з розчинів електrolітів поглинаються і обмінюються на однойменні іони в поверхневому шарі твердого сорбенту — іоніту. Іонообмінні процеси можна назвати іонною адсорбцією.

<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> Аналіз конструктивних рішень	200387.ДП.31.001.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/14

Велика площа поверхні адсорбентів створюється пористістю.

Якщо під час сорбції між сорбентом і сорбентом немає хімічних реакцій, перехід речовини з однієї фази в іншу відбувається до тих пір, поки концентрація перенесеного компонента в першій фазі перевищує рівноважне значення, що відповідає концентрації у другій фазі. фаза. Змінюючи параметри системи, можна досягти стану, коли процес йде у зворотному напрямку, тобто. виділяється раніше адсорбована речовина (десорбція).

Десорбція — це процес, при якому поглинута речовина вивільняється з речовини сорбенту, що є протилежним сорбції. У техніці десорбція протилежна абсорбції та адсорбції. Регенерація абсорбентів шляхом вивільнення абсорбованої речовини називається регенерацією.

За допомогою циклів сорбції та десорбції, тобто. шляхом послідовних процесів сорбції, десорбції та резорбції тощо сорбенти можна використовувати кілька разів і знизити витрати виробництва. Цикли адсорбції та адсорбції-десорбції, як правило, не є ізотермічними і здійснюються шляхом зміни температури системи, а іноді й тиску в системі. Цикли іонсорбції та регенерації часто бувають ізотермічними і контролюються зміною рН (кислотно-основних властивостей) середовища.

Хемосорбція — це процес сорбції, при якому поглинання речовини супроводжується хімічною реакцією. Цей процес незворотний, і абсорбент не підлягає переробці. Іноді хімічні зв'язки можуть бути слабкими, а хімічні сполуки – нестабільними, і дуже важко провести чітке розмежування між хімічною та фізичною сорбцією.

З класичної термодинаміки відомо, що зворотні процеси є оптимальними з точки зору споживання енергії та зниження деградації навколишнього середовища через відходи виробництва. Тому процесів хемосорбції слід уникати, наскільки це можливо, і замінювати їх зворотними процесами.

Процеси абсорбції та десорбції найбільш економічні. Процеси адсорбції та іонного обміну вимагають більших витрат і виконуються, коли кількість речовини, що поглинається, відносно невелика. Хемосорбція є одним з найдорожчих процесів і в основному використовується, коли цільовий компонент неможливо виділити іншими методами (наприклад, якщо цінний метал потрібно витягти з розчину, його можна спочатку «поглинути» іоносорбентом, а потім сорбентом спалюється для ізоляції металу).

Сорбційні процеси широко використовуються в харчовій промисловості. Прикладами промислового застосування абсорбції є процес уловлювання парів спирту з газів бродіння у виробництві спирту та вина: насичення вуглекислим газом у воді, пиві та інших напоях, збагачення киснем дріжджів та мікробних середовищ для росту. води у виробництві крохмалю.

Прикладами десорбції є дегазація живильної води до парових котлів, відділення аміаку від конденсату з випарників у цукровій промисловості, дезодорація в олійно-жировій промисловості, що означає видалення летких речовин, які надають харчовим жирам і маслам небажаний запах і смак. від них.

Явище адсорбції використовується в процесах очищення дифузійного соку і сиропу у виробництві цукрових буряків, очищення (освітлення) і стабілізації вина, освітлення соку в консервній промисловості, рафінації рослинної олії, очищення спиртових і водно-спиртових сумішей у алкогольній промисловості.

Складні процеси сорбції пов'язані з утворенням аромату та подовженим терміном зберігання. Ці процеси відбуваються шляхом копчення м'ясних та рибних продуктів, замішування тіста та випікання хліба, приготування напоїв та варень.

Процеси іонного обміну, як правило, організовуються в циклах замішування. Це явище використовується для пом'якшення води, призначеної для виробництва безалкогольних і алкогольних напоїв, а також для очищення виноматеріалів, оскільки смакове багатство цих продуктів покращується при зниженні іонного вмісту магнію, міді, заліза тощо. Цукрова промисловість очищає таким чином соки та сиропи, а молочна — очищає молоко від іонів кальцію, щоб його можна було використовувати для годування немовлят.

Хемосорбція використовується для очищення цукрового соку і сиропу від білкових компонентів і барвників. Коли вуглекислий газ проходить через цукровий сік, оброблений вапняним молоком, вуглекислий газ хемосорбується і утворює нерозчинний карбонат кальцію, на поверхні якого молекули адсорбують частину нектару з розчину. Весь цей процес називається насиченням.

Слід зазначити, що майже всі харчові продукти мають більш-менш сорбційні властивості і чутливі до обмінних процесів з навколишнім середовищем, що призводить до зміни їх початкових властивостей і виникнення небажаних запахів і солодоці. Щоб обмежити наслідки таких явищ, продукти герметично закривають і зберігають у спеціальних умовах, без ароматизаторів.

Адсорбенти

Це капілярні пористі речовини з розвиненою поверхнею, здатні поглинати та утримувати певні компоненти з навколишнього середовища. Адсорбція визначається силами молекулярного притягання. В об'ємі твердого тіла ці сили врівноважують одна одну. На поверхні тіла на молекули діють некомпенсовані сили, які притягують і утримують з навколишнього середовища молекули інших речовин.

Нескомпенсовані сили спрямовані всередину і на поверхні твердих тіл викликають поверхневий натяг. Адсорбція молекул інших речовин на поверхні твердого тіла частково компенсує поверхневі сили і зменшує поверхневий натяг, тобто. вільна поверхнева енергія системи. Вивільнення частини поверхневої енергії викликає тепловий ефект, тому процеси адсорбції є екзотермічними.

Адсорбенти — тверді дрібнозернисті матеріали, що мають розвинену пористу структуру, виражену селективність і високу адсорбційну здатність (активність). Активність відноситься до кількості адсорбенту, поглиненого на одиницю площі (або маси) адсорбенту. Адсорбенти повинні бути недорогими, механічно міцними, не повинні вступати в хімічну реакцію з речовинами, що поглинаються, і повинні мати можливість багаторазової регенерації без погіршення або втрати їх властивостей.

Активність і селективність адсорбентів залежить від типу і структури адсорбенту та молекул адсорбенту. Активність також залежить від питомої поверхні адсорбенту (площа на одиницю ваги) та умов процесу: вона зростає зі зниженням температури, збільшенням тиску газу в системі та концентрації цільових компонентів у суміші.

Пори сорбенту з розвиненою поверхнею повинні бути тонкими і контактувати один з одним і зовнішнім середовищем. Пори адсорбенту за розміром поділяються на три типи: макропори, перехідні пори та мікропори.

Макропори мають ефективний радіус більше $0,2 \cdot 10^{-6}$ м і в основному служать для транспортування речовин у менші пори.

Перехідні пори мають ефективні радіуси від $1,5 \cdot 10^{-9}$ до $0,2 \cdot 10^{-6}$ м. Питома поверхня становить $(10 \dots 400) \cdot 10^3$ м²/кг. У перехідних порах адсорбенту відбувається адсорбція і часткова капілярна конденсація, що спостерігається, коли область з нескомпенсованими поверхневими силовими полями поширюється на весь об'єм пор. Під впливом цих сил у порах

сорбенту утворюється рідка фаза з тиском, меншим за тиск насиченої пари рідини над вільною поверхнею при даній температурі.

Мікропори мають радіус 0,5 1,5 нм, що відповідає розміру іонів і адсорбованих молекул. Загальний об'єм мікропор не перевищує 0,5 см³/год. При насиченні адсорбенту мікропори повністю заповнюються цільовим компонентом. Якщо радіус мікропор менше 0,5 нм, сорбент зазвичай називають іонообмінною смолою.

Адсорбентами можуть бути кристалічні речовини та висушені гелі. Гелі утворюються шляхом концентрування колоїдних розчинів, де колоїдні частинки з'єднуються, взаємодіють і утворюють досить стійкі просторові структури – мережі. Висушені гелі мають ділянки з некомпенсованими полями і мають здатність адсорбувати гази і пари, а також набухати при зануренні в рідину або її пари - тим більш гнучка гелева мережа.

Силікагелі та гелі оксиду алюмінію отримують термічною та хімічною обробкою кремнезему та гідроксиду алюмінію відповідно. Силікагель зазвичай використовується для сушіння газу. Силікагелі мають такі переваги: низька температура десорбції (100...200 °С), негорючість, довговічність і низька вартість.

Алюмінієві гелі мають схожі властивості, але їх активність трохи нижча, ніж кремнієві.

Активоване вугілля отримують з різних видів органічної сировини (вугілля, деревина, тирса, шкіра, папір, відходи м'ясної промисловості) шляхом сухої перегонки з подальшою активацією паром або хімічними реагентами, що надає матеріалу тонкої структури. Питома поверхня різних видів активованого вугілля коливається від 600 ... 1700 м²/г, об'єм пор 0,3 ... 0,6 см³/г, насипна маса 380 ... 600 кг/м³. Застосовується у вигляді гранул розміром 1 ... 7 мм або порошку з розміром частинок не менше 0,15 мм.

Активоване вугілля має неправильну пористу структуру і може адсорбувати речовини з різною молекулярною масою. Має досить високу адсорбційну здатність і добре регенерується, а це означає, що його можна використовувати кілька разів, але активоване вугілля є одним з найдорожчих сорбентів. Недоліком цього матеріалу є те, що він легкозаймистий на повітрі (займається при 300 °С).

Цеоліти є найбільш цікавими природними і синтетичними сорбентами з тонкими порами в кристалічній структурі. Адсорбенти однієї і тієї ж речовини з однаковою питомою поверхнею можуть відрізнитися за своїми адсорбційними властивостями залежно від типу пористості, яку вони мають. Зі зменшенням діаметра пір кількість речовини, що адсорбується, може значно зменшитися і навіть стати нульовою, оскільки тонкі пори можуть бути недоступні для великих молекул.

Цеоліти - це адсорбенти з дуже тонкими порами, розмір яких пропорційний розміру молекул і діють як молекулярні сита, що використовуються для поділу розмірів. У сухому стані цеоліти використовуються як адсорбенти, які поглинають асиметричні молекули (H_2O , CO_2) і молекули органічних речовин з кількома зв'язками (етилен, ацетилен та ін.) з газової фази (парової фази).

Коли цеоліти знаходяться у воді, вони набухають і утворюють особливу псевдофазу з властивостями, сприятливими для процесів іонного обміну і діють як іоніти. Адсорбенти є твердими пористими речовинами та іонообмінниками, хоча зовні вони виглядають твердими, але завдяки своїм фізико-хімічним властивостям у набряклому стані утворюють специфічну псевдофазу, яка водночас характеризується властивостями твердих тіл і рідин.

Ізотерми адсорбції на рис.1.1 показані в координатах p - x , де p - парціальний тиск компонента в газовій фазі, пропорційний його концентрації в цій фазі (інертному середовищі), x - рівноважний вміст адсорбованого компонента в адсорбенті (адсорбційна здатність або активність адсорбенту).

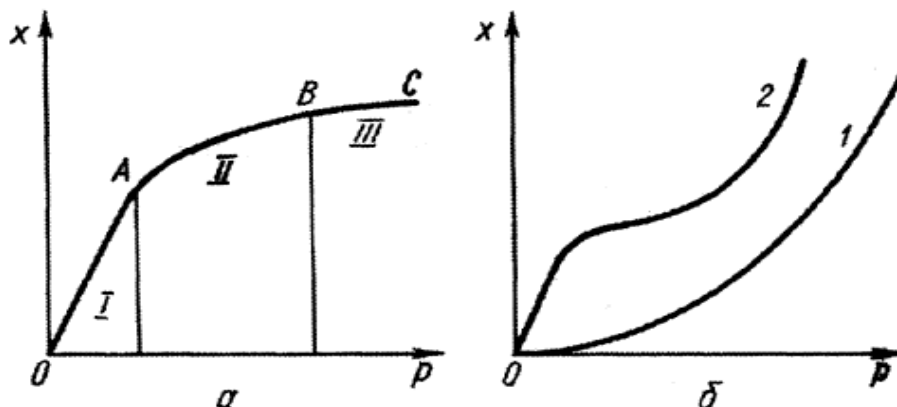


Рис.1.1. Ізотерми адсорбції а — основні ділянки ізотерми; б — типи ізотерми

На кривій на рис.1.1 можна виділити три характерні ділянки: I - прямолінійний переріз OA, відповідний області низької концентрації, коли кількість поглиненого компонента пропорційна його концентрації в сусідній фазі, II - параболічна ділянка AB. при стисненому розподілі молекул сорбенту, коли взаємодія між молекулами сорбенту і сорбенту ускладнюється взаємною взаємодією молекул сорбенту, III - наближається до максимального значення насичення в області високої концентрації (тиску). Тип ізотерми, про який йде мова, характерний для адсорбентів з мікропорами однакового розміру.

Слід зазначити, що наведені на рис.1.1 а криві подібні до кривих для сушіння вологих матеріалів, накопичення продуктів під час хімічних реакцій та росту мікроорганізмів і можуть бути описані рівняннями того ж типу.

Увігнутий характер ізотерми I на рис.1.1 б показує, що взаємодія між молекулами адсорбенту та адсорбенту є слабкішою, ніж взаємодія між молекулами адсорбенту. Наявність вигину в середині ізотерми 2 (S-подібна

крива) свідчить про наявність у структурі адсорбенту, крім макропор, мікропор.

Принцип адсорбційного процесу

Процес адсорбції можна проводити в безперервному протитечійному апараті, де потік адсорбенту (сорбенту) L , кг/с або кмоль/с, знаходиться в тісному контакті з потоком інертного носія G , кг/с або кмоль/с, в якому знаходиться абсорбуючий компонент (сорбент). Схематичне зображення такого процесу показано на рис.1.2.

