

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ**

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР**

**зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування**

**Тема роботи:** «Виробництво гідрохінону. Розрахувати тарілчастий абсорбер для очищення повітря від аміаку продуктивністю 12000 м<sup>3</sup>/Годину.»

Виконав студент

Стегній Є.С.

Залікова книжка:

№ \_\_\_\_\_

Захищений з оцінкою:

\_\_\_\_\_

Керівник проекту

Закусило Р.В.

ШІ Сум ДУ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Спеціальність: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Студенту: Стегній Є.С.

група ХМзт – 91ш курс IV

1. Тема роботи «Виробництво гідрохінону. Розрахувати тарілчастий абсорбер для очищення повітря від аміаку продуктивністю 12000 м<sup>3</sup>/годину.»

2. Вихідні дані: Продуктивність 12000 м<sup>3</sup>/годину повітря, температура - 20°C, тиск 1 МПа, зміст аміаку в повітрі – 15% мас., ступінь поглинання – 99 %, абсорбент - вода.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)

3.1 Технологічна схема установки А1

3.2 Складальне креслення 2хА1

3.3 Складальні одиниці А1

3. Література та матеріали, які рекомендуються: Касаткин А.Г.

Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. – 754с. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Под ред. Ю.И. Дытнерский. М.: Химия, 1991. – 272с.

4. Контрольні терміни виконання: \_\_\_\_\_ червень

Етапи і розділи роботи	Тижні										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Вступна частина	+	+									
2. Технологічна (аналітична) частина			+	+							
3. Технологічні і конструктивні розрахунки					+	+	+				
4. Розробка креслень								+	+		
5. Оформлення записки										+	
6. Захисна робота											+

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ березень \_\_\_\_\_ 2023 р.

7. Термін захисту роботи \_\_\_\_\_ червень \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Закусило Р.В.

## Реферат

Пояснювальна записка: 52 арк., 10 рис., 3 таблиці., 12 літературних джерел. Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальне креслення апарату, креслення складальних одиниць, креслення одиниць, всього 4 листи формату А1.

Тема роботи: " Виробництво гідрохінону. Розрахувати тарілчастий абсорбер для очищення повітря від аміаку продуктивністю 12000 м<sup>3</sup>/годину "

Приведена технологічна схема виробництва, будова і принцип роботи апарату. Приведені теоретичні основи процесу абсорбції, виконані технологічні розрахунки і розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність і надійність роботи апарату.

Зроблений опис монтажу та ремонту основного обладнання, охорони праці на виробництві.

Ключові слова: АБСОРБЦІЯ, РОЗРАХУНОК, МІЦНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ГІДРОХІНОН.

## Зміст

Вступ .....	5
1 Технологічна частина .....	6
1.1 Опис технологічної схеми установки .....	6
1.2 Теоретичні основи процесу .....	7
1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів .....	8
1.4 Пристрій і принцип роботи апарату .....	14
2 Технологічні розрахунки .....	16
2.1 Матеріальний та тепловий баланси .....	16
2.2 Конструктивні розрахунки апарата .....	22
2.3 Гідравлічний опір апарата.....	26
2.4 Розрахунок допоміжного обладнання .....	28
3 Розрахунки на міцність апарату .....	33
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу.....	33
3.2 Розрахунок товщини стінки кришки .....	34
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання вхідного штуцера .....	35
3.4 Розрахунок опори.....	40
4 Монтаж та ремонт апарата.....	42
4.1 Монтаж апарата.....	42
4.2 Ремонт апарата .....	43
5 Охорона праці та техніка безпеки.....	45
5.1 Вимоги до обладнання.....	46
5.2 Фізико-хімічні властивості гідрохінона .....	47
5.3 Виробнича санітарія .....	47
Висновки.....	51
Список використаної літератури .....	52

					<b>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб.		Стегній			<i>Абсорбційна колона Пояснювальна записка</i>		
Перев.		Закусило					
Н. Контр.						4	52
Затверд.					<i>ІІІ Сум ДУ гр. ХМзт-91Ш</i>		

## Вступ

Абсорбцією називається масообмінний процес, в якому розчинний компонент газової суміші поглинається рідиною.

Контакт потоків рідини і газу здійснюється наступними способами:

- 1) пропусканням газу через колону з насадкою, яка зрошується рідиною;
- 2) пропусканням газу через колону, заповнену розпорошеною рідиною;
- 3) барботування бульбашок газу через шар рідини;
- 4) пропусканням газу над поверхнею рідини.

Розрахунок абсорбційної колони складається з трьох основних стадій.

1. За рівноважним співвідношенням газ – пар) - рідина для даної системи визначають кількість рідини, необхідне для поглинання необхідної кількості газу.

2. На підставі даних по граничних навантажень по газу і рідині апарату, прийнятого до розрахунку, знаходять необхідну площу поперечного перерізу складових частин апарату, через які проходять паровий і рідинний потоки.

3. На рівноважних даних і матеріальному балансі базується розрахунок числа рівноважних ступенів контакту (числа теоретичних тарілок або одиниць переносу), необхідних для заданого поділу. Складність поділу визначається тим, який ступінь вилучення найбільш бажана з точки зору економіки. Необхідний час контакту між взаємодіючими потоками або необхідна висота колони можуть бути розраховані, якщо дані по швидкості перенесення маси між газовою і рідкою фазами представлені у вигляді ККД тарілки або висоти перенесення маси (ВЕР).[1]

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технологічна частина

## 1.1 Опис технологічної схеми установки [3]

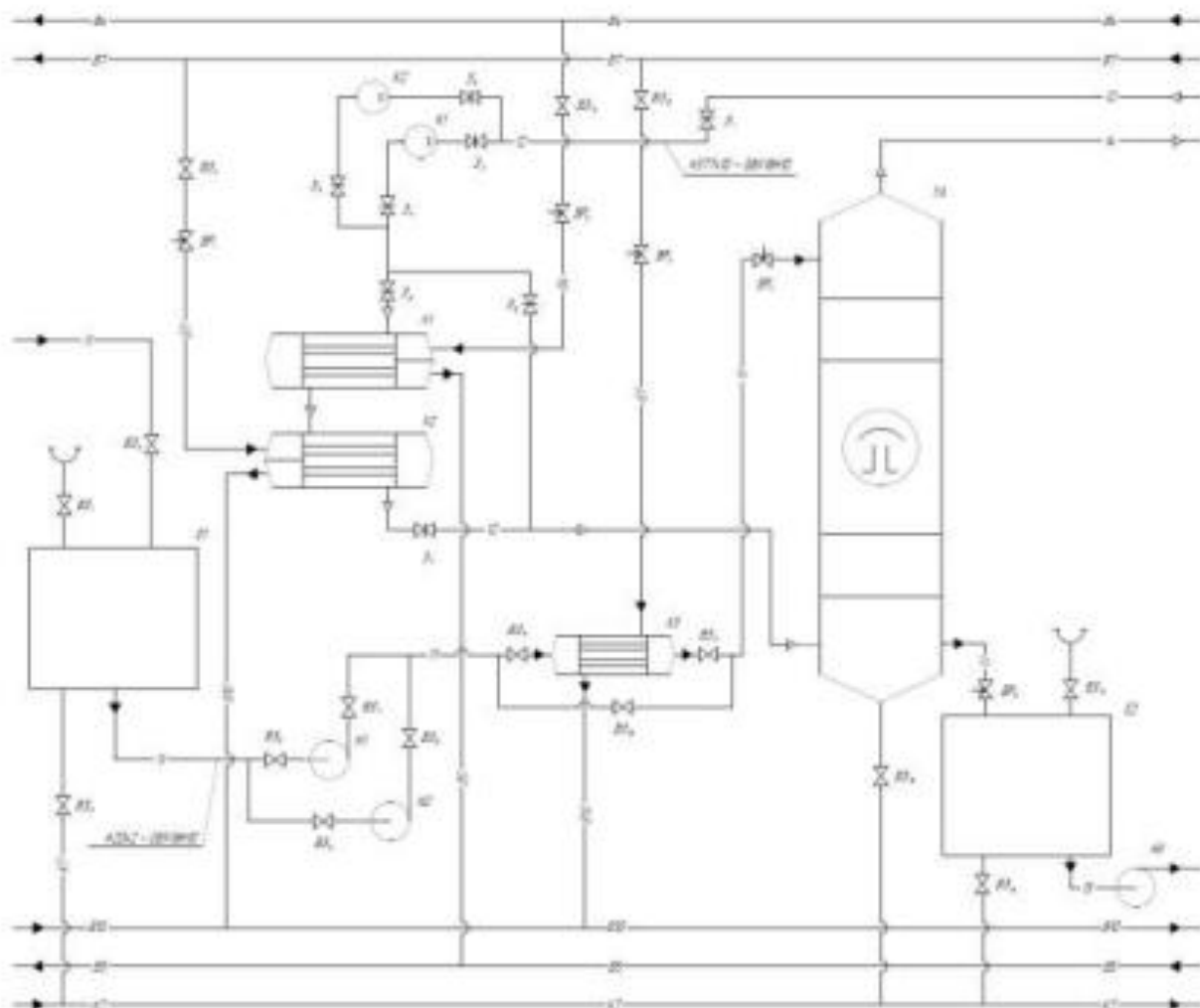


Рисунок 1.1 - Принципова схема абсорбції

Працює установка наступним чином. Газова суміш, охолоджена в теплообміннику, подається газодувкою в нижню частину абсорбера, де рівномірно розподіляється по перетину колони і надходить на контактні елементи (тарілки). Абсорбент подається у верхню частину колони відцентровим насосом із ємності, попередньо пройшовши через теплообмінник. У колоні здійснюється протитечійна взаємодія газу і рідини. Очищений газ виходить з колони в нагнітач, а потім в ємність. Абсорбент стікає в ємність, звідки насосом перекачується на подальшу переробку.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 1.2 Теоретичні основи процесу [3]

Розчинність газів в рідинах залежить від властивостей газу і рідини, від температури парціального тиску розчиняється газу (компонента) в газовій суміші.