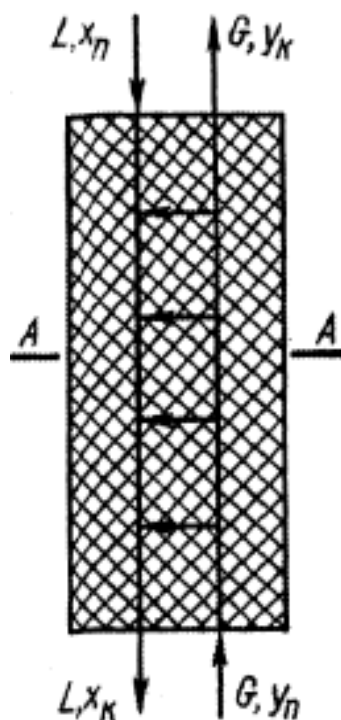


Рис. 1.2. Схематичне зображення адсорбції в безперервному протитечійному апараті

Коли інертний носій G надходить в апарат, початковий вміст сорбованих компонентів становить n кг/кг інертного носія. При проходженні через апарат кількість інертного середовища не змінюється, а вміст сорбованого компонента зменшується до кінцевого значення u , кг/кг.

Сорбентний матеріал вводиться в апарат з масовою витратою L , кг/с і має початковий вміст поглинених компонентів x_r , кг/кг чистого сорбенту;

при виході з апарату кінцевий вміст поглинених компонентів у матеріалі сорбенту x_k , кг/кг.

Методи інтенсифікації сорбційних та інших масообмінних процесів можна розділити на структурні, механічні, фізичні, комплексні та технічні. Інженер працює з обладнанням, яке вже є і може впливати на інтенсивність процесу переважно за допомогою технічних методів, серед яких слід розрізняти методи, які а) пов'язані зі зміною фазової взаємодії, б) впливають на фазову рівновагу та в) кілька факторів спільного впливу на процес. Давайте розберемо ці методи.

Модальні методи засновані на зміні гідродинамічних умов для контакту фаз шляхом збільшення швидкості потоку та ступеня турбулентності. Вони включають 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 потрібною аналогією, яку вперше спостерігав Рейнольдс, чим більша вартість гідродинамічної взаємодії (тертя) між потоками, тим інтенсивніше тепло- і масообмін. Якщо обтічні поверхні мають складну форму, непотрібний енергетичний внесок у скорочення і стиснення рухомих потоків збільшується, як і тертя по сухій поверхні, що робить потрібний аналог недійсним. Однак при належному виборі і конструкції обтічних тіл, де турбулентність виникає переважно в прикордонних шарах течій, можна значно прискорити масообмін при незначному збільшенні розподілу енергії.

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

Процес також більш селективний і товщина шару сорбенту в апараті менша, що призводить до меншого утворення каналів і більшої селективності.

Значної інтенсифікації можна досягти шляхом штучного створення нестационарних масообмінних умов за допомогою пульсацій (коливальних рухів продуктів в апараті) і вібрацій, що виникають від коливальних рухів робочих середовищ, сопел або окремих контактних елементів. Імпульси і вібрації порушують плавність передачі маси, енергії та імпульсу і в періоди підвищеної інтенсивності вібрації викликають різкі зміни супутніх фізичних параметрів (концентрації, тиску, температури), що сприяє прискоренню процесів передачі.

Для впливу на фазову рівновагу використовуються методи, які ґрунтуються на зміні температури, тиску, кислотно-основних властивостей (рН) середовища та використанні інертного газу (пара), хімічних речовин і поверхнево-активних речовин, що змінює концентрацію робочої речовин, що сприяє перерозподілу фазових опорів.

Можна знайти перспективний багатокomпонентний сорбційний метод, суть якого полягає в тому, що суміш кількох компонентів не розділяється шляхом сортування один за одним компонент, потім інший тощо. але шляхом одноразової обробки виробу сумішшю сорбенту. Вода, яка підлягає очищенню від шкідливих забруднювачів, проходить, наприклад, через шар сорбентів, що складається з катіонів та аніонообмінних смол з активованим вугіллям як хімічним сорбентом. Це зменшує кількість етапів процесу та енергоспоживання, покращує умови роботи, а іноді підвищує ефективність поділу.

Поєднання хімічних, термічних і масообмінних процесів в одному пристрої дає змогу підвищити ефективність обладнання, збільшити привід процесу і вихід продукту, зменшити кількість забруднюючих відходів. У

комбінованих процесах, де взаємодіє кілька досить сильних градієнтів, на межі розділу двох рухомих середовищ можуть відбуватися самоорганізуючі рухи. Такі явища викликають збільшення потоку речовин через межу фазового поділу і спостерігаються напр. при поглинанні (хемосорбції) легкокорозивних газів разом з інтенсивним відведенням тепла (наприклад, поглинання CO_2 водним розчином моноетаноламіну).

Оскільки напівпроникні мембрани самі по собі є іонними, багато мембранних процесів також характеризуються селективним транспортом певних молекул у напрямку градієнта концентрації. До них відносяться зворотний осмос (тиск переважає над силами молекулярної взаємодії) і електроосмос (домінують сили зовнішнього електричного поля). Ці процеси використовуються для опріснення води.

Комбіноване розміщення дистилятора та цеолітного адсорбенту не тільки дає змогу підтримувати концентрацію етанолу в ферментаційному розчині нижче 5% протягом усього процесу ферментації, але також дозволяє контролювати цей високоенергоєфективний процес за допомогою адсорбенту цеоліту.

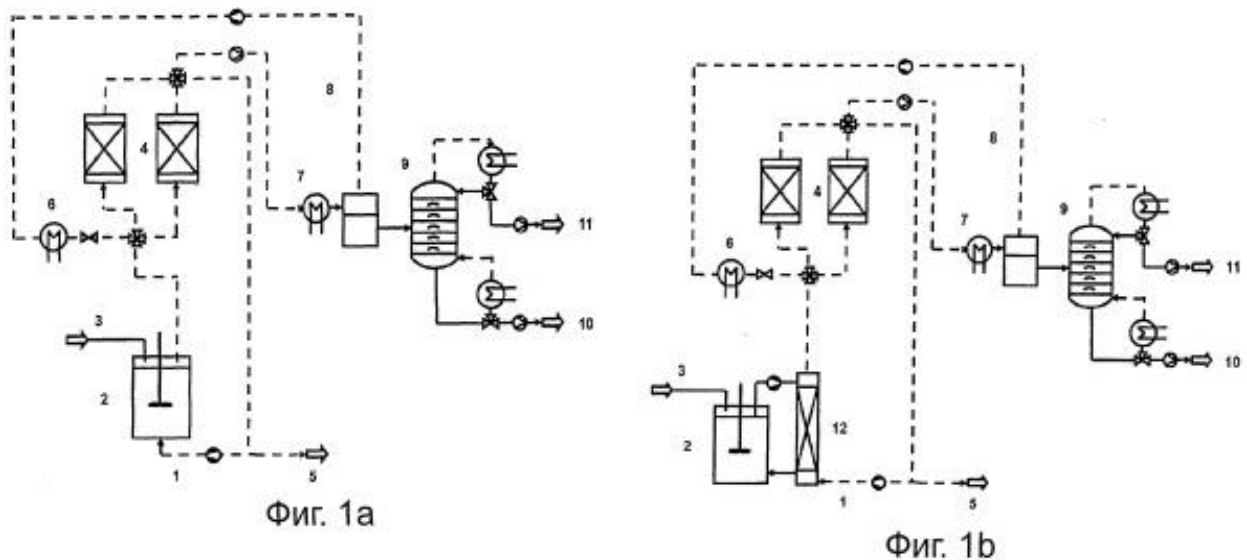


Рис. 1.3: Процес виробництва етанолу шляхом ферментації:

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

Потік інертного газу-носія (1) вдувається в ферментер (2) для відведення газів. LCB ферментують у ферментері для отримання етанолу з додаванням добавок (3), напр. Засіб, що нормалізує рН. Газ, що виходить з ферментера, що містить етанол та інші леткі компоненти, проходить через адсорберну колону (4), де етанол селективно адсорбується.

Для забезпечення напівбезперервної роботи дві або більше колон працюють паралельно і послідовно. Теплообмін між колонами відбувається за допомогою внутрішніх нагрівальних змійовиків. Частина потоку газу-носія видаляється вуглекислим газом, що утворюється під час ферментації. Температуру та/або тиск у колонах (4) змінюють для подальшої десорбції адсорбованого етанолу. Потік газу-носія, необхідного для видалення десорбованого етанолу, контролюється теплообмінником (6) та/або трубкою Вентурі. Газ, що виходить з десорбційної колони, потім конденсується шляхом стиснення та/або охолодження (7).

Регенований потік газу-носія (8) повертається в систему. Конденсат пропускають через ректифікаційну колону (9) для подальшого очищення та конденсації. Вода (10) накопичується в басейні колони, а азеотроп між етанолом і водою (11) утворюється у верхній частині колони.

На малюнку 1.1 б показаний інший можливий варіант, але в цьому випадку перегонка газу відбувається у зовнішній газоперегінній колоні (12), яка підключена до ферментера. Для цього ферментаційний розчин пропускають через зовнішню відпарювальну колону, а відпарений розчин повертають у ферментер. Усі інші етапи процесу подібні до тих, що на рис. 1.3.

Відповідно до діаграми на рисунку 1.3, газовий потік з камери зварювання проходить через одну або кілька колон, заповнених одним або

кількома типами адсорбентів. Щонайменше одна з колонок містить цеоліт як адсорбент. Інші адсорбенти, які можна використовувати, - це кремнезем, бентоніти, силіцити, глини, гідротальцити, алюмосилікати, оксидні порошки, слюда, скловидні (некристалічні) матеріали, глини, клиноптиліти, гісмондіни, кварц, активоване вугілля, монтморилоніти, полістироламініти, полістиренуретан, або полівінілпіридини. В ідеалі в якості адсорбентів використовують тільки цеоліти.

Переважними адсорбентами є цеоліти, особливо бета-цеоліти або цеоліти MFI. Переважно цеоліт має співвідношення $\text{SiCO}_2/\text{Al}_2\text{CO}_3$ від 200 до 1000 і співвідношення $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ від 400 до 800. Переважними є синтетичні цеоліти згідно з US 7244409.

Коли етанол адсорбується адсорбентом (адсорбентом), виділяється теплота адсорбції (ентальпія), що викликає нагрівання шару наповнювача. Через низьку теплопровідність адсорбуючих матеріалів, описаних тут, та об'єму порожнин у шарі цих матеріалів це тепло не може ефективно розсіюватися через стінки колони, особливо для колон великого діаметру.

Тому у винаході [2] пропонується використовувати додаткові нагрівальні котушки всередині колон для видалення тепла, що виділяється під час адсорбції. Однією з переваг цього варіанту є можливість відновлення енергії на наступному енергоємному етапі виробництва етанолу. Відповідними змійовиками опалення є труби, по яких протікає рідина і які забезпечують як подачу, так і відведення теплової енергії.

Температура під час процесу адсорбції етанолу вигідна від 10 °C до 100 °C, більш вигідна від 20 °C до 50 °C. Тиск переважно становить від 0,5105 до 106 Па, переважно від 105 до 2105 Па. Переважно, щоб адсорбцію проводили при температурі, яка не перевищує температури суміші етанолу та газу-носія на виході з ферментаційного розчину та при надлишковому тиску.

2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування

За допомогою циклів сорбції та десорбції, тобто шляхом послідовних процесів сорбції, десорбції та резорбції тощо сорбенти можна використовувати кілька разів і знизити витрати виробництва. Цикли адсорбції та адсорбції-десорбції, як правило, не є ізотермічними і здійснюються шляхом зміни температури системи, а іноді й тиску в системі. Цикли іонсорбції та регенерації часто бувають ізотермічними і контролюються зміною рН (кисотно-основних властивостей) середовища.

Процеси абсорбції та десорбції найбільш економічні. Процеси адсорбції та іонного обміну вимагають більших витрат і виконуються, коли кількість речовини, що поглинається, відносно невелика. Хемосорбція є одним з найдорожчих процесів і в основному використовується, коли цільовий компонент неможливо виділити іншими методами (наприклад, якщо цінний метал потрібно витягти з розчину, його можна спочатку «поглинути» іонсорбентом, а потім сорбентом спалюється для ізоляції металу).

Сорбційні процеси широко використовуються в харчовій промисловості. Прикладами промислового застосування абсорбції є процес уловлювання парів спирту з газів бродіння у виробництві спирту та вина: насичення вуглекислим газом у воді, пиві та інших напоях, збагачення киснем дріжджів та мікробних середовищ для росту. води у виробництві крохмалю.

Складні процеси сорбції пов'язані з формуванням смаку та збільшенням терміну зберігання продуктів. Процеси іонного обміну, як правило, організовані в циклах заміщення.

<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> Техніко-економічне обґрунтування	200387.ДП.31.002.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 3/3	

Слід зазначити, що практично всі харчові продукти більшою чи меншою мірою мають сорбційні властивості і чутливі до обмінних процесів з навколишнім середовищем, що призводить до зміни їх вихідних властивостей і виникнення небажаних запахів і солодоці. Для обмеження впливу таких явищ харчові продукти герметично закривають і зберігають у спеціальних умовах окремо від ароматичних речовин.

Процес адсорбції можна проводити в безперервному протиточному апараті, де потік абсорбенту (сорбенту) L , кг/с або кмоль/с, знаходиться в тісному контакті з потоком інертного носія G , кг/с або кмоль/с, в якому знаходиться абсорбуючий компонент (сорбент) (див. рис. 1.2).

При введенні в апарат інертного середовища G початковий вміст сорбованого компонента становить n кг/кг інертного середовища. При проходженні через апарат кількість інертного середовища не змінюється, а вміст сорбованого компонента зменшується до кінцевого значення u , кг/кг.

Сорбентний матеріал вводиться в апарат з масовою витратою L , кг/с і має початковий вміст поглинених компонентів x_p , кг/кг чистого сорбенту; при виході з апарату кінцевий вміст поглинених компонентів у матеріалі сорбенту x_k , кг/кг.

Згідно з потрійною аналогією, яку вперше спостерігав Рейнольдс, чим більша вартість гідродинамічної взаємодії (тертя) між потоками, тим інтенсивніше тепло- і масообмін. Якщо обтічні поверхні мають складну форму, непотрібний енергетичний внесок у скорочення і стиснення рухомих потоків збільшується, як і тертя по сухій поверхні, що робить потрійний аналог недійсним. Однак при належному виборі і конструкції обтічних тіл, де турбулентність виникає переважно в прикордонних шарах течій, можна значно прискорити масообмін при незначному збільшенні розподілу енергії.

Значної інтенсифікації можна досягти шляхом штучного створення нестационарних масообмінних умов за допомогою пульсацій (коливальних рухів продуктів в апараті) і вібрацій, що виникають від коливальних рухів

робочих середовищ, сопел або окремих контактних елементів. Імпульси і вібрації порушують плавність передачі маси, енергії та імпульсу і в періоди підвищеної інтенсивності вібрації викликають різкі зміни супутніх фізичних параметрів (концентрації, тиску, температури), що сприяє прискоренню процесів передачі.

Для впливу на фазову рівновагу використовуються методи, які ґрунтуються на зміні температури, тиску, кислотно-основних властивостей (рН) середовища та використанні інертного газу (пара), хімічних речовин і поверхнево-активних речовин, що змінює концентрацію робочої речовин, що сприяє перерозподілу фазових опорів.

Одним з перспективних методів може бути сорбція кількох компонентів, суть якої полягає в тому, що суміш кількох компонентів не розділяється шляхом сортування одного компонента за одним, потім іншого тощо. Це зменшує кількість технологічних операцій, енергоспоживання, покращує умови праці та іноді підвищує ефективність сепарації.

У циклічних процесах один або два параметри роботи регулярно змінюються.

Поєднання хімічних, термічних і масообмінних процесів в одному пристрої дає змогу підвищити ефективність обладнання, збільшити привід процесу і вихід продукту, зменшити кількість забруднюючих відходів. У комбінованих процесах, де взаємодіють кілька досить сильних градієнтів, на кордоні двох рухомих середовищ можуть відбуватися самоорганізуючі рухи. Такі явища викликають збільшення потоку речовини за межу фазового поділу і спостерігаються, наприклад, при поглинанні легкокорозивних газів разом з інтенсивним відведенням тепла.

3. Опис апаратурно-технологічної схеми

У верхній відсік ректифікаційної колони, яка працює з надлишковим тиском 0,2 МПа, подається спирт з концентрацією не менше 92% за об'ємом. Водно-спиртова пара, що виходить з колони 1, перегрівається в пароперегрівачі 2 і надходить в адсорбер 3 (рис. 3.1).

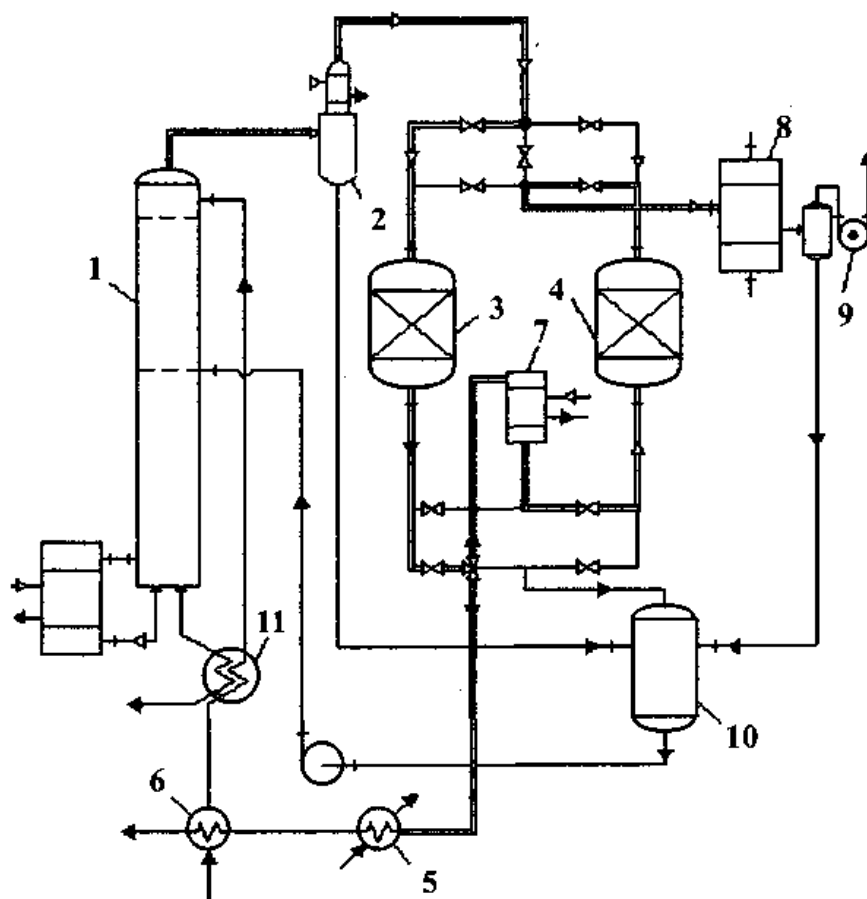


Рис. 3.1 Виробнича установка для етанолу:

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.

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 Апаратурно-технологічна схема	200387.ДП.31.003.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

Вода адсорбується молекулярними ситами, а пари спирту концентрацією 99,8% відходять від дна адсорбера 3. Частина пари перегрівається у випарнику 7, після чого вона переходить на регенерацію молекулярних сит в адсорбер 4. Інша частина спиртової пари видаляється з пристрою після конденсації в конденсаторі для зневодненого спирту 5 за допомогою рекуперативного теплообмінника 6.

Коли адсорбер 3 знаходиться в циклі адсорбції, адсорбер 4 знаходиться в циклі десорбції. Цикли адсорбції і десорбції чергуються кожні 3 ... 4 хвилини.

Десорбція відбувається під вакуумом за допомогою вакуумного насоса 9.

Пара, яка виходить з адсорбатора під час регенерації, являє собою суміш води, яка була десорбована з молекулярних сит.

Ця водно-спиртова пара конденсується в конденсаторі 8 і повертається в дистиляційну колону для концентрації в колекторі 10.

4. Розрахункова частина

4.1. Технологічний розрахунок

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	200387.ДП.31.004.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.					

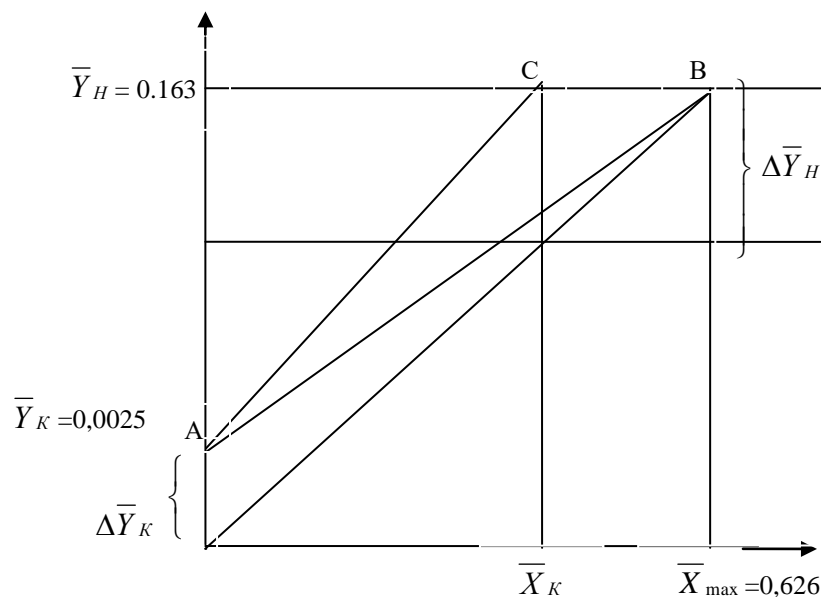


Рис.4.1. Залежність між концентраціями.

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

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

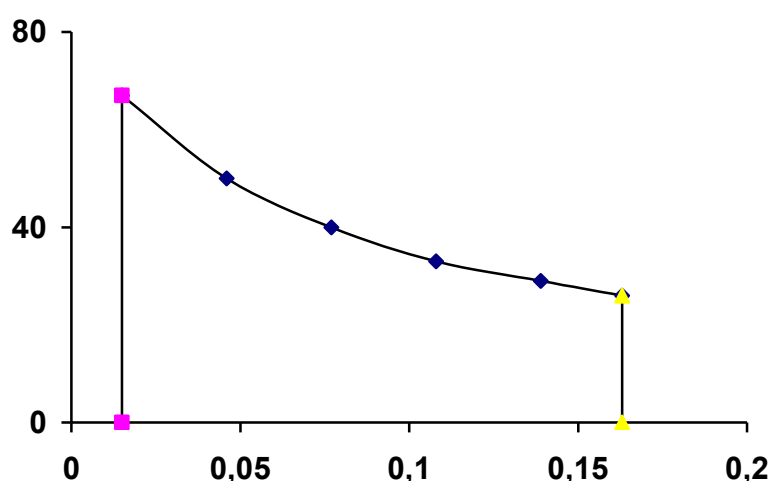


Рис. 4.2. Графік для розрахунку числа перенесення

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

$$\lg \left[\frac{w_{пр}^2 \rho_z}{g d_3 \varepsilon^2 \rho_E} \cdot \left(\frac{\mu_E}{\mu_v} \right)^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{L_{cp}}{G_{cp}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_z}{\rho_E} \right)^{0,125}$$

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

у нашому випадку

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

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:

$$w_r = w_{пр} n = 3,6 \cdot 0,9 = 3,24 \text{ м/с},$$

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

Тоді діаметр колони:

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

4.3. Гідравлічний розрахунок

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:

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

3.4. Гідравлічний опір сухої насадки:

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

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 рецирку	20-25
3	Температура, °С:	
3.1	- верху адсорбера	115-135
3.2	- низу адсорбера	115-135
3.3	- на виході із адсорберів	110-125

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

4.4.2. Розрахунок еліптичної кришки

Розрахункова товщина стінки кришки

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

Спробний тиск при гідравлічному випробуванні

$$P_{i1} = \frac{1,25 \cdot P_p \cdot \sigma_{дон20}}{\sigma_{дон}} = \frac{1,25 \cdot 1,3 \cdot 160}{160} = 1,62 \text{ МПа і } P_{i2} = P_p + 0,3 = 1,3 + 0,3$$

=1,6МПа;

$P_{i\max} = 1,62$ МПа.

Розрахункова товщина стінки для еліптичної кришки при гідравлічних випробуваннях

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

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

Виконавча товщина стінки

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

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

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

Допустимий тиск при випробуваннях

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

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]):

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

$$= 35,56 \text{ мм,}$$

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

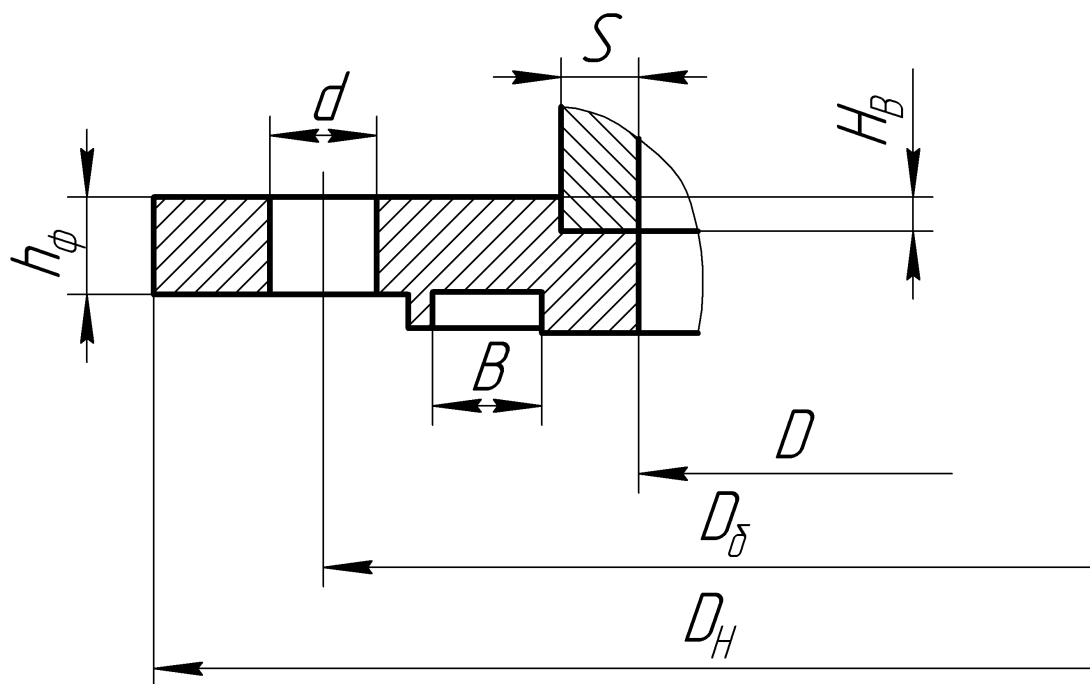


Рис. 4.3. Фланець плоский приварний.

Діаметр D_6 болтової окружності фланців

$$D_6 = D + 2(S_1 + d_6 + u) = 1500 + 2(16 + 20 + 10) = 1630 \text{ мм},$$

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

d_6 - зовнішній діаметр болта.