Залежність між розчинністю газу і його парціальним тиском характеризується законом Генрі, згідно з яким рівноважний парціальний тиск  $p^*$  пропорційно вмісту розчиненого газу в розчині  $X$  (в кг / кг поглинача)

$$p^* = EX$$

де  $E$  – коефіцієнт пропорційності, що має розмірність тиску і залежать від властивостей розведеного газу і поглинача.

Розчинність багатьох газів значно відхиляється від Закону Генрі. Це відноситься головним чином до добре розчинних газів, що утворюють розчини високої концентрації. При низьких концентраціях розчину закон Генрі зазвичай добре дотримується.

Для практичних розрахунків користуються отриманим з досвіду значенням рівноважного парціального тиску газу  $p^*$  і обчислюють рівноважний вміст абсорбируемого компонента в газовій суміші  $y^*$  за формулою

$$y^* = \frac{M_k}{M_H} \cdot \frac{p^*}{p - p^*} \text{ кг/кг інертного газу,}$$

де  $M_k$  і  $M_H$  - молекулярні маси абсорбуючого компонента і інертного газу;

$p$ -загальний тиск газової суміші.

За знайденими значеннями  $y^*$  буде лінію рівноваги. При невеликих значеннях  $p^*$  в порівнянні з  $p$ , можна приблизно написати, враховуючи попереднє рівняння

$$y^* = \frac{M_k}{M_H} \cdot \frac{p^*}{p} = \frac{M_k}{M_H} \cdot \frac{E}{p} \cdot X = kX$$

$$\text{де } k = \frac{M_k}{M_H} \cdot \frac{E}{p}$$

В цьому випадку лінія рівноваги являє собою пряму, кута нахилу якої дорівнює  $k$ . [3]

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів [5]

Колони, в залежності від їх внутрішнього устрою для розподілу стікаючої флегми і висхідних парів поділяються на ковпачкові, сітчасті і насадочні. Колона є вертикальний циліндр, виготовлений зі сталі, чавуну або кераміки і складається з декількох царг, з'єднаних герметично за допомогою різних фланців. Більшість колон цільно зварні.

Тарілчасті барботажні колони є ефективними та найпоширенішими апаратами. Усередині колони одна під іншою розміщена певна кількість горизонтальних перфорованих перегородок – тарілок, що забезпечують перебіг рідини зверху вниз, а пари – знизу догори.

Тарілчасті колони бувають з ковпачковими, клапанними, провальними сітчастими тарілками, на яких має місце неорганізований перелив рідини через отвори, і з сітчастими тарілками з переливними пристроями. Найпростіша сітчаста провальна тарілка являє собою сито з круглими або продовгуватими отворами. В колонах з провальними тарілками важка фракція (рідина) стікає з верхньої тарілки на нижню, а газ (або пара) проходить знизу через ті ж самі отвори і розподіляється в шарі рідини, що знаходиться на тарілці, у вигляді струменів і пухирців – барботує рідину. Такі конструкції тарілок дуже чутливі до витрати і тиску пари в колоні.

Більш стійко працюють сітчасті тарілки з переливними пристроями. Ці тарілки (рисунок 1) мають переливні пристрої і оснащені порогами. Поріг 3 служить для руйнування піни, що стікає з вище розташованої тарілки, а поріг 4 – для підтримання певної висоти стовпа рідини на тарілці. Рідина поступає на верхню тарілку, переливається через переливні пристрої зверху донизу і видаляється з нижньої частини апарата.

Газ (пара) вводиться в нижню частину апарата і переміщається вгору, розподіляючись на кожній тарілці 1 у вигляді пухирців або ж факелів. Нижній кінець переливної трубки 2 дещо „втоплений“ в рідину, що утворює гідравлічний затвор і не дає змоги газу або парі попадати у переливну трубку.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



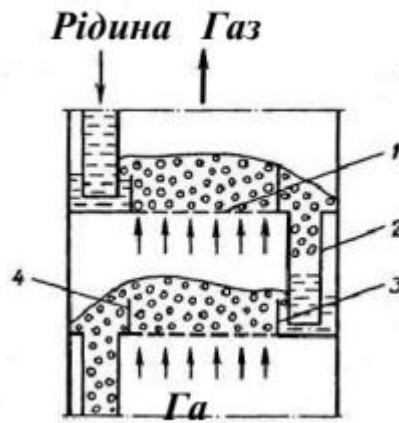


Рисунок 1.2 – Схема роботи тарілки з переливними трубками

Ковпачкові тарілки 1 (рисунок 1.3) також мають переливні пристрої 4, а проходження газу (або пари) здійснюється через невеликі по висоті патрубки 2, які зверху накриті ковпачками 3. Пара або газ під дією різниці тиску під тарілкою і над нею барботують через прорізи в ковпачку і шар рідини. На відміну від ситчастих тарілок ковпачкові не засмічуються твердими домішками, які знаходяться в суміші, що розділяється.

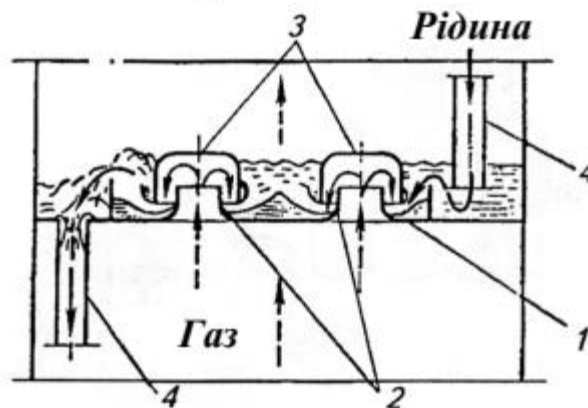


Рисунок 1.3 – Схема роботи ковпачкової тарілки

Для створення великої площі поверхні масопередачі на тарілках встановлюється велике число патрубків 6 і регульованих капсульних ковпачків 5. Розріз капсульного ковпачка показаний на рисунку 3.

Відстань від тарілки до нижнього обріза ковпачка 5 регулюється за допомогою втулки 4 і гайки 2, що встановлені на болті обмежувачі 3. Тарілки з капсульними ковпачками найбільш широко поширені в промисловості. Ковпачкові тарілки стійко працюють при значних змінах навантажень по газу (парі) та рідині.

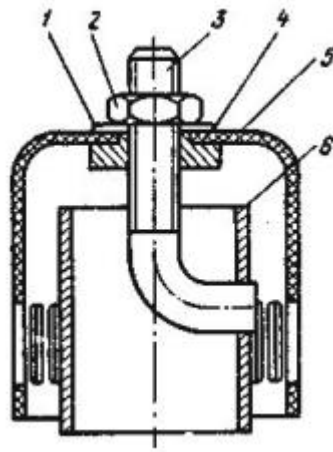


Рисунок 1.4 – Капсульний ковпачок

До головних недоліків капсульних ковпачків можна віднести складність конструкції, висока вартість і відносно високий гідравлічний опір. Клапанні тарілки поєднують властивості сітчастих і ковпачкових. Барботаж газу (пари) через рідину відбувається через клапани, які залежно від швидкості газового або парового потоку переміщуються по вертикалі.

Для клапанних тарілок характерна стабільність роботи в широких діапазонах змінень навантажень по газовому або паровому потоку. Одна з конструкцій клапана показана на рисунку 1.5.

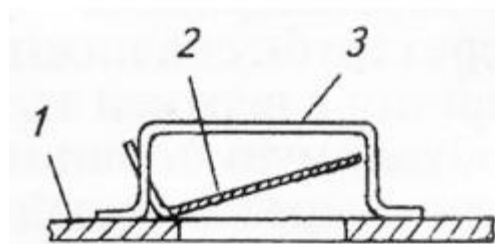


Рисунок 1.5 – Клапан клапанної тарілки

1 - тарілка; 2 - клапан; 3 - обмежувач.