Зовнішній діаметр фланця

$$D_H = D_6 + 2,4d_6 = 1630 + 2,4 \cdot 20 = 1700 \text{ мм}.$$

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

$$D_{с.п} = D_{н.п} - b = 1500 - 20 = 1480 \text{ мм}.$$

Кількість болтів, що необхідна для забезпечення герметичності з'єднання

$$n_6 = \frac{\pi D_6}{t_{ш}} = \frac{3,14 \cdot 1630}{76} = 68 \text{ штук,}$$

де $t_{ш}$ – шаг, що рекомендується для розташування болтів, який вибирається в залежності від тиску ($t_{ш} = (3,0 \div 3,8)d_6 = 3,8 \cdot 20 = 76$ мм). Кількість болтів вибираємо $n_6 = 16$ (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

$$S_{ек} = S_0 \left[1 + \frac{h_6(\beta_1 - 1)}{h_6 + 0,25(\beta_1 + 1)\sqrt{DS_0}} \right] = 3,8 \left[1 + \frac{11,4 \cdot (2 - 1)}{11,4 + 0,25 \cdot (2 + 1) \cdot \sqrt{132 \cdot 3,8}} \right] = 5,33 \text{ мм.}$$

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

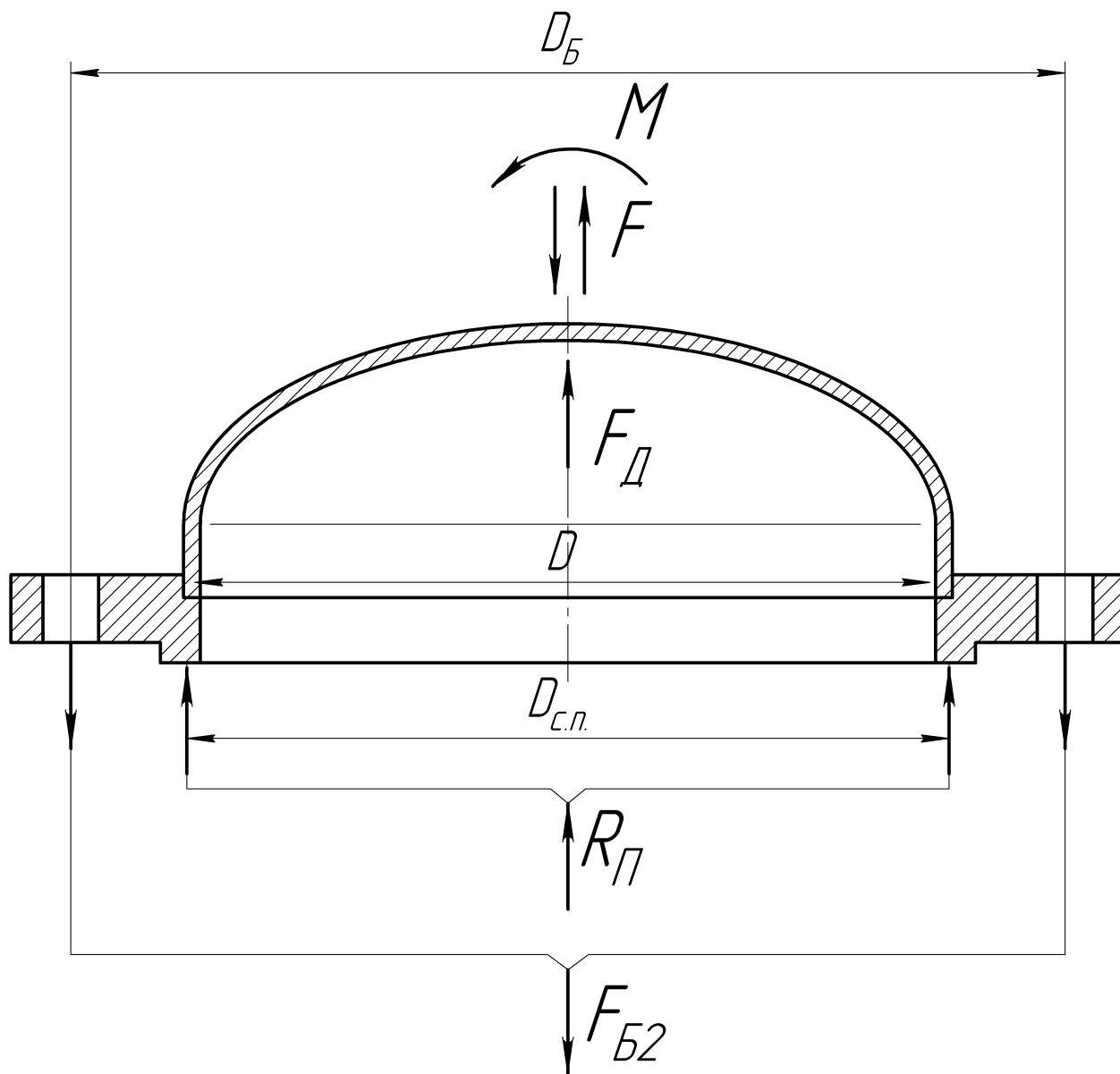


Рис. 4.4. Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах

Розрахунок зводиться до визначення навантажень для двох різних станів: при монтажі – F_{61} і в робочих умовах – F_{62} .

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

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_d – рівнодіюча внутрішнього тиску;

R_{Π} – реакція прокладки;

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

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

Рівнодіюча внутрішнього тиску $F_{\text{д}}$ і реакція прокладки R_{Π} знаходяться по формулам

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

Реакція прокладки

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

де $\kappa_{\text{ж}} = 2,5$ – 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 $\kappa_{\text{ж}}$ 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:

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

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

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

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

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

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

Тоді коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

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

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

Болтове навантаження при монтажі

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

Болтове навантаження в робочих умовах

$$F_{\delta 2} = F_{\delta 1} + (1 - k_{\text{ж}}) F_d + F_t = 0,064 + (1 - 1,15) \cdot 0,02 = 61 \cdot 10^{-3} \text{ МН},$$

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

Приведений згинаючий момент

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

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

де $\sigma_{\text{дон}20}$ - допустиме напруження матеріалу фланця при 20°C ($\sigma_{\text{дон}20} = 160$ 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 виповнюється:

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

де $\sigma_{\text{дон.}\delta 20}$ - допустиме напруження для болтів із сталі 12Х18Н10Т при температурі 20°C ($\sigma_{\text{дон.}\delta 20} = 110$ 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°C ($\sigma_{\text{дон.}\delta} = 100$ МПа) [1].

Умова надійності прокладки виконується:

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

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

$$T_{\phi} = \frac{D_n^2 \left[1 + \log\left(\frac{D_n}{D}\right) \cdot 8,55 \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_n^2) \left(\frac{D_n}{D} - 1\right)} = \frac{(201 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \left[1 + \log\left(\frac{201 \cdot 10^{-3}}{132 \cdot 10^{-3}}\right) \cdot 8,55 \right] - (132 \cdot 10^{-3})^2}{\left[1,05 \cdot (132 \cdot 10^{-3})^2 + 1,945 \cdot (201 \cdot 10^{-3})^2 \right] \cdot \left(\frac{201 \cdot 10^{-3}}{132 \cdot 10^{-3}} - 1\right)} = 1,69.$$

Максимальне напруження в перерізі, що обмежений розміром S_0

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

$$\text{де } f_\phi = 3,1 \text{ при } \beta_1 = 2 \text{ і } x = \frac{h_6}{\sqrt{DS_0}} = \frac{11,4}{\sqrt{132 \cdot 3,8}} = 16,09 [1].$$

Окружне напруження в кільці фланця

$$\sigma_\kappa = \frac{M_0 [1 - \nu(1 + 0,9\lambda'_\phi)] \psi_2}{Dh_\phi^2} = \frac{1,03 \cdot 10^{-3} [1 - 0,419 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,545)] \cdot 4,826}{132 \cdot 10^{-3} \cdot (14 \cdot 10^{-3})^2} = 72,91 \text{ МПа}.$$

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:

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

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

де $\sigma_{дон1} = \sigma_T$ – допустиме напруження, що дорівнює границі текучості сталі 12X18H10T при 20⁰C ($\sigma_{дон1} = \sigma_T = 240 \text{ МПа}$) [1].

Умова міцності для перерізу, обмеженого розміром S_0 виконується:

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

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

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

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

Умова герметичності, що визначається кутом повороту фланця, виконується:

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

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

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

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_n обчислюють по формулам:

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

де P_u – пробний тиск при гідравлічних випробуваннях:

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

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

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

$\sigma_{T20} = 240 \text{ МПа}$ – 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 $C_0 = 2,94 \text{ мм}$ 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

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

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:

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

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

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

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

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

Температура на поверхні стінки дорівнює

$$t_{(3)} = \frac{270 + 28 \cdot 10,6 \cdot 1,4}{1 + 10,6 \cdot 1,4} = 23 \text{ °С}$$

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

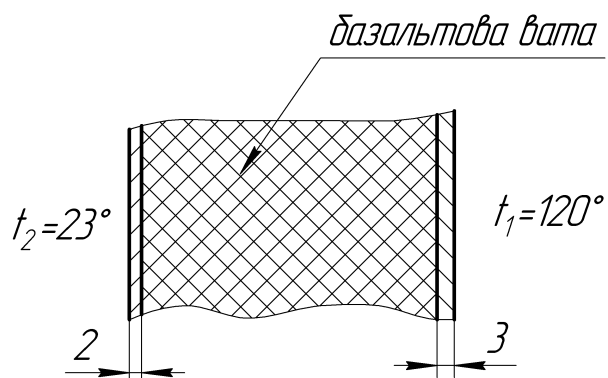


Рис. 4.2 Ізоляція адсорбера

5. Технологія виготовлення зубчатого колеса приводу

5.1 Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалів

Технологічне обладнання в харчовій промисловості дуже різноманітне, і багато його частин і вузлів контактують з харчовими продуктами.

Безпосередня взаємодія з технологічними та харчовими середовищами, тривала безперервна експлуатація, абразивна дія деяких забруднювачів, агресивних факторів навколишнього середовища, очисних та дезінфекційних розчинів, підвищені температури, значні перепади тиску та інші специфічні умови висувають особливі вимоги до вибору та використання конструкцій за призначенням.

Харчова промисловість в Україні є однією з найважливіших галузей, яка завдяки виробничій потужності, механізації технічних процесів та асортименту може забезпечити населення різними видами хлібобулочних виробів. Для того, щоб мати можливість забезпечити такий асортимент, використовується багато різного технічного обладнання.

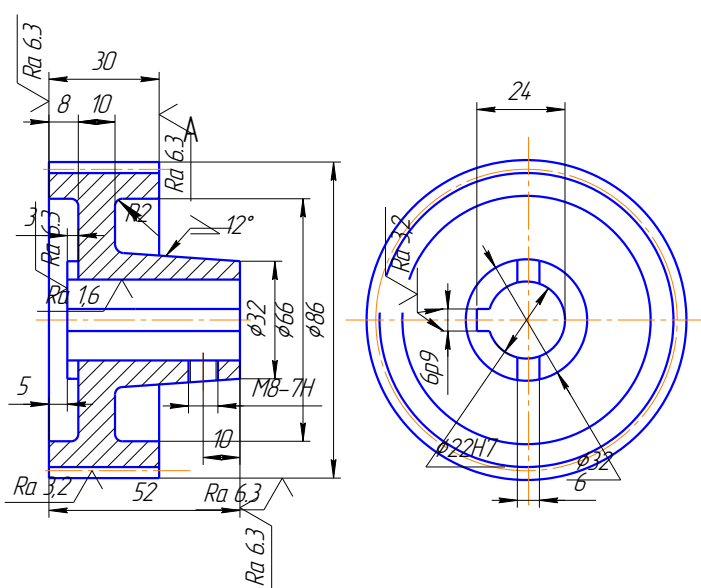


Рис. 5.1. Зубчасте колесо приводу

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 Технологія виготовлення зубчатого колеса	200387.ДП.31.005.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/15

Оскільки ця деталь не піддається впливу різних агресивних середовищ і не контактує безпосередньо з кінцевим продуктом або сировиною, з якої вона виготовлена, матеріал, який використовується для корпусу для корпусу роликового підшипника, не повинен мати особливих властивостей з нержавіючої сталі або інших матеріалів. Що стосується економічного аспекту, то матеріал для виготовлення цього виробу повинен бути відносно недорогим.

Виходячи з аналізу властивостей середовища, в якій працює коробка передач, і всіх факторів, що впливають на експлуатаційні характеристики корпусу, а також з урахуванням властивостей окремих матеріалів для виготовлення цієї деталі краще підходить сталь 45 ГОСТ 1050- 88

5.2. Перевірка зубчатого колеса на відповідність умовам взаємозамінності, надійності та довговічності

Аналізуючи, як працює привод і як працюють його основні компоненти та механізми, ви можете згрупувати певні частини та підрозділи відповідно до їх призначення, функції та форми, а також інших властивостей. Такий підхід дає можливість систематизувати комплектуючі та запчастини.

5.3. Розроблення робочого креслення зубчатого колеса

Використовуючи системи CAD і відповідні стандарти, складемо детальний кресленик зубчастого колеса.

Детальний кресленик — це проектний документ, який містить зображення, розміри та іншу інформацію, необхідну для виготовлення та перевірки деталі. Цей документ містить матеріальні дані, технічні вимоги та іншу необхідну інформацію.

Перед початком розробки креслення необхідно вказати, в якій програмі побудови буде створений креслення і який формат він має мати. Використовуйте AUTOCAD і виберіть аркуші А3 як формат.

Спочатку намалюйте рамку, в яку потрібно помістити малюнок, а потім намалюйте ескіз. На готовому кресленні готової деталі введіть всі розміри, необхідні для виготовлення, і всі літери, необхідні для розуміння креслення. Якщо деякі об'єкти не видно на частковому кресленні, зробіть необхідні розрізи або види.

5.4. Розроблення технологічного процесу виготовлення зубчатого колеса

При розробці технологічної схеми вибираються методи механічної обробки для затискання та позиціонування заготовок, щоб забезпечити безпечне та точне позиціонування.

Під час обробки чорнової поверхні необхідно враховувати наступні фактори:

- Поверхня повинна мати просту форму і достатні розміри для забезпечення стабільного позиціонування під час обробки;
- затискні елементи не повинні викликати викривлення заготовки;
- Бажано, щоб чорну основу використовували для вибору поверхонь, які в майбутньому не будуть оброблятися.

Технологічний маршрут виготовлення шестерні

№оп., пер.	Назва операції, переходу	Технолог. обл., пристрої, інструмент обробл. і контр.
10	<i>Штампувальна</i>	<i>Прес</i>
10.1	УЗЗ <i>Відштампувати заготовку</i>	За технічною документацією штампувальних робіт
20	Токарна УЗЗ	16К20 3х кулачковий патрон, упор
20.1	Торцювати поверхню 1 Ø32 витримавши L= 2 мм	Прохідний прямий правий 16X20X140, α=80°, γ=10°,

20.2	Торцювати поверхню 2 $\varnothing 90$ витримавши L = 2 мм	$\varphi=90^\circ$, Т15К6, ГОСТ 10043-62
20.3	Сверлити отвір $\varnothing 20$	ШЦ –I
20.4	Зенкерувати товір $\varnothing 21,8$	Сверло $\varnothing 20$ ($2\varphi=118^\circ$), Р6М5, ГОСТ 10903-64
20.5	Розвернути отвір $\varnothing 22H7$	Зенкер $\varnothing 21,8$, Р6М5 ГОСТ 12489-67 Розвертка $\varnothing 22H7$, ГОСТ 1672-62 пробка 22H7
30	Токарна УЗЗ	16К20 Оправка цангова
30.1	Торцювати поверхню 1 $\varnothing 90$ витримавши L=2 мм	Прохідний прямий правий 16X20X140, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\varphi=90^\circ$, Т15К6, ГОСТ 10043-62
30.2	Торцювати поверхню 2 $\varnothing 32$ витримавши L=2 мм	ШЦ-I
30.3	Точити поверхню 3 з $\varnothing 90$ до $\varnothing 88$	Прохідний відігнутий правий, 16X20X140, $\varphi=45^\circ$, Т15К6, ГОСТ 10043-62
30.4	Точити поверхню $\varnothing 86$ начисто	ШЦ-I Прохідний відігнутий правий, 16X20X140, $\varphi=45^\circ$, Т15К6, ГОСТ 10043-62
40	Протягувальна УЗЗ	7Б510 оправка
40.1	Протянути паз b= 6P9	Протяжка шпоночна, комбінована, з виглажуючим зубом, Р14Ф4; $\gamma=15^\circ$, $\alpha_p=3^\circ$, $\alpha_k=2^\circ$, ГОСТ 9788-68

50	Фрезерувальна УЗЗ	6Н81Г Лещата, упор
50.1	Фрезерувати паз шириною 6 мм в розмір 3 мм	Фреза кінцева Ø6, Р6М5, ГОСТ 8237-57 ШЦ - I
60	Слюсарна УЗЗ	2Н125 Кондуктор
60.1	Сверлити отвір Ø6,75	Сверло Ø6,75 Р6М5 ГОСТ 10903-64
60.2	Нарізати нарізку М8-7Н	Мітчик , ГОСТ 9522-60 Пробка М8-7Н
70	Зубофрезерна УЗЗ	5К324А Оправка, упор, прижим
70.1	Фрезерувати зубці m=2 z=41	Фреза черв'ячна, m=2, z=12, коротка, ГОСТ 9324-60
80	Зубофасочна Зачистити заусенці	

Розрахунок припусків.

Припуск на підрізання торців для Ø 86 і довжини 30 мм складає 2+2=4 мм(табл.П.2, [3]) отже заготовка собою являє диск діаметром 90 мм товщиною 34 мм.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\min}=2(Rz_1+D_1+(T_{\text{пр}1}^2+\varepsilon_{y2}^2)^{0,5})$$

де $Rz_1 = 50$ мкм, $D_1 = 50$ мкм, $T_{\text{пр}1}$ -відповідно висота мікронерівностей, глибина дифектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні(табл.8);

При установленні деталі на оправку $T_{\text{пр}1} = 100$ мкм.

При установленні деталі на оправці $\varepsilon_{y2}=0$.

$$Тоді 2Z_{2min}=2(50+50+(100^2+0^2)^{0,5})=400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2max}=2Z_{2min}+T_1+T_2,$$

де T_1 -допуск розміру при чорновому точінні; T_2 -допуск розміру при чорновому точінні;

$$T_1=IT13=390 \text{ мкм}; T_2=IT11=160 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2max}=400+390-160=630 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2ном}=(2Z_{2max}+2Z_{2min})/2=(630+400)/2=515 \text{ мкм};$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1min}=2(Rz_0+D_0+(T_{пр0}^2+\varepsilon_{y1}^2)^{0,5}),$$

де Rz , D_0 , $T_{пр0}$ -відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 4 кг (табл.6) $Rz_0=160$ мкм, $D_0=200$ мкм;
 $T_{пр0}=1,2$ (табл.7)

ε_{y1} -похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі на оправці $\varepsilon_{y1}=100$ мкм

$$2Z_{1min}=2(160+200+(1200^2+100^2)^{0,5})=3128 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{сум}=\sum 2Z_{i ном}=512+3128=3640 \text{ мкм}$$

$$\text{прийmemo } 2Z_{сум}=4 \text{ мм}$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_M=M_{дет}/M_{заг}=1321,5/740,06=0,56$$

Де $M_{дет}$, $M_{заг}$ –маса відповідно деталі і заготовки

Розрахунок обробки шестерні

20 Токарна (Розрахунок режиму сверління)

Перехід 20.3. Свердлити отвір $\varnothing 20$.

Глибина різання під час свердління становить половину діаметра свердла, тобто:

$$t = d_{\text{св}}/2 = 20/2 = 10 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $0,26 \div 0,32$ мм/об(табл.2).

Прийmemo $S=0,3$ мм/об

Для визначення швидкості різання беремо формулу(табл.45):

$$V = 8 \cdot d_{\text{св}}^{0,4} / T^{0,2} \cdot S^{0,7}, \text{ де } T = 30 \text{ хв – стійкість свердла.}$$

Тоді:

$$V = 8 \cdot 20^{0,4} / 30^{0,2} \cdot 0,3^{0,7} = 31,2 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для свердління:

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_{\text{св}} = 1000 \cdot 31,2 / 3,14 \cdot 20 = 497 \text{ об/хв.}$$

Прийmemo $n_{\text{в}} = 500$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість

$$V_{\text{д}} = \pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_{\text{в}} / 1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 500 / 1000 = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 57 / 500 \cdot 0,3 = 0,41 \text{ хв}$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 57$ мм,

де $l = 47$ мм – глибина свердління;

$l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 8$ мм - додаток на врізання і перебіг свердла.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}} = 0,08$ хв.

Перехід 20.4. Зенкерувати отвір $\varnothing 21,8$.

Глибина різання:

$$t = (d_3 - d_c) / 2 = (20 - 21,8) / 2 = 0,9 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S = 0,7 \div 0,9$ мм/об. Прийmemo $S = 0,8$ мм/об

Для визначення швидкості зенкерування беремо формулу:

$$V=18,6 \cdot d^{0,3} / T^{0,3} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,3}, \text{ де } T=30 \text{ хв} \text{ – стійкість зенкера.}$$

Тоді:

$$V=18,6 \cdot 21,8^{0,3} / 30^{0,3} \cdot 0,9^{0,2} \cdot 0,8^{0,3} = 18,46 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для зенкерування:

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 18,46 / 3,14 \cdot 21,8 = 269,5.$$

Прийmemo $n_B=250$ об/хв. Тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_3 \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 21,8 \cdot 250 / 1000 = 17,12 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись: $t_0 = L / n \cdot S = 54 / 1000 \cdot 0,8 = 0,27$ хв

де $L=l+l_1+l_2+l_3=54$ мм, $l=47$ мм – глибина зенкерування;

$l_1=2$ мм – величина на підведення зенкера з ручною подачею;

$l_2+l_3=5$ – додаток на врізання і перебіг зенкера.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}}=0,08$ хв.

Перехід 20.5 Розвернути отвір $\varnothing 22H7$.

Глибина різання:

$$t = (d_p - d_3) / 2 = (22 - 21,8) / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S=0,8 \div 1,1$ мм/об. Приймемо $S=1$ мм/об

Для визначення швидкості розвертання беремо формулу:

$$V=12,1 \cdot d_p^{0,3} / T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}, \text{ де } T=30 \text{ хв} \text{ – стійкість розвертки.}$$

Тоді:

$$V=12,1 \cdot 22^{0,3} / 30^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1^{0,65} = 12,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для розвертання:

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot d_p = 1000 \cdot 12,4 / 3,14 \cdot 22 = 180.$$

Прийmemo $n_B=160$ об/хв.

Тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_p \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 22 \cdot 160 / 1000 = 11,1 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 54 / 160 \cdot 1 = 0,34 \text{ хв}$$

де $L=l+l_1+l_2+l_3=54$ мм,

де $l=47$ –глибина розвертання;

$l_1=2$ мм –величина на підведення розвертки з ручною подачею;

$l_2+l_3=5$ - додаток на врізання і перебіг розвертки.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{доп}=0,08$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0=\sum t_{0i}=0,41+0,27+0,34=1,02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$T_d=t_y+\sum t_d$, де $t_y=0,1$ хв – допоміжний час на установлення(переустановлення), кріплення і зняття деталі.

$$\text{Тоді: } T_d = 0,1+0,08+0,08+0,08 = 0,34 \text{ хв;}$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d + T_1 + T_2 = 1,02 + 0,34 + 0,12 + 0,12 = 1,6 \text{ хв,}$$

де T_1, T_2 – час на виконання першого і другого переходів відповідно (підрізання торців)

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}$$

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,015 \text{ і } T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,06. \text{ Отже, } T_{шт} = 1,6 + 1,6 \cdot (0,015 + 0,06) = 1,72 \text{ хв.}$$

$$\text{Підготовчо-завершальний час } T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2},$$

де $T_{п.з1} = 10$ хв - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;

$$T_{п.з2} = 4 \text{ хв – час на налагодження установлення деталі .}$$

$$T_{п.з} = 10 + 4 = 14 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 1,72 + 14/200 = 1,79$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/1,79 = 33 \text{ деталі.}$$

30.Токарна

Перехід 30.4 Точити $\varnothing 86$ начисто.

Режим обробки визначаємо з умови, що знімаємо максимальний припуск.

$$2Z_{1\max}=2Z_{1\min}+T,$$

де T – допуск обробки. Для чорнового точіння $T = IT_{12}-IT_{13}$ (табл.8) приймемо $IT_{12} = 0,3$ мм. Тоді $2Z_{1\max} = 0,7+0,3 = 1$ мм.

$$\text{Глибина різання при цьому } t = 2Z_{1\max} = 1 \text{ мм.}$$

Вибираємо подачу. Для різців з перетином 16×25 мм при обробці сталевих деталей діаметром до 100 мм з глибиною різання до 3 мм $S=0,6-0,9$ мм/об(табл.17), приймемо $S=0,6$ мм/об.

Швидкість різання буде визначатись:

$$v = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}) = 517 / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}),$$

де $T = 60$ хв. – стійкість різця.

$$\text{Тоді } v = 517 / (60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}) = 272,5 \text{ м/хв.}$$

Потрібна частота обертання шпінделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 272,5 / 3,14 \cdot 88 = 1194 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпінделя верстата виберемо ближче менше значення

$$n_B = 800 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпінделя:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 88 \cdot 800 / 1000 = 221 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = L / n_B \cdot S, \text{ де } L \text{ – розрахункова довжина різання}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ де } l = 30 \text{ мм – довжина обробки безпосередньо на деталі;}$$

$l_1 = 3$ мм – добавка довжини на підвід інструмента до початку різання з механічною подачею;

$l_2 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 1 \text{ мм}$ - величина врізання інструменту (прохідний різець з основним кутом $\varphi = 45^\circ$);

$l_3 = 3$ – величина перебігу різця (упорний різець з основним кутом $\varphi = 90^\circ$). Отже $L = 30 + 3 + 1 + 3 = 37$ мм.

Тоді $t_0 = 37/800 \cdot 0,6 = 0,08$ хв

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

де $t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26);

$t_2 = 0,05 + 0,1 = 0,15$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертання шпінделя і подачі (табл.26);

t_3 – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу.

Оскільки потреби в заміні інструменту і інших діях немає, то $t_3 = 0$.

$$\text{Тоді } t_d = 0,11 + 0,15 = 0,26 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,08 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y = 0,16$ хв – допоміжний час на установлення (переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$$T_d = 0,16 + 0,26 = 0,42 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 0,08 + 0,42 = 0,5 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}.$$

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,025 \quad \text{і} \quad T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04. \quad \text{Отже,}$$

$$T_{шт} = 0,5 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,04) = 0,53 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$, де $T_{п.з1} = 14$ хв – час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; $T_{п.з2} = 6$ хв – час на налагодження установлення деталі .

$$T_{п.з} = 14 + 6 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 0,53 + 20/200 = 0,63$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить:

$N=60/0,63 =95$ деталей.

Еквівалентна потужність $N_e=(P_z \cdot V)/(60 \cdot 102)$,

де сила різання $P_z=C_p \cdot t \cdot S^{0,75}=200 \cdot 1 \cdot 0,6^{0,75} =136$ Н

Тоді $N_e=(136 \cdot 221)/(60 \cdot 102)=4,91$ кВт ,

що менше потужності верстата $N=11$ кВт

50. Фрезерна

Перехід 50.1. Фрезерувати паз шириною 6 мм в розмір 3 мм.

Глибина різання буде рівною глибині пазу, отже $t=3$ мм.

Виберемо подачу. При фрезеруванні пазів шириною 6 мм

кінцевою фрезею з швидкорізальної сталі ($D_\phi =6$ мм)

подача буде здійснюватись $S_z=0,05$ мм/зуб (табл. 31).