Струменеві тарілки виконуються у вигляді похилих паралельних пластин, між якими проходить газ або пара. Поверхня контакту фаз утворюється струменями газу (пари) в шарі рідини, що протікає по тарілці.

На ковпачкових, клапанних і струменевих тарілках взаємодія газу (пари) з рідиною відбувається в умовах перехресного руху потоків. Пара проходить через отвори в тарілці, а рідина поступає і зливається з тарілки через діаметрально розташовані переливні пристрої. Ефективність описаних вище тарілок залежить від гідродинамічних режимів їх роботи. Залежно від швидкості пари і витрат рідини розрізняють три режими роботи барботажних тарілок: бульбашковий, пінний і струменевий.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В кожному режимі барботажний шар має характерну структуру, яка визначає гідравлічний опір і величину поверхні масопередачі. При невеликих швидкостях пари спостерігається бульбашковий режим. Він характеризується тим, що пара рухається через шар рідини у вигляді окремих пухирців. Цей режим малоефективний.

Із збільшенням витрати пари, що виходить з прорізу ковпачків або отворів тарілок струмені розпадаються з утворенням великої кількості окремих пухирців. При цьому на тарілці утворюється піна, що приводить до різкого збільшення поверхні масопередачі.

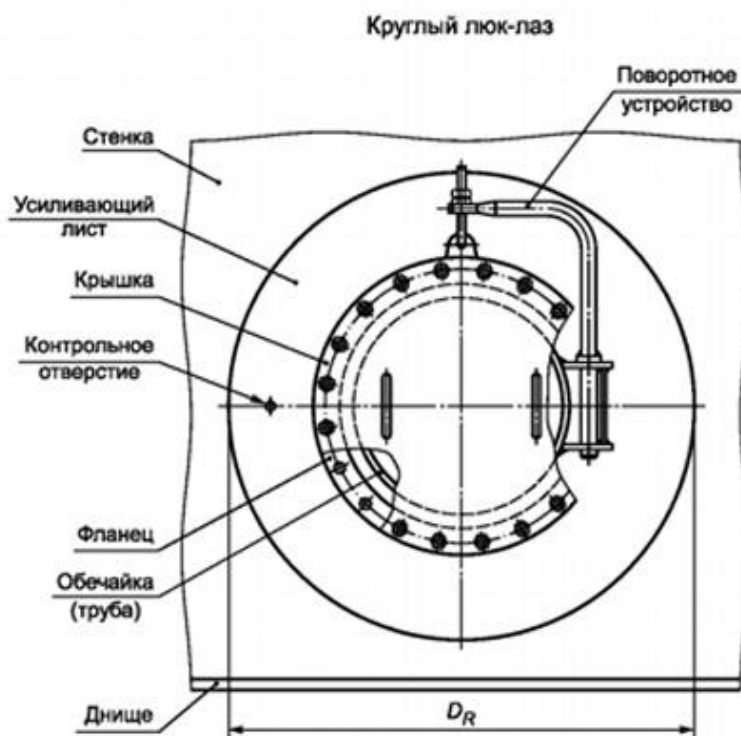
При струменевому режимі, який утворюється у разі подальшого збільшення швидкості пари, парові струмені індексують через шар рідини. При цьому поверхня масопередачі різко скорочується і починається переніс рідини з тарілки на вище розташовані

По конструкції корпусів розрізняють в основному три типи колон:

1) корпус зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же способом. У такому корпусі не влаштовують люків-лазів;

2) корпус суцільнозварний; кришку кріплять за допомогою фланцевого з'єднання. Для огляду в корпусі передбачають оглядові люки;

3) корпус суцільнозварний, до нього приварюють кришку і днище. Для монтажу і демонтажу внутрішньої оснастки його обов'язково постачають люками-лазами.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.03.00.00.00 ПЗ

Арк.

11

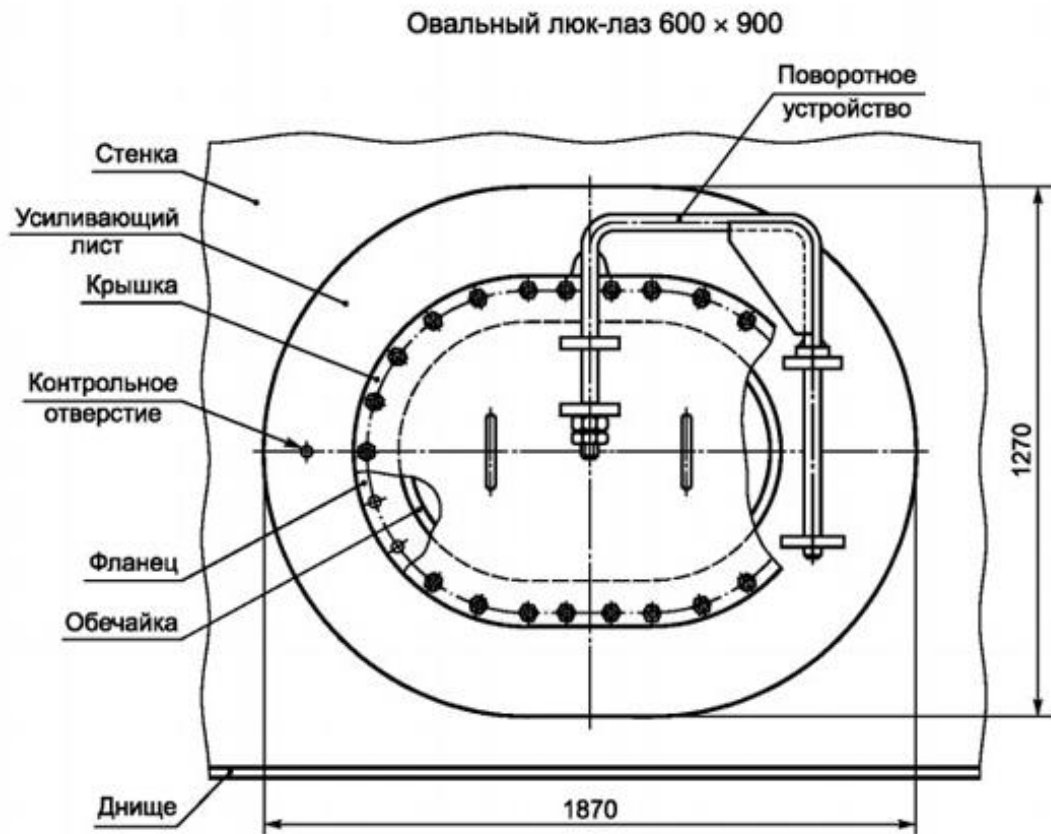


Рис. 1.6 - Люки-лази в стінках колон

У конструкціях опор колонних апаратів необхідно передбачати лази або вікна для огляду зварних швів і полегшення обслуговування. Для колон діаметром 800 мм і більше лази повинні бути діаметром не менше 500 мм.

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проектованого елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту та інше.), Слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).[1]

У цьому проекті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту з підвищеним вимогою до його якості в частині відсутності домішок, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12X18H10T ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256 ° С до + 525 ° С для корпусних елементів, до 600 ° С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E·10 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,12	2,0	0,8	17-18	2-11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

До недоліків цієї сталі слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, те що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів та інші., що не мають контакту і переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 380-71. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

#### 1.4 Пристрій і принцип роботи апарату [9]

Абсорбційна колона це вертикальний циліндричний апарат, конструктивно складається з корпусу, кришки, днища, штуцерів, опори і внутрішнього устрою.

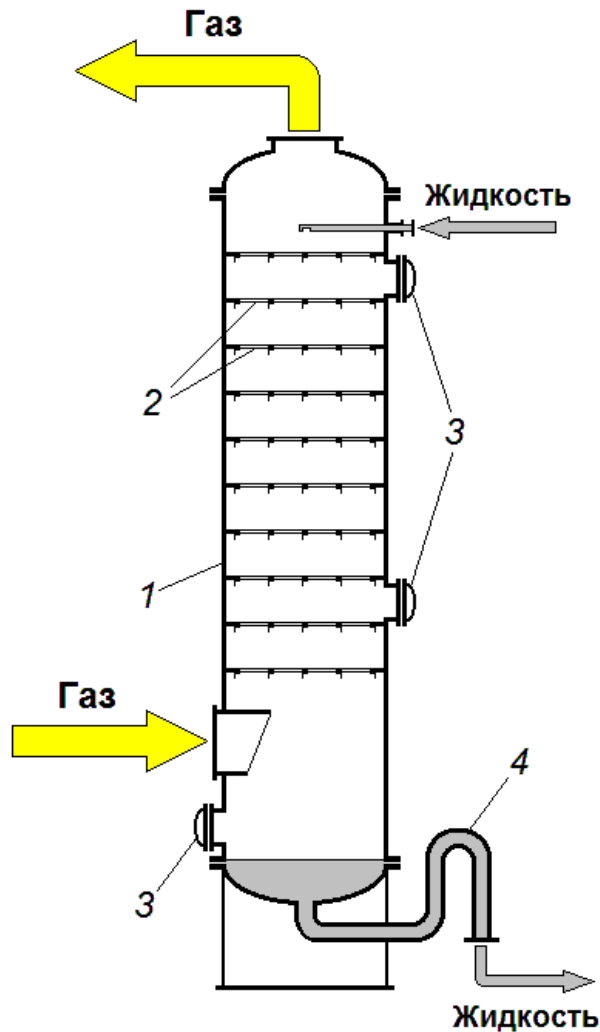


Рис. 1.7 – Абсорбційна колона

1 – корпус, 2 – тарілки, 3 – люки для обслуговування, 4 – гідрозатвор

Корпус може бути суцільний чи зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же чином.