Швидкість різання сталі для кінцевих фрез із швидкорізальної сталі при подачах $S_z \leq 0,1$ мм/зуб визначається за формулою (табл.28):

$V=(53,0 \cdot D_\phi^{0,45})/(T^{0,33} \cdot t^{0,5} \cdot S_z^{0,5} \cdot B^{0,1} \cdot Z^{0,1})$, де $T=60$ хв –стійкість фрези (табл.35).

$$V=(53,0 \cdot 6^{0,45})/(60^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 6^{0,1} \cdot 5^{0,1}) = 56,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпінделя

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot D_\phi = 1000 \cdot 56,4 / 3,14 \cdot 6 = 387,4 \text{ об/хв}$$

із ряду частот шпінделя верстата приймаємо $n_b = 400$ об/хв

тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot D_\phi \cdot n_b / 1000 = 3,14 \cdot 6 \cdot 400 / 1000 = 57,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_{об} \cdot n_b = S_z \cdot z \cdot n_b = 0,05 \cdot 5 \cdot 400 = 100 \text{ мм/хв}$$

Із ряду подач верстата прийmemo ближче значення

$$S_{хв} = 90 \text{ м/хв.}$$

$T_0 = t_0 = L / S_{хв}$, де L –робоча довжина обробки

$$L = l + l_1 + l_2 = 31,4 + 3 + 8 = 42,4 \text{ мм,}$$

де $l = 31,4$ мм –довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = 3$ мм –добавка на перехід інструменту з робочою подачею до моменту різання;

$l_2 = 8$ мм величина врізання і перебігу фрез(табл.39)

Тоді $T_0 = 42,4 / 90 = 0,47$ хв.

Допоміжний час: на установлення і зняття деталі $t_y = t_{y1} + t_{y2}$,

де t_{y1} –допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі;

при установленні деталей масою до 5 кг з кріпленням гайкою з допомогою ключа $t_{y1} = 0,30$ хв(табл.37)

$t_{y2} = 0,06$ хв –додаток на очищення місця установлення деталі від стружки(табл.37).

Тоді $t_y = 0,3 + 0,06 = 0,36$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола до 750 мм, автоматичним переміщенням, при фрезеруванні пазів фрезою, установленною на розмір,

$t_d = 0,06$ хв(табл.38).

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,36 + 0,06 = 0,42$ хв.

Оперативний час $T_{оп} = T_0 + T_d = 0,47 + 0,42 = 0,89$ хв,

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

де $T_{об} = 0,045 T_{оп}$ і $T_{пер} = 0,06 T_{оп}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу(табл.36).

$T_{шт} = 0,89 + 0,04 + 0,053 = 0,983$ хв.

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$T_k = T_{шт} + T_{п.з} / n$,

де $T_{п.з}$ –підготовчо-заготівельний час(табл.36), який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв: $T_{п.з} = 12 + 7 = 19$ хв.

Тоді $T_k = 0,983 + 19 / 200 = 1,078$ хв

Норма виробітку за годину становить:

$$N=60/T_k=60/1,078 =55 \text{ деталей}$$

Еквівалентна потужність

$$N_e=3,36 \cdot 10^{-5} \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,33} \cdot B \cdot Z \cdot n=3,36 \cdot 10^{-5} \cdot 6^{0,14} \cdot 3^{0,86} \cdot 0,05^{0,33} \cdot 6 \cdot 5 \cdot 400=0,49$$

кВт

Опис пристрою.

Кондуктор для виконання технологічної операції (токарної 60) складається із корпусу, жорсткої оправки запресованої в корпус, швидко знімної шайби й гайки та кондукторної втулки.

Деталь надівається на жорстку оправку по шпоночному з'єднанні з посадкою H7/h6 . З'єднання по даній посадці виключає перекося деталі в пристрої. Торіць деталі , який вибрано за вимірювальну базу упирається в корпус. Таким чином вимірювальна база співпадає з технологічною.

З іншого боку деталь притискається гайкою. Між гайкою і деталлю встановлюється швидкозйомна шайба. Діаметр гайки менший за діаметр за

Розрахунок основної похибки

Розрахувати основну похибку позиціонування для заготовки, встановленої на жорсткій оправці (штирі). Допустима основна похибка позиціонування $b = 0,2$ мм. Вісь заготовки є опорною точкою для зовнішньої поверхні, а оправка — технічним орієнтиром.

Деталь насаджують на оправку лебідкою H7/d8 і затискають до поверхні. Якщо з'єднаний зазор максимальний $S_{max} = 2e$, де e – ексцентриситет, фундаментальна похибка стає:

$$\varepsilon_{бД1} = \varepsilon_{бД2} = S_{max} = S_{min} + T_H + T_h, \text{ де}$$

$$S_{min} = 0,065 \text{ мм} - \text{мінімальний зазор з'єднання,}$$

$T_H = 0,021$ мм – допуск на діаметр отвору,

$T_h = 0,033$ мм – допуск на діаметр оправки.

Тоді $\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = 0,065 + 0,021 + 0,033 = 0,119$ мм

Отримаємо $\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = 0,119$ мм $< \varepsilon_{\delta} = 0,2$ мм

6. Монтаж, ремонт, експлуатація обладнання

Замовник зобов'язаний забрати товар із залізниці відповідно до правил про вантажні перевезення. При отриманні обладнання замовник несе повну відповідальність за його безпеку.

Ми перевіряємо, що обладнання, яке надійшло на об'єкт, є укомплектованим та непошкодженим. Усі роботи з обладнанням на складах і на місці монтажу, а також підйом і розміщення обладнання в будівельному режимі під час монтажу повинні відбуватися у спосіб, що гарантує повну безпеку.

Прилад повинен бути встановлений відповідно до нормативів СНіП і згідно з проектом монтажних робіт, а також відповідно до «Правил безпечного використання під тиском», правил охорони праці, протипожежних та гігієнічних норм.

Прилад повинен бути встановлений таким чином, щоб його можна було оглянути, відремонтувати та почистити, і щоб не було ризику перекидання. Для полегшення технічного обслуговування повинні бути передбачені платформи та драбини, а для перевірки можна використовувати інші пристрої та обладнання без шкоди для міцності та стабільності приладу.

Фундамент колони повинен бути на першому поверсі будівлі. Фундаменти виготовляють із збірного бетону. Що стосується висоти, то стовп може підтримуватися в антресолі за допомогою металевих ременів.

При проектуванні положення колони має бути мінімальна відстань $2,5D$, де D – діаметр колони. Також слід стежити за тим, щоб фундамент був рівно рівним, а стовп рівномірно підтримувався на першому поверсі. Якщо колонка має пульт поверхні теплообміну висота фундаменту повинна бути приблизно 2 м.

<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> Монтаж, ремонт та експлуатація	200387.ДП.31.006.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

Перед монтажем усі частини колони та допоміжного обладнання мають бути випробовані тиском до 1,25 робочого тиску.

Монтаж починається з перевірки піддонів, фланців, ущільнювачів і з'єднань між циліндрами. Після встановлення нижнього циліндра його необхідно вирівняти та закріпити. При необхідності додайте цементний розчин.

Перед монтажем наступної балки переконайтеся, що балки також закріплені, і переконайтеся, що вони прямі та не були пошкоджені під час транспортування. Якщо виявлено пошкодження, його слід усунути, вирівнявши і випрямивши бортик, без використання сталевого молотка. Якщо прокладка, що вставляється між циліндрами, складається з окремих частин (у разі колони великого діаметра), на стиках робляться фаски, довжина яких повинна бути не менше трьох товщин прокладки.

Укладаючи колону, переконайтеся, що отвори в піддонах знаходяться в правильному положенні, коли циліндри вирівняні. Переконайтеся, що прокладка знаходиться в правильному положенні (заздалегідь прив'яжіть її до фланців мотузкою), а анкерні болти (підйомники) закріплені без зміщення чи переміщення. Забороняється монтувати та затискати обладнання таким чином, що створює додаткові напруження та порушує конструкцію приладу, а також не дозволяється монтувати пошкоджені прокладки.

Перед затягуванням фланцевих з'єднань рівномірно затягніть гвинти за 3-4 раунди. Через дві години після затягування знову затягніть гвинти. Під час роботи не допускається затягування гвинтів.

Перед запуском пристрою необхідно перевірити: доступність до Держнаглядохоронпраці стан для пуску, якість гвинтових і фланцевих з'єднань і закріплення фундаментних болтів, стан пристрою, правильність і надійність з'єднань з технологічними лініями, готовність приладів до роботи, відсутність тимчасових заглушок на робочих ділянках трубопроводів,

можливість роботи регулюючої, запірної та запобіжної арматури, що підключається до пристрою згідно з технологічною схемою.

Монтаж, технічне обслуговування, інтервали оглядів, технічне обслуговування та сервісне обслуговування приладів повинні здійснюватися відповідно до правил проектування та безпечної експлуатації посудин під тиском.

Підвищення тиску в приладі не повинно перевищувати 5 кгс / см в хвилину.

Вимірювально-контрольне обладнання повинно бути встановлене відповідно до технологічної схеми, складеної автором приладу.

Адміністрація компанії-користувача забезпечує утримання посудин у справному технічному стані та їхнє безпечне використання шляхом перевірок, ремонтів та моніторингу, у повній відповідності з вимогами «Правил обладнання та безпечної експлуатації посудин під тиском». '.

При монтажі та експлуатації машини необхідно дотримуватися вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.2.003 та цією інструкцією.

Користувач повинен мати інструкцію з експлуатації та безпечного обслуговування машини, затверджену оператором машини.

Під час експлуатації обслуговуючий персонал повинен суворо дотримуватися вимог цієї інструкції, інструкції з експлуатації та техніки безпеки приладу, а також перевіряти справність світильників, вимірювально-контрольної апаратури та запобіжних пристроїв.

Власник пристрою повинен регулярно перевіряти роботу пристрою та регулярні внутрішні перевірки для виявлення стану внутрішніх поверхонь та впливу середовища на стінки судини.

У місцях, недоступних для внутрішнього огляду, товщину стінки вимірюють неруйнівними методами. Результати вимірювань необхідно зареєструвати в паспорті приладу.

Перед внутрішнім оглядом прилад необхідно вимкнути, звільнити від технологічного середовища та від'єднати від усіх труб, що з'єднують прилад із джерелом тиску чи іншим приладом, за допомогою запірн

Ремонт корпусу пристрою (корпуса, днища, арматури та інших деталей, що працюють під тиском) повинен узгоджуватися з виробником приладу і проводитися відповідно до «Правил обладнання, що працює під тиском, та їх використання», «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 та отримали інструкції щодо безпечного використання цистерн та обладнання.

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.

Блискавкозахист і захист від вторинних проявів ударів блискавки виконувати згідно з РД-36.21. 122-87 «Інструкція з блискавкозахисту будівель і споруд».

Випускати газ із приладу можна лише через газопроводи до пальника. Газ не повинен виходити через зазор між фланцями.

Перед проведенням ремонтних або зварювальних робіт ємність зі спиртом і спиртом необхідно повністю спорожнити, прилад і труби промити водою і випарити. Процедура і послідовність видалення алкоголю з приладу повинні виконуватися з повною відповідністю вимогам безпеки та цим правилам. Після видалення спирту, промивання водою та випаровування всі

збірні ємності необхідно негайно заповнити водою, від'єднати контрольні кришки та промити.

Під час гарячих робіт забороняється проносити в приміщення кисневі балони, газові балони та газові прилади. Гарячі роботи можуть проводитися тільки в присутності головного техника заводу або особи, яка спеціальним наказом керівника заводу уповноважена серед інженерно-технічних працівників, відповідальних за роботу заводу.

Спиртні пари та пов'язані з ними забруднювачі, навіть у невеликих кількостях у повітрі, є шкідливими для обслуговуючого персоналу і в певних пропорціях утворюють з повітрям вибухонебезпечну суміш. Спирт та його забруднювачі легко реагують з вогнем і тому дуже небезпечні.

Етанол має наркотичну дію на організм людини і спочатку викликає збудження, але при впливі великих доз виникають розлади і параліч нервової системи. Гранично допустима концентрація (ГДК) парів етанолу в повітрі виробничих приміщень становить 1000 мг/м (ГОСТ 12.1.005-88).

Етанол — легкозаймиста рідина. Межа займання для насичених парів етанолу в повітрі 11-41 С; діапазон займання парів етанолу при атмосферному тиску 3,6-19% (об/об), 68-340 г/м Температура спалаху 404 С, температура займання 13 С.

Категорія та група вибухонебезпечності етаноло-повітряної суміші ІІА-Т2- за ГОСТ-12.1.011-78. Приміщення для адсорбції етанолу віднесено до категорії А за пожежно-вибухонебезпечністю згідно СНиГТ 11-90-81 та до класу 1а (ПУЕ). Вони повинні бути обладнані надійною вентиляцією та необхідним протипожежним обладнанням. Для гасіння етанолу, що займає, можна використовувати всі вогнегасні засоби.

Завершити видалення спирту з агрегату не менше ніж за 2 години до зварювання в адсорбційній камері; повне видалення алкоголю з блоку, спиртомірів та камери прийому спирту в приміщенні для зберігання алкоголю; ретельне провітрювання приміщення.

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

Рух алкоголю та його забруднюючих речовин викликає електростатичні заряди, тому необхідно вживати захисних заходів для запобігання іскровим зарядам.

7. Схема автоматизації зневоднення спирту

7.1 Автоматизація процесу в секції водовідведення

Найважливішим завданням на цьому етапі є підтримання оптимальної роботи регенераційної колони та адсорберів. Також необхідно стежити за рівнем збірних ємностей, станом електроприводів і положенням запірної та регулюючої арматури на обладнанні.

Слід зазначити, що експлуатувати установку неможливо, якщо технологічний режим не підтримується в автоматичному режимі.

Крім того, контроль додаткового простору дає можливість збільшити прибуток за рахунок зниження споживання тепла і води, що знижує витрати виробництва на одиницю продукції.

Температуру перед адсорбентами вимірюють за допомогою термометра 16а типу ТСП-100 і передають на ПЛК для контролю процесу за допомогою викробезпечного датчика температури 166 типу ТМТ 1463Б.