Колону виготовляють за заводськими нормам або відповідно до вимог ОСТ 26-291-71.

Для зварних сталевих апаратів застосовують типові опори суцільнозварний конструкції (рисунок 1.8), що складаються з циліндричної опорної обичайки (спідниці), фундаментного кільця і зміцнюють елементи

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

(косинок). Опору приварюють верхньою частиною до апарату (вузол І), а нижній за допомогою анкерних болтів кріплять до фундаменту.

Для внутрішнього огляду зварних швів і обслуговування фланцевих з'єднань в обичайки опор передбачають вікна, що представляють собою круглі або довгасті вирізи зі зміцненням у вигляді ввареними коротких патрубків. Подібним чином, але менших розмірів влаштовують вентиляційні отвори.

Косинки представляють собою вертикальні ребра, що приварюються до опорної обичайки і опорного кільця для додання останнім більшої жорсткості.

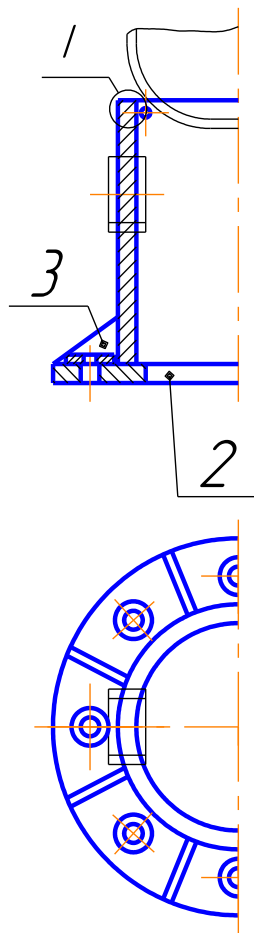


Рисунок 1.8 – Опора вертикального апарату

1 - обичайка, 2 - опора, 3 – ребро.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 2 Технологічні розрахунки

### 2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Матеріальний баланс абсорбера характеризується рівнянням:

$$M = G(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2),$$

в котрому  $G$  – кількість інертного газу, кг/с;

$L$  – кількість поглиначча, кг/с;

$Y$  – вміст компонента в газовому середовищі, кг/кг;

$X$  – вміст компонента в рідкій фазі, кг/кг.

Об'ємні витрати в робочих умовах на вході в абсорбер

$$V_{\text{см}} = V_0 \frac{(t + 273) \cdot P_0}{273 \cdot P},$$

$$V_{\text{см}} = \frac{12000}{3600} \cdot \frac{(20 + 273) \cdot 0,1}{273 \cdot 1} = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Щільність аміаку в нормальних умовах  $\rho_A = 0,77 \text{ кг/м}^3$ , щільність повітря  $\rho_B = 1,29 \text{ кг/м}^3$ , тоді щільність газової суміші за нормальних умов:

$$\rho_{\text{см}} = y_A \cdot \rho_A + (1 - y_A) \rho_B,$$

$$\rho_{\text{см}} = 0,15 \cdot 0,77 + (1 - 0,15) \cdot 1,29 = 1,24 \text{ кг/м}^3.$$

Щільність газової суміші у робочих умовах:

$$\rho_r = \rho_{\text{см}} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0},$$

$$\rho_r = 1,24 \cdot \frac{273 \cdot 1}{(20 + 273) \cdot 0,1} = 1,8 \text{ кг/м}^3.$$

Масовий та об'ємний витрати поглинається газу на вході в абсорбер:

$$G_r = V_{\text{см}} \cdot C_y,$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



$$V_r = \frac{G_r}{\rho_r}$$

де  $C_y=123 \text{ г/м}^3$  – вміст поглинається газу у вихідній газовій суміші за робочих умов:

Парціальний тиск  $\text{NH}_3$  [1,16-9]

$$p = y_0 \cdot P$$

$$p = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ МПа}$$

Об'ємна концентрація  $\text{NH}_3$  [1,16-10]

$$C_y = \frac{M_0 \cdot p}{R(273 + t)}$$

де  $M = 17 \text{ кг/кмоль}$  – молекулярна маса аміаку;

$R = 8314 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К}$  – газова постійна;

$$C_y = \frac{17 \cdot 0,15 \cdot 10^6}{8314 \cdot (273 + 20)} = 0,11 \text{ кг/м}^3$$

$$G_z = 1,7 \cdot \frac{110}{1000} = 0,19 \text{ кг/с,}$$

$$V_z = \frac{0,19}{1,8} = 0,34 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Абсолютна мольна (об'ємна) частка поглинається компонента у вихідній газовій суміші:

$$y_n = \frac{V_r}{V_{cm}},$$

$$y_n = \frac{0,34}{1,7} = 0,2 \frac{\text{кмоль NH}_3}{\text{кмоль суміші}}.$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масові витрати вихідної газової суміші та інертного носія:

$$G_{\text{см}} = V_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{г}},$$

$$G_{\text{ин}} = G_{\text{см}} - G_{\text{г}},$$

$$G_{\text{см}} = 1,7 \cdot 1,8 = 3,1 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{ин}} = 3,1 - 0,19 = 2,91 \text{ кг/с}.$$

Відносна мольна та масова частка поглинається компонента у вихідній газовій суміші:

$$Y_{\text{н}} = \frac{y_{\text{н}}}{1 - y_{\text{н}}},$$

$$Y_{\text{н}} = \frac{0,2}{1 - 0,2} = 0,25 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}},$$

$$\bar{Y}_{\text{н}} = \frac{G_{\text{г}}}{G_{\text{ин}}},$$

$$\bar{Y}_{\text{н}} = \frac{0,19}{2,91} = 0,065 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}.$$

Масові витрати компонента, що абсорбується і не поглинається в газовій суміші на виході з апарату:

$$M = \frac{G_{\text{г}} \cdot C_{\text{г}}}{100},$$

$$M = \frac{0,19 \cdot 99}{100} = 0,182 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{г}}' = G_{\text{г}} - M,$$

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_z' = 0,19 - 0,182 = 0,008 \text{ кг/с.}$$

Тиск газової суміші:

$$P = 0,15 \text{ МПа} = 1200 \text{ мм.рт.ст.}$$

Коефіцієнт Генрі для аміаку:

$$E = 0,025 \cdot 10^6 \text{ мм.рт.ст.}$$

Відносна мольна частка поглинається компонента в рідині:

$$X_H^* = Y_H \cdot \frac{P}{E},$$

$$X_H^* = 0,25 \cdot \frac{1200}{0,025 \cdot 10^6} = 0,012 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}}$$

Рівноважна відносна масова частка компонента, що поглинається в рідині на виході з апарату:

$$\overline{X}_H^* = X_H^* \cdot \frac{M_H}{M_B}$$

де  $M_B$  – мольна маса води, кг/моль;

$$\overline{X}_H^* = 0,012 \cdot \frac{17}{18} = 0,011 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}$$

Умову протікання процесу абсорбції можна прийняти ізотермічним, тоді лінія рівноваги та робоча лінія мають вигляд прямих ліній.