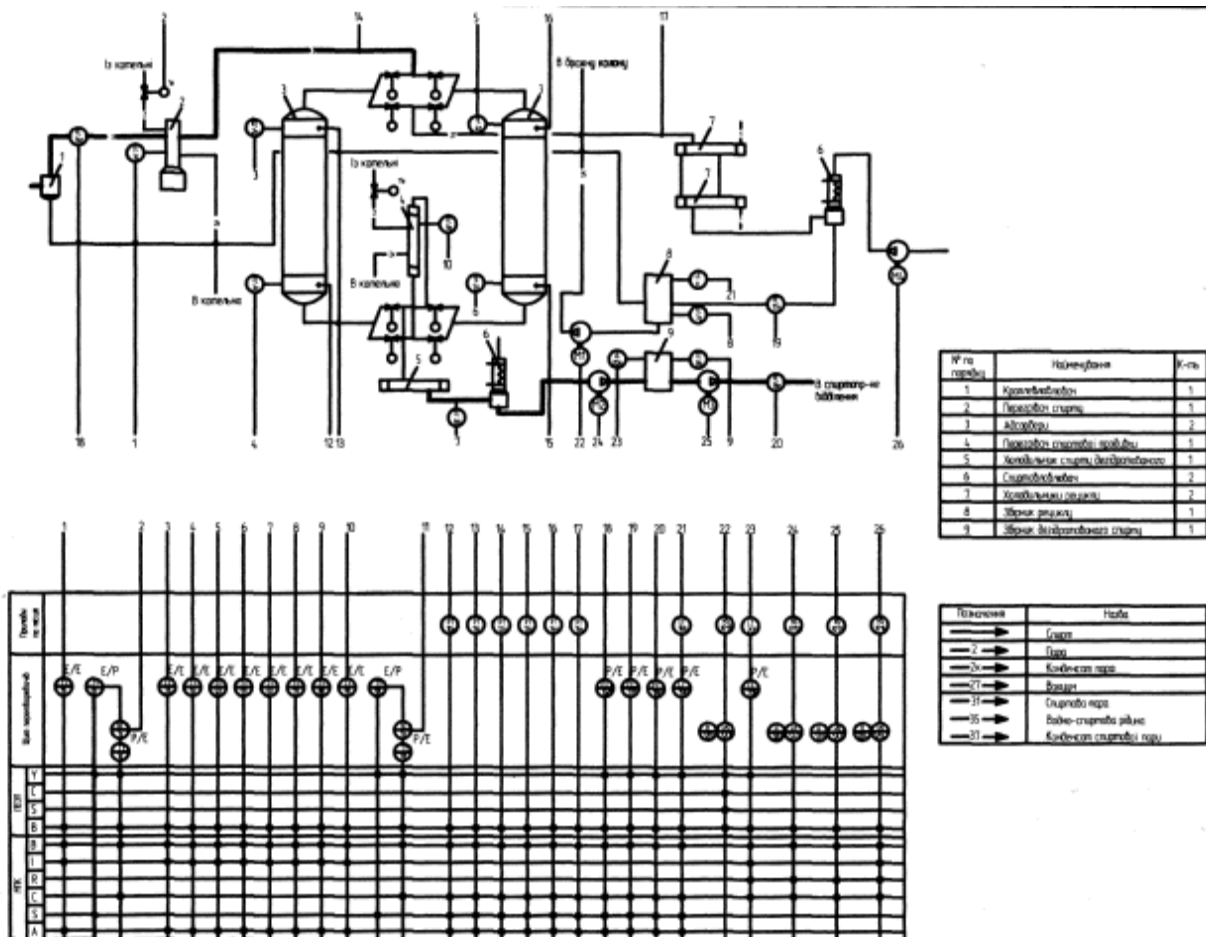
Температура у верхній частині 1 адсорбера вимірюється термометром 17а типу ТСП-100 і передається через іскробезпечний датчик температури 176 типу ТМТ 146ZB на ПЛК для контролю процесу.

Виміряйте температуру у верхній частині адсорбатора за допомогою термометра 18а типу ТСП-100 і передайте її на ПЛК для управління процесом через викробезпечний датчик температури ТМТ 146ZB 186.

Виміряйте температуру в нижній частині 1 адсорбера за допомогою термометра ТРР-100 19а і передайте її через викробезпечний датчик температури типу ТМТ 146ZB на ПЛК, який керує процесом.

Температуру в нижній частині 2 адсорбера вимірюють за допомогою термометра ТСП-100 20а і подають через викробезпечний температурний датчик 206 типу ТМТ 146ZB на ПЛК для управління процесом.

<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> Схема автоматизації зневоднення спирту	200387.ДП.31.007.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3	



Надлишок води, що вводиться в колону для спирту-сирцю і рециркуляції, видаляється з колони у вигляді припою за допомогою насоса і охолоджується в теплообміннику перед скиданням в колектор припою і в дренаж.

Спиртова водяна пара з верхньої частини регенераційної колони пропускається через крапельний сепаратор до пароперегрівача, де нагрівається паром котла до температури 11-120о С. Конденсат з пароперегрівача надходить до котлів.

Краплі рідини збираються в сепараторі і регулярно збираються в рециркуляційну трубку.

Підвищений тиск (180-185 кПа) в колоні створюється шляхом регулювання надходження перегрітої пари до адсорберів за допомогою клапана. Перегріта пара по черзі подається на адсорбери. Наприклад, якщо адсорбер працює у фазі адсорбції, перший (лівий) адсорбер може

(адсорбер) і фазу десорбції у другому (правому) адсорбері, потік продукту організовується наступним чином. Відкрити клапани 75.1 і 76.1, закрити 75.2 і 76.2. Пари перегрітого спирту проходить через молекулярні сита першого адсорбера, який адсорбує воду, і на виході з адсорбера виходить пара зневодненого спирту, яка послідовно направляється на конденсатори зневодненого спирту та в дегідратор.

Підвищений тиск 160-165 кПа в адсорбаторі створюється шляхом регулювання потоку пари в конденсатори зневодненого спирту за допомогою клапана. Зневоднений спирт з конденсаторів і пасток збирається в резервуар, а неконденсовані гази викидаються в атмосферу через спиртовловлювач.

При цьому другий адсорбер працює з десорбцією. Для цього вакуумний насос (62) через спиртовловлювачі (61, 60) і рециркуляційні конденсатори (59, 58.2 і 58.1) створює розрідження в адсорбаторі з відкритими клапанами 78.2 і 79.2 і закритими клапанами 78.1 і 79.1. Величина вакууму контролюється шляхом збору неконденсованих газів через клапан 81.

Коли тиск і, отже, температура в адсорбаторі швидко падають, молекулярні сита охолоджуються і адсорбована вода виділяється у вигляді пари до рециркуляційних конденсаторів (58.1, 58.2 і 59), звідки конденсат направляється в рециркуляцію. розповсюджувач (65). Для подальшого нагрівання сіток 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 зневоднення наступна порція води та спиртової пари.

8. Техніка безпеки і охорона праці

Безпечна робота адсорбційної установки визначається тим, що пари спирту та пов'язані з ним забруднювачі в повітрі токсичні в різних кількостях і в правильних пропорціях з повітрям утворюють легкозаймисту і вибухонебезпечну суміш.

Винокурні постійно контролюють концентрацію парів спирту в повітрі і порівнюють кількість парів спирту в спиртовому заводі з гранично допустимою концентрацією (ГДК). Граничні концентрації парів спирту в атмосферному повітрі встановлюються органами охорони здоров'я та наведені у відповідних таблицях.

Вентиляційні канали для газів, що не конденсуються та абсорбентів спирту, повинні бути виведені за межі адсорбційної камери та забезпечені антипіренами.

Приміщення повинно мати надійну припливно-витяжну вентиляцію, автоматичне пожежогасіння (пара, піна або вуглекислий газ) і пожежна панель.

Електропроводи, електродвигуни та пускові пристрої повинні бути вибухобезпечними.

Під час роботи адсорбційної установки в цілому та окремих вузлів забороняється протікати спирт у прокладки, клапани, прокладки, фланці, труби та інше обладнання. Під час роботи категорично забороняється використання відкритого вогню, зварювання та використання інструментів, які можуть утворювати іскри.

<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> Техніка безпеки і охорона праці	200387.ДП.31.008.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 3/3

Під час використання обладнання необхідно не допускати потрапляння в приміщення речовин, які можуть спричинити самозаймання.

При регулюванні обладнання не перевищуйте параметри процесу (тиск, температура тощо), зазначені в паспорті виробника.

Також необхідно стежити, щоб обладнання в цілому та окремі прилади не очищалися під час роботи.

Перед ремонтом обладнання приладу або його окремих компонентів необхідно повністю видалити спирт з приладу, промивши прилад та окреме обладнання парою, запотівши колонку, конденсатори, колектори, труби тощо. Завершіть видалення спирту з приладу не менше ніж за дві години до початку зварювальних робіт у камері; повністю видаліть спирт з приладу, контрольних ковпачків і камери для збору спирту та перемістіть його до приміщення для зберігання спирту; інтенсивно провітрюйте приміщення.

Під час газового зварювання не можна вносити в приміщення кисневі балони.

Перед виконанням ремонту необхідно отримати дозвіл відповідного заводського відділу.

Для освітлення внутрішньої частини приладу під час ремонту, очищення та огляду можна використовувати лише портативні низьковольтні лампи (12-36 В), а для переносного освітлення під час роботи можна використовувати лише електричні ліхтарі на 2-3,5 В.

Етиловий спирт і його домішки в основному діелектрики, тому при їх русі створюється статична напруга. Щоб запобігти іскровим розрядам, необхідно вжити заходів щодо захисту від статичної напруги.

Все протипожежне обладнання повинно бути в справному стані. Вогнегасники не повинні бути застарілими.

Особи, відповідальні за пожежну безпеку в салоні, повинні перевірити наявність та справність протипожежного обладнання.

Евакуаційні виходи не повинні бути заблоковані.

Для запобігання нещасним випадкам на виробництві працівники повинні проходити регулярне навчання та навчання з техніки безпеки та протипожежного захисту.

9. Охорона навколишнього природного середовища

У випадку України етиловий спирт, отриманий шляхом біоконверсії харчової сировини, також останнім часом був одним із найважливіших експортних продуктів переробної промисловості. Втрата ринків збуту в СНД призвела до більш ніж втричі скорочення виробництва високоякісного ректифікованого спирту для алкогольних напоїв в алкогольній промисловості України.

З точки зору світового досвіду, ситуація на ринку виробництва та споживання етанолу суттєво змінилася. Сьогодні етанольні заводи частково використовуються для переробки етанолу в алкогольні напої, тоді як більшість виробляє паливний етанол, який є добавкою до двигунів внутрішнього згоряння.

Вода, що міститься в комерційно доступному «маслі солодки», значно ускладнює перегонку, оскільки з компонентами лакричного масла утворюються азеотропні суміші.

Першим етапом перегонки «солодкової олії» є відновлення етанолу (Е), другим етапом є висушування шляхом адсорбції. Суть цього процесу полягає в тому, що в присутності великої кількості амілового спирту (А) - близько 50% за масою - вода, яка утворює з ним азеотропну суміш, виступає як леткий компонент і видаляється через верхню частину колони. Після конденсації азеотропна суміш шарується на нижній, переважно водний шар (В + А) і верхній, переважно спиртовий шар.

<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> Охорона навколишнього середовища	200387.ДП.31.009.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

В даний час сірчаний спирт не використовується як комерційний продукт, оскільки він складається з кількох компонентів і містить велику кількість води. Однак вибирати його бажано, оскільки він позитивно впливає на якість алкоголю.

Його можна використовувати для виробництва промислового спирту, денатурованого спирту або дистильованого спирту для відділення питного спирту від інших компонентів.

Екологічні причини

Спирт етиловий, який постійно виробляється спиртовою промисловістю.

8% води, неможливо витягти всю воду зі спирту в процесі ректифікації. Тому циклогексан і синтетичні молекулярні сита зараз використовуються для отримання зневодненого етанолу (допустимий вміст води 0,02% за об'ємом).

Циклогексан є токсичною речовиною. Допустима концентрація в повітрі на робочому місці 80 мг/м³. Пари циклогексану утворюють з повітрям вибухонебезпечну суміш.

Палаюча вода видаляє сильні спиртові забруднення. Вода для припою кисла і агресивна по відношенню до звичайної сталі. Ємність у півтора-два рази більша, ніж у спирту, коли епуратор і спиртові колони закриті, і приблизно в чотири рази більше, коли відкриті.

Лютерну воду використовують для промивання олії в луку, гідроселекції в колонах ВЧ і епураторів, приготування зернових сумішей і затору. Залишок лютерної води після попереднього очищення скидається в каналізацію.

Припій, що містить органічні кислоти, є агресивними стічними водами і очищається наступним чином.

Охолоджуюча вода з температурою 100 ... 105 °С охолоджується в теплообміннику з кожухом і трубкою до 30 ... 35 °С і направляється в середню ємність, куди додають лужні та живильні розчини. Вміст змішувача перемішують за допомогою стисненого повітря. Забруднена вода зі

значенням рН 7,5 ... 7,8% надходить в аеротенк, де її обробляють активним мулом.

Лютерна вода має вміст BSC5 200 ... 1000 мг O₂/л. Витрата каустичної соди на сублуживан 0,1 кг/м³. В якості живильного речовини використовують діамоній фосфат, який містить азот і фосфор. Витрата солі на азот, що визначається співвідношенням BSC5: P = 100: 7: 1, становить 0,15 кг/м³.

Стічні води в перегінній промисловості діляться на три основні групи:

1. Промислова вода, яка виникає безпосередньо в результаті використання води в технічних процесах. Вода забруднена всіма речовинами, які використовуються в технічній діяльності певного виробництва.

2. Промислова вода експлуатаційних і допоміжних процесів, що виникають при поверхневому охолодженні технічного обладнання та електростанцій. Такі води в основному характеризуються підвищеною температурою.

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

Фізико-хімічне очищення стічних вод характеризується такими процесами, як сорбція, екстракція, коагуляція, електрокоагуляція, флотація, іонообмін, кристалізація, електродіаліз, випаровування, ректифікація, мембранна технологія тощо. Фізико-хімічні методи очищення промислових стічних вод в основному складаються з вилучення з них цінних речовин і тому називаються методами регенерації або рециркуляції.

Анаеробні бактерії відіграють важливу роль у біологічному очищенні води, оскільки їх життєдіяльність викликає неприпустимий запах у стічних водах. Особливо поширене анаеробне метанове бродіння шламу в спеціальних закритих конструкціях із залізобетону - метантенках. Анаеробні мікроорганізми використовувалися для очищення стічних вод у високих

концентраціях (понад 1000 мг O₂/л BSC), особливо на винокурних заводах. При цьому зменшилися експлуатаційні витрати на процес очищення стічних вод і стало можливим отримання горючого біогазу, кормового концентрату (з вітаміном B12) та органомінеральних добрив.