Витрата рідкого поглинача визначаємо з рівняння матеріального балансу:

$$M = G_{ин} \cdot (\overline{Y}_H - \overline{Y}_B),$$

де відносна масова частка поглинається компонента в газовій суміші на виході з абсорбера:

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$\bar{Y}_B = \frac{G'_r}{G_{ин}}$$

$$\bar{Y}_6 = \frac{0,008}{2,91} = 0,003 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}},$$

$$M = 2,91 \cdot (0,065 - 0,003) = 0,062 \text{ кг/с.}$$

Витрата абсорбенту:

$$L = \frac{M}{\bar{X}_H - \bar{X}_B};$$

де відносна масова частка поглинається компонента в рідині внизу колони:

$$\bar{X}_H = 0,92 \cdot \bar{X}^* = 0,92 \cdot 0,011 = 0,01 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}},$$

$$L = \frac{0,062}{0,01 - 0} = 6,2 \text{ кг/с.}$$

Рухаюча сила процесу абсорбції:

$$\Delta \bar{Y}_{cp} = \frac{\Delta \bar{Y}_H - \Delta \bar{Y}_B}{\ln \frac{\Delta \bar{Y}_H}{\Delta \bar{Y}_B}},$$

$$\Delta \bar{Y}_H = Y_H - Y_H^*$$

$$\Delta \bar{Y}_H = 0,25 - 0,135 = 0,115 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}};$$

$$\Delta \bar{Y}_B = \bar{Y}_B - \bar{Y}_B^*$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\Delta \bar{Y}_B = 0,003 - 0 = 0,003 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}};$$

де

$$X_H = \bar{X}_H \cdot \frac{M_B}{M_r}$$

$$X_H = 0,01 \cdot \frac{18}{17} = 0,011 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}}$$

$$Y_H^* = X_H \cdot \frac{E}{P}$$

$$Y_H^* = 0,011 \cdot \frac{0,025 \cdot 10^6}{1200} = 0,23 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}}.$$

$$\bar{Y}_H^* = Y_H^* \cdot \frac{M_r}{M_B}$$

$$\bar{Y}_H^* = 0,23 \cdot \frac{17}{29} = 0,135 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}.$$

Тоді

$$\Delta \bar{Y}_{cp} = \frac{0,115 - 0,003}{\ln \frac{0,115}{0,003}} = 0,031 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}.$$

З таблиці XIII [2] коефіцієнт дифузії аміаку повітря при нормальних умовах:

$$D_o = 17 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

за робочих умов:

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$D_r = D_o \cdot \frac{P_o}{p} \cdot \left( \frac{T}{T_o} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$D_z = 17 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,1}{1} \cdot \left( \frac{273+20}{273} \right)^{\frac{3}{2}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Із табл. XLIII [2] коефіцієнт дифузії аміаку у воді за температури 20 °С:

$$D_{22} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

## 2.2 Конструктивні розрахунки апарата

Гранична швидкість газової суміші в апараті:

$$w = C \sqrt{\frac{p_x}{p_y}}$$

C – коефіцієнт залежить від типу тарілок та відстані між тарілками, для ковпачкових складе 0,023

$$w = 0,023 \sqrt{\frac{1000}{1,8}} = 0,54 \text{ м/с}$$

Діаметр абсорбційної колони:

$$D' = \sqrt{\frac{4V_{cm}}{\pi \cdot \omega'}}$$

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,7}{3,14 \cdot 0,54}} = 2,0 \text{ м}.$$

Приймаємо D = 2000 мм, тоді швидкість газу в колоні:

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega = \frac{V_{\text{см}}}{0,785 \cdot D^2}$$

$$\omega = \frac{1,7}{0,785 \cdot 2,0^2} = 0,54 \text{ м/с.}$$

Розрахунок висоти колони  
Висота світлого шару рідини:

$$h_0 = 0,787q^{0,2}h_{\text{пер}}^{0,56}w_{\Gamma}^m[1 - 0,31\exp(-0,11\mu_x)]$$

де  $h_{\text{пер}} = 0,04$  м – висота переливної перегородки;

$q$  – лінійна щільність зрошення;

$\mu_x = 1,0$  мПа·с – в'язкість води при 20 °С.

$$m = 0,05 - 4,6h_{\text{пер}} = 0,05 - 4,6 \cdot 0,04 = -0,134$$

$$q = Q/L_c = 0,0062/1,455 = 0,0043 \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{с}$$

$$Q = L/\rho_{\text{ж}} = 6,2/1000 = 0,0062 \text{ м}^3/\text{с} \text{ – об'ємна витрата води}$$

$$h_0 = 0,787 \cdot 0,0043^{0,2} \cdot 0,04^{0,56} \cdot 0,59^{-0,134} [1 - 0,31\exp(-0,11 \cdot 1,0)] = 0,034 \text{ м}$$

Щільність зрошення:

$$U = L/\rho_{\text{ж}}S_{\text{к}}$$

де  $S_{\text{к}} = 0,785d^2$  – площа колони;

$$U = 6,2/1000 \cdot 0,785 \cdot 2,0^2 = 0,002 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$$

Газовміст шару:

$$\varepsilon = Fr^{0,5}/(1+Fr^{0,5})$$

де  $Fr$  – критерій Ставка:

$$Fr = w^2/gh_0 = 0,59^2/9,8 \cdot 0,034 = 2$$

$$\varepsilon = 2^{0,5}/(1+2^{0,5}) = 0,58$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В'язкість газової суміші:

В'язкість повітря при 20° С

$$\mu_B = \mu_0 \frac{273+C}{T+C} \left( \frac{T}{273} \right)^{3/2},$$

де  $\mu_0 = 17,3 \cdot 10^{-6}$  Па·с – в'язкість повітря при 0° С;

$c = 124$  – допоміжний коефіцієнт.

$$\mu_B = 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot (273+124)/(293+124) \cdot (293/273)^{3/2} = 18,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

В'язкість аміаку при 20° С

$$\mu_A = \mu_0 \frac{273+C}{T+C} \left( \frac{T}{273} \right)^{3/2}$$

де  $\mu_0 = 9,18 \cdot 10^{-6}$  Па·с – в'язкість повітря при 0° С;

$c = 626$  – допоміжний коефіцієнт.

$$\mu_A = 9,18 \cdot 10^{-6} \cdot (273+626)/(293+626) \cdot (293/273)^{3/2} = 9,98 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

В'язкість газової суміші знайдемо з співвідношення

$$\frac{M_{см}}{\mu_{см}} = \frac{M_A y}{\mu_A} + \frac{M_B (1-y)}{\mu_B} \text{ ИЛИ}$$

$$27,81 / \mu_{см} = 17 \cdot 0,099 / 9,98 \cdot 10^{-6} + 29 \cdot 0,901 / 18,3 \cdot 10^{-6}$$

звідси  $\mu_{г} = 17,4 \cdot 10^{-6}$  Па·с

Коефіцієнти дифузії

Коефіцієнт дифузії аміаку у повітрі:

$$D_{г} = D_0 \frac{P_0}{P} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{3/2} = 17,0 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 (293/273)^{3/2} / 0,1 = 18,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

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

Коефіцієнт дифузії аміаку у воді:  $D_{ж} = 1,8 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/с.

Коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі:

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



$$\beta_{жф} = 6,24 \cdot 10^5 D_{ж}^{0,5} [U/(1-\varepsilon)]^{0,5} h_0 [\mu_r / (\mu_r + \mu_{ж})]^{0,5} =$$

$$= 6,24 \cdot 10^5 \cdot (1,8 \cdot 10^{-9})^{0,5} [0,002/(1-0,75)]^{0,5} \cdot 0,034 [17,4/(17,4+1000)]^{0,5} = 0,013 \text{ м/с}$$

$$\beta_{жф} = 0,0013 \cdot \rho_{ж} = 0,0013 \cdot 100 = 13 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$$

Коефіцієнт масовіддачі у газовій фазі:

$$\beta_{гф} = 6,24 \cdot 10^5 D_r^{0,5} (w/\varepsilon)^{0,5} h_0 [\mu_r / (\mu_r + \mu_{ж})]^{0,5} =$$

$$= 6,24 \cdot 10^5 \cdot (18,9 \cdot 10^{-6})^{0,5} (0,54/0,75)^{0,5} \cdot 0,029 [17,4/(17,4+1000)]^{0,5} = 8,73 \text{ м/с}$$

$$\beta_{гф} = 8,73 \cdot \rho_r = 8,73 \cdot 1,16 = 10,1 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$$

Коефіцієнт масопередачі:

$$K_{yf} = 1/(1/\beta_{гф} + m/\beta_{жф}) = 1/(1/8,73 + 1,97/10,1) = 3,3 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

де  $m = 1,97$  – коефіцієнт розподілу, що дорівнює тангенсу кута нахилу рівноважної лінії.

Число тарілок в абсорбері

Сумарна поверхня тарілок:

$$F = M/K_{yf} \Delta \bar{Y}_{cp} = 0,182/3,3 \cdot 0,031 = 1,8 \text{ м}^2$$

Робоча площа тарілки:

$$f = \varphi 0,785 d^2 = 0,1 \cdot 0,785 \cdot 2,0^2 = 0,314 \text{ м}^2$$

де  $\varphi = 10\%$  - частка робочої площі тарілки.