При використанні адсорбентів, особливо абсорбентів, необхідно не тільки вирішувати проблему очищення повітря від шкідливих речовин, але й утилізації відпрацьованих сорбентів, що є джерелом вторинного забруднення навколишнього середовища. Найбільш раціональними технічними рішеннями в цьому напрямку слід вважати регенерацію використаних сорбентів або їх подальше використання в технічних процесах для певного виробництва чи інших видів виробництва.

Висновки

У ході проекту були проведені дослідження спиртової промисловості, а саме огляд та аналіз існуючих конструкцій спиртових заводів та можливості їх подальшого використання для виробництва БКД.

Для даного адсорбційного апарату проведено необхідні розрахунки, а саме: технологічні розрахунки; конструкційні розрахунки; механічні розрахунки; гідравлічні розрахунки.

Також були враховані питання щодо встановлення, експлуатації та ремонту апарату. Обговорювалися питання автоматизації апаратури та питання безпеки та охорони навколишнього середовища. Розробка та впровадження технології зневоднення етанолу впливає насамперед з необхідності розпочати виробництво високоякісного абсолютного етилового спирту для потреб медичної, біологічної, хімічної та інших галузей суспільного виробництва, а також усунути залежність України від його імпорту, а використання зневодненого спирту як добавки до палива іскрових двигунів також зменшить залежність України від імпортованого нафтового палива. Крім того, це допоможе зберегти робочі місця на заводах з виробництва спирту в Україні. Організація виробництва нового продукту дозволить зайняти виробництво виробничих потужностей підприємства.

Впровадивши заходи з модернізації адсорбера вертикального, ми забезпечимо інтенсифікацію процесу розділення спиртової суміші, тим самим покращиться якість вихідного продукту та збільшиться продуктивність відділення виробництва спирту етилового.

<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> Висновки	200387.ДП.31.000.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 використаної літератури

1. Рябцев Г.Л. Зневоднення на молекулярних ситах як оптимальний метод абсолютування етанолу / Рябцев Г.Л., Козицька О.О. // Збірник тез доповідей VI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів". – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – С. 26 – 27.

2. Калетник Г.М. Новітні технології біоенергоконверсії і перспективи використання паливного біоетанолу в Україні / Г.М. Калетник, С.П. Циганков, О.І. Володько // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки. — Вінниця, 2011. — Випуск 1(48). — Т. 2 — С. 109–112.

3. Пат. 3432923 А1 Германия Способ получения этанола в процессе ферментации / Драгович Здравко, Кетлінг Ульрих, Хофманн Сандра, Отт Христиан, Краус Михаель, Цаврель Михаель, Кольтерман Андре (DE); ЗЮД-ХЕМИ ИП ГМБХ УНД КО.КГ (DE). – Опубл. 06.03.1986.

4. Голуб Г.А. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. та ін.; за ред. Г.А. Голуба. – К.: НУБіП України, 2017. – 229 с.

5. Олійнічук С. Т. Прогресивні технології біопалива з рослинної сировини / С. Т. Олійнічук, В. В. Сосницький // Продовольчі ресурси. – 2014. – № 2. – С. 8-14.

6. Українець А. Спиртова галузь: на шляху до інноваційного розвитку / А. Українець, Л. Хомічак, П. Шиян // Харчова і переробна промисловість: щомісячний науково-практичний журнал. – 2015. – № 12. – С.16 – 19.

7. Красінько В.О. Біоенергетика та охорона довкілля [Електронний ресурс]: конспект лекцій / В.О. Красінько. - К: НУХТ, 2013. – 88 с.

<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> Список літератури	200387.ДП.31.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

8. Дубровін В.О. Біодизель та біоетанол / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, В.М. Поліщук та ін. – К.: ЮНІДО, 54 с.

9. Циганков П.С. Виділення спирту з бражки та його очищення / П.С. Циганков. – К.: Глобус, 200. – 120 с.

10. Дослідження зневоднення водно-спиртових сумішей різних концентрацій в паровій фазі з використанням вибраних вітчизняних цеолітів [Електронний ресурс] / Г. О. Кизюн, О. С. Міщенко, І. М. Журавський, Н. М. Кизюн, К. В. Дремлюга, О. В. Сосновська // Цукор України. - 2013. - № 7-8. - С. 14-16.

11. Оцінка ефективності різних технологій біоетанолу з бражки [Електронний ресурс] / Г. О. Кизюн, О. С. Міщенко, Р. В. Бей, Н. М. Кизюн // Цукор України. - 2016. - № 3. - С. 35-37.

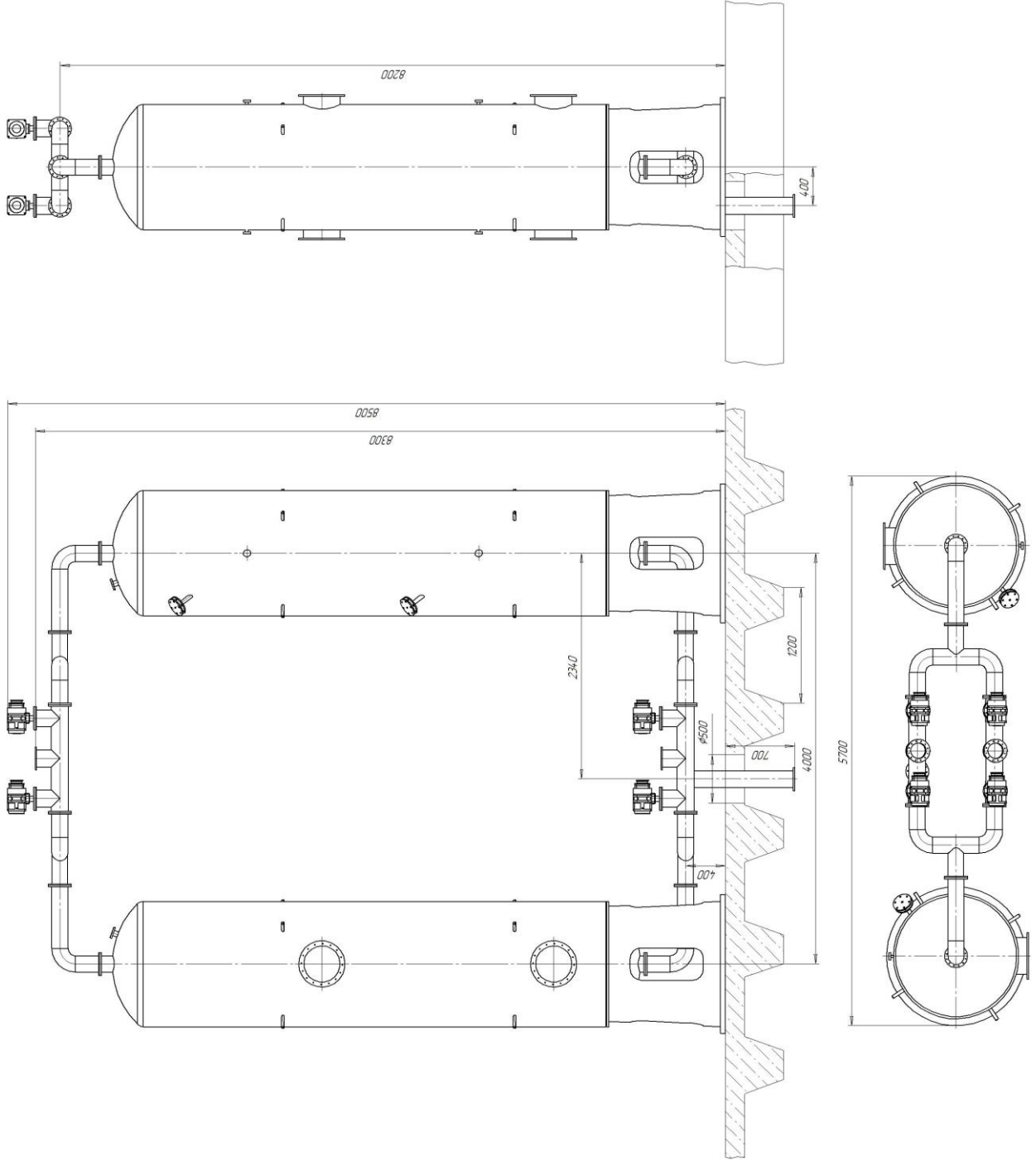
12. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене / К.Н.Ткачук, М.О. Халімовський, В.В.Зацарний, Д.В. Зеркалов / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. –345 с.

13. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Л.В. Туряб. – Львів, 2000 – 350 с.

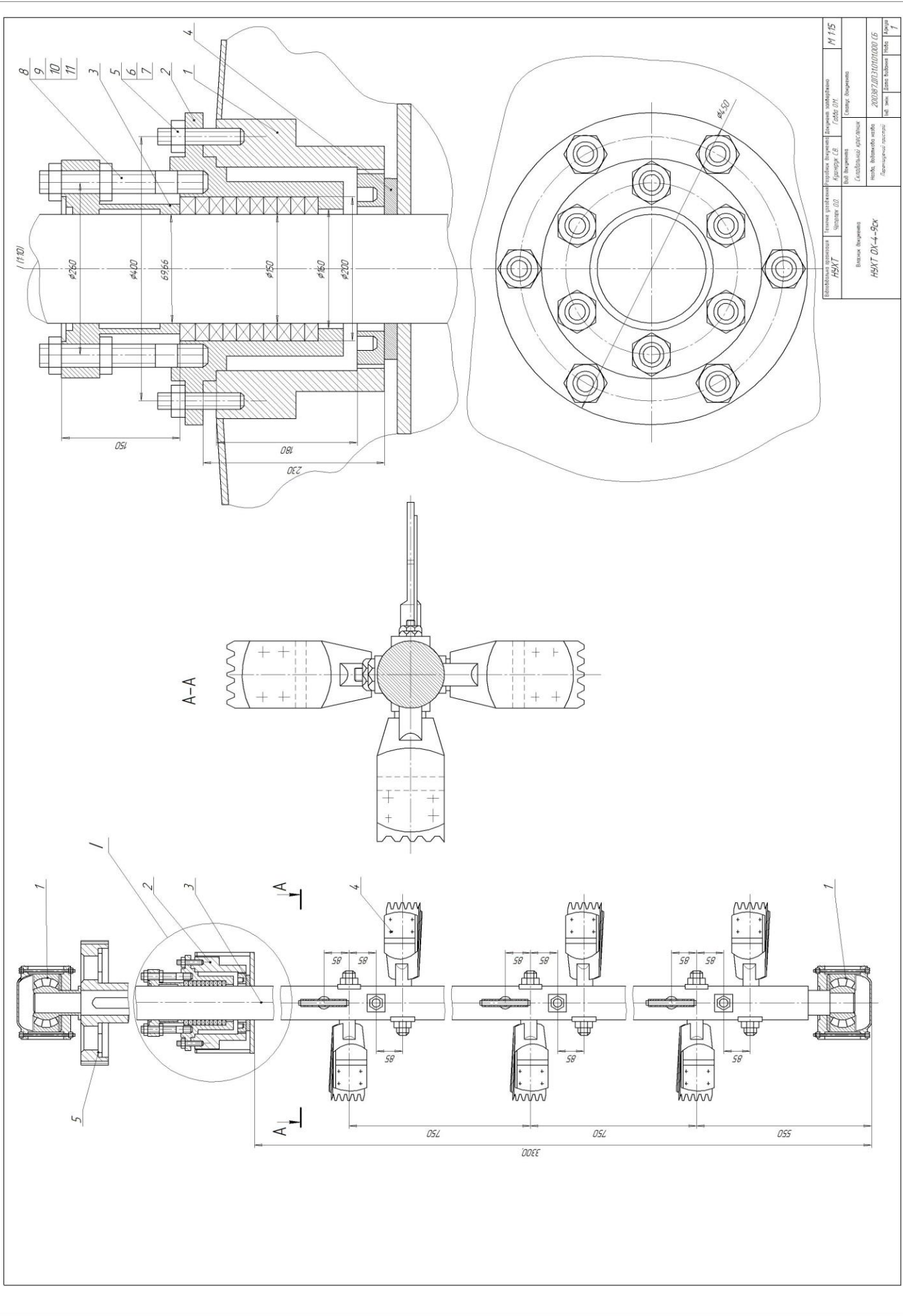
ДОДАТКИ

Технічна характеристика

- 1. Установа призначена для отримання етанолу
- 2. Продуктивність установки по абсолютному спирту, т./добу.....50
- 3. Принцип роботи.....циклічна адсорбція на молекулярних ситах (цеоліт типу 3А)
- 4. Параметри роботи
 - 4.1 Поставка під тиском:
 - 4.1.1 Температура, °С.....135
 - 4.1.2 Тиск абсолютний, кПа.....185
 - 4.1.3 Час роботи в цикліс.....90
 - 4.2 Поставка під вакуум:
 - 4.2.1 Температура, °С.....115
 - 4.2.2 Тиск абсолютний, кПа.....13
 - 4.2.3 Час роботи в цикліс.....80
 - 4.3 Тривалість десорбції, с.....210
- 5. Габаритні розміри:
 - висота, мм.....8500
 - ширина, мм.....2700
 - довжина, мм.....5700
- 6. Маса, не дільше т.....14



Виробник: Україна	Точка продаж: Україна	Розробник: Україна	Державний завод: Україна	М 1/15
HSXT	Чугунні циліндри	Алюмінієві циліндри	Габарити: СБ	Стан: Вироблено
Висота: 8500	Ширина: 2700	Довжина: 5700	Маса: 14	200387.013.000.000.05
HSXT 01-4-95к				Дата вироблення: 1/



Исполнитель: ИВХТ	Технический отдел: ИВХТ	Проектировщик: М.И.С.	Проверенный: М.И.С.
Специalist: ИВХТ	Специalist: ИВХТ	Специalist: ИВХТ	Специalist: ИВХТ
Дата: 2008.01.01	Лист: 1	Изменения: ИВХТ	Листов: 1