Необхідна кількість тарілок:

$$n = F/f = 1,8/0,314 = 6 \text{ шт}$$

Висота колони:

$$H = H_r(n-1) + Z_1 + Z_2$$

де  $H_r = 0,5 \text{ м}$  – відстань між тарілками;

$Z_1 = 1,6 \text{ м}$  – висота сепараційного простору;

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$Z_2 = 2,8$  м – висота кубового простору.

$$H = 0,5(6-1)+1,6+2,8 = 6,9 \text{ м}$$

### 2.3 Гідравлічний опір апарата

Відповідно, вибираємо ковпачкову тарілку. Характеристики тарілки наведено у таблиці

Таблиця 3 - Характеристики тарілки

Діаметр колони	Вільний переріз колони	Периметр зливу	Діаметр ковпачка	Кількість ковпачків
2 м.	3,14 м <sup>2</sup>	1455	100	145

Опір барботажної тарілки розраховують за формулою:

$$\Delta P_m = \Delta P_{сyx} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{зж},$$

Опір сухої тарілки:

$$\Delta P_{сyx} = \xi \frac{w_{np}^2 \rho_y}{2},$$

Швидкість газу в прорізах ковпачка визначається за формулою:

$$w_{np} = a \sqrt{\frac{g \rho_x h_n}{\xi \rho_y}},$$

де  $a$  - коефіцієнт для ковпачкових тарілок дорівнює 1

$$w_{np} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 0,02}{5 \cdot 1,8}} = 5 \text{ м/с.}$$

Опір сухої тарілки:

$$\Delta P_{сyx} = 5 \cdot \frac{5^2 \cdot 1,8}{2} = 112 \text{ Па}$$

Опір газорідного шару на тарілці визначається за Формулою:

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$\Delta P_{\text{жж}} = 1,3 g k \rho_{\text{жж}} \left( l + \frac{h_n}{2} + \Delta h \right),$$

де  $k = 0,5$  – відношення густини піни до густини рідини;  $l = 0,02$  - відстань від верхнього краю прорізу до зливного порога, м;  $h$  – висота рівня рідини над зливним порогом, м.  $\Delta h$  Висота рівня рідини над зливним порогом.

$$\Delta h = \left( \frac{V_{\text{жж}}}{1,85 \Pi_{\text{ст}} k} \right)^{\frac{2}{3}},$$

де  $V_{\text{жж}}$  – об'ємна витрата рідини, м.

Об'ємна витрата рідини визначається за формулою:

$$V_{\text{жж}} = \frac{L}{\rho_{\text{жж}}};$$

$$\omega = \frac{6,2}{1000} = 0,0062 \text{ м}^3/\text{с}$$

Висота рівня рідини над зливним порогом становитиме:

$$\Delta h = \left( \frac{0,0062}{1,85 \cdot 1,455 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,03 \text{ м}$$

Опір газорідинного шару на тарілці:

$$\Delta h = 1,3 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot \left( 0,02 + \frac{0,03}{2} + 0,03 \right) = 415 \text{ Па.}$$

Опір, який викликається силами поверхневого натягу, визначається за формулою:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_3},$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\sigma$  – поверхневий натяг рідини  $\sigma=73 \cdot 10^{-3}$  Н/м,  $d_э$ – еквівалентний діаметр отвору, м.

$$d_э = \frac{4f}{\Pi} = \frac{4bh_n}{2(b+h_n)},,$$

де  $b$ – ширина прорізу, м;  $h_n$ – висота прорізу

$$d_э = \frac{4 \cdot 0,004 \cdot 0,03}{2 \cdot (0,004 + 0,03)} = 0,00706 \text{ м.}$$

Опір, що викликається силами поверхневого натягу:

$$\Delta P_\sigma = \frac{4 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{0,00706} = 41 \text{ Па.}$$

Повний гідравлічний опір тарілки:

$$\Delta P = 112 + 415 + 41 = 568 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір колони:

$$\Delta P = 568 \cdot 6 = 3408 \text{ Па}$$

## 2.4 Розрахунок допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок вентилятора для перекачування газової суміші через абсорбер. Прийmemo, що довжина трубопроводу до абсорбера становить 20 м. На трубопроводі є два коліна та одна засувка. Гідравлічний опір абсорбера  $\Delta p_a = 29535$  Па.

Прийmemo швидкість суміші у трубопроводі  $\omega = 15$  м/с. Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}$$

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,76}{3,14 \cdot 15}} = 0,386 \text{ м} = 386 \text{ мм.}$$

Критерій Рейнольдса для потоку у трубопроводі

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{15 \cdot 0,386 \cdot 2,56}{0,0104 \cdot 10^{-3}} = 1425231.$$

Прийmemo, що сталеві труби, що були в експлуатації. Тоді  $\Delta = 0,15$  мм.  
Далі отримаємо

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{0,386} = 0,389 \cdot 10^{-3};$$

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{0,389 \cdot 10^{-3}} = 2573;$$

$$10 \cdot \frac{1}{e} = 25730;$$

$$560 \cdot \frac{1}{e} = 1440880;$$

$$25730 < \text{Re} = 1425231 < 1440880.$$

Таким чином, розрахунок слід проводити для зони змішаного тертя за формулою [4]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( e + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( 0,389 \cdot 10^{-3} + \frac{68}{1425231} \right)^{0,25} = 0,0159.$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо коефіцієнти місцевих опорів [4]:

- Вхід у трубу (приймаємо трубу з гострими краями),  $\xi_1 = 0,5$ ;
- задвижка для  $d = 0,386$  м,  $\xi_2 = 0,25$ ;
- коліно,  $\xi_3 = 1,1$ ;
- вихід із труби,  $\xi_4 = 1,0$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 = 0,5 + 0,25 + 2 \cdot 1,1 + 1,0 = 3,95.$$

Гідрравлічний опір трубопроводу

$$\Delta p_T = \left( \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$$

$$\Delta p_T = \left( 0,0159 \cdot \frac{20}{0,386} + 3,95 \right) \cdot \frac{2,56 \cdot 15^2}{2} = 1375 \text{ Па.}$$

Надлишковий тиск, який повинен забезпечити вентилятор для подолання гідрравлічного опору апарату та трубопроводу

$$\Delta p = \Delta p_a + \Delta p_T = 29535 + 1375 = 30910 \text{ Па.}$$

Таким чином, потрібний вентилятор високого тиску. Корисну потужність його знаходимо за формулою 1.32 [4]

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot V \cdot H = V \cdot \Delta p$$

$$N_{\text{п}} = 1,76 \cdot 30910 = 44401 \text{ Вт} = 44,4 \text{ кВт.}$$

Прийняв  $\eta_{\text{пер}} = 1,0$  і  $\eta_{\text{н}} = 0,8$  отримаємо

$$N = \frac{44,1}{1,0 \cdot 0,8} = 54,1 \text{ кВт.}$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

За таблицями 1.8 та 1.9 [4] встановлюємо, що отриманим даним задовольняє газодувка ТВ-150-1,12, яка має такі характеристики:  $V = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta p = 35000 \text{ Па}$ . Газодувка забезпечена електродвигуном А02-82-2 потужністю  $N = 55 \text{ кВт}$  і  $\eta_{\text{дв}} = 0,88$ .

Далі виконаємо розрахунок холодильника зрошуючої рідини. Температура води на вході до абсорбера  $t_{1\text{н}} = 20^\circ\text{C}$ , Прийmemo температуру на вході в холодильник  $t_{1\text{к}} = 40^\circ\text{C}$ . Охолодження здійснюється артезіанською водою з температурою  $t_{2\text{н}} = 10^\circ\text{C}$ , кінцеву температуру прийmemo рівною  $t_{2\text{к}} = 25^\circ\text{C}$ .

З основного рівняння теплопередачі маємо

$$F_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{K_{\text{п}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}};$$

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{н}} \cdot c_{\text{н}} \cdot (t_{2\text{к}} - t_{2\text{н}}),$$

де  $Q_{\text{п}}$  – теплове навантаження холодильника, Вт;  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{К} = 500 \dots 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – середня різниця температур між теплоносіями, К;  $G_{\text{н}}$ ,  $c_{\text{н}}$  – кількість охолоджуючої рідини, кг/с, та її теплоємність, Дж/(кг·К);  $t_{2\text{н}}$ ,  $t_{2\text{к}}$  – початкова та кінцева температура зрошуючої рідини,  $^\circ\text{C}$ .

$$Q_{\text{і}} = 68,7 \cdot 4,19 \cdot (40 - 20) = 5757 \text{ кВт};$$

$$t_{1\text{н}} = 40^\circ\text{C} \rightarrow t_{1\text{к}} = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{2\text{н}} = 25^\circ\text{C} \rightarrow t_{2\text{к}} = 10^\circ\text{C}$$

$$\overline{\Delta t_{\text{г}}} = 15 \qquad \overline{\Delta t_{\text{м}}} = 10$$

Середня різниця температур

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}}}$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{cp} = \frac{15-10}{\ln \frac{15}{10}} = 12,3 \text{ К.}$$

Тоді поверхня теплообміну

$$F_i = \frac{5757 \cdot 10^3}{900 \cdot 12,3} = 520 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі теплообмінника приймається на 10-20% більше за розрахункову величину, отже

$$F = (1,1 \div 1,2) \cdot F_{ii} = 1,1 \cdot 520 = 572 \text{ м}^2.$$

На підставі знайденої поверхні за ГОСТ 15122-79 вибираємо кожухотрубчастий двоходовий теплообмінник з такими параметрами: площа поверхні теплопередачі  $F = 595 \text{ м}^2$ ; число труб  $n = 1580$ ; довжина труб  $L = 6,0 \text{ м}$ ; діаметр труб  $d = 20 \times 2 \text{ мм}$ ; діаметр кожуху  $D = 1200 \text{ мм}$ .

Потім здійснимо вибір приймальної ємності після абсорбера для зрошуючої рідини. Прийmemo, що об'єм ємності повинен забезпечувати годину безперервної роботи абсорбера, тоді об'єм рідини, що заливається.

$$V_{ж} = \frac{1 \cdot 3600 \cdot G}{\rho}$$

$$V_{ж} = \frac{1 \cdot 3600 \cdot 68,7}{1000} = 247 \text{ м}^3.$$

При спокійному стані рідини коефіцієнт заповнення ємності  $\varphi = 0,7 \div 0,9$ , тоді обсяг резервуару

$$V_p = \frac{V_{ж}}{\varphi} = \frac{247}{0,9} = 275 \text{ м}^3.$$

За таблицею 10.8 [7] приймаємо стандартний посуд має такі параметри: номінальний обсяг  $V = 300 \text{ м}^3$ , внутрішній діаметр  $D = 4000 \text{ мм}$ , довжина корпусу  $L = 20000 \text{ мм}$ .

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3 Розрахунки на міцність апарату

Для розрахунку на міцність апарату необхідно враховувати навантаження на всі елементи які беруть участь в роботі апарата, такі як корпус, кришка, днище, фланцеве з'єднання, опора. Матеріал з якого вони виготовлені, метод кріплення та тиск при якому працює колона.

Приймаємо що абсорбційна колона працює під тиском вакууму. Випробовувати колону під тиском гідравлічним методом. Цей метод розповсюджений так як досить простий.

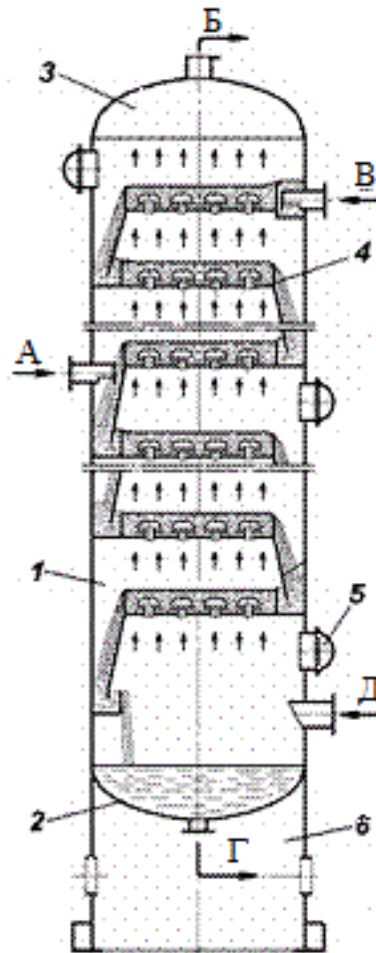


Рис. 3.1 – Абсорбційна колона

1 - корпус колони; 2 - днище; 3 - кришка; 4 - тарілка ковпачкова із сегментними переливами; 5 - люк - лаз; 6 - опора;

#### 3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу

Початкові дані:

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішній діаметр обичайки  $D = 2000$  мм;  
 робочий тиск  $p = 1$  МПа;  
 матеріал колони – сталь 12Х18Н10Т;  
 температура середовища колоні  $t = 20^\circ\text{C}$ ;  
 збільшення на корозію за весь термін служби апарату  $z = 1,0$  мм.  
 Допустима напруга в робочому стані

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^*,$$

$$[\sigma] = 1 \cdot 147 = 147 \text{ МПа},$$

де  $\sigma^* = 147$  МПа для сталі 12Х18Н10Т при температурі  $20^\circ\text{C}$  (табл. 1.2) [6];  $\eta = 1$ , т. к. апарат виготовлений із листового прокату.

Коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів обичайки  $\phi = 1,0$  т. до. зварювання зроблено автоматичним способом.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - p},$$

$$s_p = \frac{1 \cdot 2000}{2 \cdot 1 \cdot 147 - 1} = 6,8 \text{ мм}.$$

Виконавча товщина стінки

$$s = s_p + c,$$

$$s = 6,8 + 1,0 = 7,8 \text{ мм}.$$

З запасом приймаємо  $s = 12$  мм, враховуючи напругу стиснення від маси колони та рекомендації щодо вибору товщини стінки залежно від діаметра апарату [4.с.113].

### 3.2 Розрахунок товщини стінки кришки

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_{\Pi} \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot [\sigma_{\Pi}] - 0,5 p_{\Pi}}$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$s_p = \frac{1 \cdot 2000}{2 \cdot 0,9 \cdot 218 - 0,5 \cdot 1} = 5,1 \text{ мм}$$

Виконавча товщина

$$s = 5,1 + 0,3 = 5,4 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту листового прокату приймаємо  $s = 8 \text{ мм.}$

### 3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання вхідного штуцера

Визначаємо поперечні розміри прокладки. З табл. 37 [6] вибираємо товщину прокладки  $\delta = 4 \text{ мм}$  [5]. Ширина прокладки

$$B = (5 \div 10) \delta = (5 \div 10) 4 = 20 \div 40 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $B = 25 \text{ мм.}$

Еквівалентний діаметр, за яким розподіляється реакція прокладки, якщо остання лежить по всьому периметру  $D_n = 477 \text{ мм.}$

$$D_n = \frac{4F}{\pi} = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (a + b)},$$

Де  $a$  – еквівалентний діаметр фланцевого з'єднання колони;  $b$  – діаметр вхідного патрубку.

$$D_n = \frac{2 \cdot 2160 \cdot 300}{2160 + 300} = 477 \text{ мм.}$$

Визначаємо питомий тиск на прокладці, необхідне для створення щільності при попередній затягуванні під час збірки апарату

$$q_0 = \frac{q_y C}{\sqrt{2\delta\sqrt{B}}}$$

де  $C = 1,0$ ;  $\sqrt{B} = 1,0$  (см. стр. 253 [5]).

Таким чином,

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_0 = \frac{25}{\sqrt{2 \cdot 4}} = 8,84 \text{ кг/см}^2.$$

Знаходимо зусилля попереднього обтиску прокладки при складанні апарату

$$Q_{об} = \pi \cdot D_{п} \cdot B \cdot K_{\phi} \cdot q_0$$

$$Q_{об} = 47,7 \cdot 2,5 \cdot 8,84 = 4212 \text{ кг.}$$

Визначаємо питомий напруг на прокладці в робочих умовах при розрахунковому тиску робочого середовища

$$q_p = \frac{mp_{тр}}{\sqrt{\delta \sqrt{B}}}$$

$$q_p = \frac{4,5 \cdot 1,2}{\sqrt{4 \sqrt{2,5}}} = 2,15 \text{ кг/см}^2.$$

Знаходимо розрахункове навантаження на прокладку при роботі КОЛОНИ

$$Q_{ср} = p_{тр} \cdot \frac{\pi \cdot D_{п}}{4}$$

$$Q_{ср} = 1,2 \cdot \frac{3,14 \cdot 60,7}{4} = 3471 \text{ кг.}$$

Обчислюємо зусилля обтиску прокладки при розрахунковому тиску

$$Q'_{об} = \pi \cdot D_{п} \cdot B \cdot q_0 + (1 - \eta) \cdot Q_{ср}$$

$$Q'_{об} = 3,14 \cdot 47,7 \cdot 2,5 \cdot 2,15 + (1 - 0,9) \cdot 3471 = 1372 \text{ кг.}$$

Тут  $\eta = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує пружність елементів фланцевого з'єднання.

У подальших розрахунках болтів необхідно вибирати більшу з величин  $Q_{об}$  чи  $Q'_{об}$ . У нашому випадку прийнято вважати  $Q_{об} = Q_{н} = 4212 \text{ кг.}$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо найбільше навантаження на всі болти фланцевого з'єднання

$$Q'_{б.р} = Q_H + \eta \cdot Q_{ср}$$

$$Q'_{б.р} = 4212 + 0,9 \cdot 3471 = 7336 \text{ кг.}$$

Вибираємо матеріал болтів і обчислюємо допустимі напруження.

Для виготовлення болтів прийнята сталь Ст3, у якій  $\sigma_B = 38 \text{ кг/мм}^2$ ;

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{n_B} = \frac{3800}{3,7} = 1028 \text{ кг/см}^2$$

чи

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{2200}{2,0} = 1100 \text{ кг/см}^2$$

До розрахунку приймаємо  $[\sigma] = 1000 \text{ кг/см}^2$ .

Визначаємо необхідне загальне перетин всіх болтів фланцевого з'єднання

$$F_6 = \frac{Q'_{б.р}}{[\sigma]}$$

$$F_6 = \frac{7376}{1000} = 7,38 \text{ см}^2.$$

Розраховуємо необхідні поперечні розміри болтів.

Середній крок між болтами

$$t = K \cdot d = 1,16K \cdot d_1,$$

де  $K = 2,5 \div 5$ ;  $d$  – зовнішній діаметр нарізки болта;  $d_1$  – внутрішній діаметр нарізки болта.

Кількість болтів

$$z = \frac{\pi \cdot D_6}{K \cdot d};$$

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_6 = \frac{4F}{n} = \frac{4 \cdot 2260 \cdot 400}{2 \cdot (2260 + 400)} = 607 \text{ мм.}$$

Так як

$$F_6 = z \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot D}{1,16 \cdot K \cdot d_1} \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{2,125 \cdot D_6 \cdot d_1}{K},$$

то  $d_1 = \frac{K \cdot F_6}{2,125 \cdot D_6}$ . Приймаю  $K = 4$ .

Тоді

$$d_1 = \frac{5 \cdot 7,38}{2,125 \cdot 60,7} = 9,1 \text{ см.}$$

До установці прийнятий болт М12 за ГОСТ 1950-59, у якого  $d_1 = 10,863$  мм і площа поперечного перерізу

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = 0,93 \text{ см}^2.$$

Знаходимо необхідну кількість болтів.

Розрахункове число болтів

$$z = \frac{\pi \cdot D_6}{K \cdot d} = \frac{3,14 \cdot 60,7}{5 \cdot 1,08} = 10,3.$$

До установці приймемо  $z = 12$  болтів. Це число кратне чотирьом, тому буде забезпечена рівномірна затяжка болтів при складанні апарату.

Перевіряємо правильність вибору болтів.

Навантаження, що допускається на всі болти

$$zQ_{1\text{доп}} = z \cdot f_1 [\sigma]$$

$$zQ_{1\text{доп}} = 12 \cdot 0,93 \cdot 1000 = 11160 \text{ кг.}$$

Таким чином, умова  $zQ_{1\text{доп}} \geq Q'_{6,p} = 7336$  забезпечена.

Практично необхідно дотримуватися співвідношення

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = \frac{z \cdot Q_{\text{доп}}}{Q_{\text{б.р}}} \leq 1,55$$

$$A = \frac{11160}{7336} = 1,52 \leq 1,55$$

Перевіряємо дотримання умови непродавлювання прокладки під дією розрахункового тиску робочого середовища

$$\frac{p_{\text{тр}} \delta}{2B\mu} = \frac{1,2 \cdot 0,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,4} = 0,24 \text{ кг/см}^2 < q_y.$$

Визначаємо товщину фланця

$$h = m \sqrt{\frac{P_1 \cdot \left( \frac{D_6}{2} - \frac{D_{\text{II}}}{2} \right) t}{(t - d_0) \cdot d_0 [\sigma]_u}} + 1,2 \text{ см,}$$

де  $m = 0,43$ , так як прокладка лежить по всій кільцевій поверхні фланця;  
 $[\sigma]_u = 600 \text{ кг/см}^2$ ;  $d_0$  – діаметр отвору під болти.

$$d_0 = d + 1,5 = 12,5 + 1,5 = 14 \text{ мм}$$

$$t = \frac{\pi \cdot D_6}{z}$$

$$t = \frac{3,14 \cdot 607}{12} = 135 \text{ мм;}$$

$D_{\text{II}}$  – еквівалентний діаметр прокладки;  $P_1$  - розрахункове навантаження на один болт

$$P_1 = \frac{1,5 p_{\text{тр}} \pi \left( D_{\text{II}} + \frac{2B}{3} \right)^2}{4z},$$

$$P_1 = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 314 \left( 47,7 + \frac{2 \cdot 2,5}{3} \right)^2}{4 \cdot 12} = 287 \text{ кг.}$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином

$$h = 0,43 \sqrt{\frac{287 \cdot (60,7 - 47,7) \cdot 13,5}{(13,5 - 1,4) \cdot 1,75 \cdot 600}} + 1,2 = 2,16 \text{ см.}$$

Приймаю  $h = 30 \text{ мм.}$

### 3.4 Розрахунок опори

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси та інше. При відношенні  $H / D \geq 5$ . За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 3 і проводимо перевірочні розрахунки.

З додатку 2 [5] маса однієї тарілки при  $D = 2000 \text{ мм}$

$$m_T = 41,5 \text{ кг,}$$

отже, при числі тарілок  $n = 6$  загальна маса тарілок

$$m_1 = m_m \cdot n = 41,5 \cdot 6 = 249 \text{ кг.}$$

Маса обичайки колони

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (2,0 + 0,008) \cdot 0,008 \cdot 15 \cdot 7850 = 5940 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 = 0,2 \cdot 2783 = 1190 \text{ кг.}$$

Об'єм колони  $V = 26 \text{ м}^3$ , тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_v$$

$$m_4 = 22 \cdot 1000 = 22000 \text{ кг.}$$

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Наведене навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g = (249 + 5940 + 1190 + 22000) \cdot 9,81 = 288,2 \cdot 10^3 \text{ Н} = \\ = 288,2 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma],$$

де  $a_1 = 8$  мм – розрахункова товщина зварного шва;  $\varphi_s$  – коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається  $\varphi_s = 0,7$ .  
Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 288,2 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1000 \cdot 8} = 23 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

## 4 Монтаж та ремонт апарата

### 4.1 Монтаж апарата [11]

Однією з вирішальних умов правильної організації монтажних робіт є комплектна постановка обладнання, що має високу заводську готовність.

Порядок встановлення обладнання визначено «основними технічними вимогами монтажних організацій до хімічного обладнання» ТУ 26-01-217-89.

Обладнання, що поставляється, повинно відповідати наступним основним вимогам, що визначають його якість і максимальну готовність:

- в опорній підставі повинні бути передбачені регулювальні гвинти, за допомогою яких обладнання вивіряють на фундаменті у горизонтальній та вертикальній площинах;

- у апаратів колонного типу для їх стропування при монтажі повинні бути передбачені монтажні штуцера ГОСТ 13716-86 або інші захватні пристрої;

- апарати із зовнішніми та внутрішніми теплоізоляційними захисними покриттями повинні поставлятися із привареними деталями для кріплення цих покриттів, а також із підготовленими захисними поверхнями;

- на апаратах і посудинах, що підлягають на місці монтажу гідравлічному випробуванню, повинні бути передбачені спеціальні штуцери для встановлення вентиля (повітряника), через який при заповненні апарату водою буде вироблятися випуск повітря, для приєднання манометра та повного зливу води;

- кожен штуцер на апараті або посудині повинен мати фланець у відповідь, робочу прокладку і кріпильні деталі;

- для вивіряння вертикальності встановленого апарату колонного типу, якщо він за проектом має зовнішню ізоляцію, повинні бути передбачені спеціальні боби з нарізкою для укрупчування штирів. Бобишки розташовують у нижній та верхній частинах апарату по дві, під кутом 90 ° С;

- відправлені заводом-виробником до місця монтажу апарат, посудина або транспортабельний вузол повинні мати вказівки місць стропування, зазначене на апараті або вузлі яскравою фарбою. На апараті або вузлі на видному місці також яскравою фарбою має бути вказана вага апарата або його вузлів. Якщо апарат поставляється окремими вузлами, то вони повинні мати складальне маркування на частинах, що відмінюються.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Складання апаратів, що складаються з окремих царг, що збираються на фланцях здійснюється безпосередньо на фундаменті. У цьому випадку до їх підйому слід перевірити горизонтальність поверхонь привалок кожної царги. Відхилення має перевищувати 0,3 мм на 1 м діаметр апарату, але з більше 2 мм весь діаметр.

Складання фланцевих з'єднань повинно виконуватися без підгонних операцій; болти в отвори повинні входити вільно, без напруги. Затягування фланцевих з'єднань необхідно проводити одночасним загортанням гайок на діаметрально розташованих болтах або шпильках.

Остаточне затягування фланцевих з'єднань царг апаратів з прокладками зі шнурового азбесту слід проводити «на гаряче» при нагріванні всього апарату пором до 60°C.

Найпростіший монтаж колони, що з окремих елементів – царг. Існують два способи монтажу: нарощуванням та підрощуванням Вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно-транспортного обладнання.

Якщо є кран, висота підйому якого більше загальної висоти колонного апарату, а вантажопідйомність перевищує вагу однієї царги, доцільно застосовувати спосіб нарощування Перед встановленням кожної царги необхідно приварити кронштейни для огорож. З цих риштування проводяться стикування і з'єднання царг.

Спосіб підрощування зручний при встановленні царгового колонного апарату всередині існуючої етажерки, що має монтажну балку. Окремі царги в цьому випадку затягують на фундамент за допомогою трактора або монтажних лебідок і поворотних блоків і підстикують до раніше змонтованих царгів, Монтувати способом підрощування можна і поза етажеркою. Для цього дві монтажні щогли з'єднують нагорі балкою так, щоб вони утворили портал. Подальші роботи ведуться так само, як і при монтажі всередині етажерки.

#### 4.2 Ремонт апарата [12]

Відповідно до чинного положення про планово-попереджувальний ремонт графіки та плани ремонту обладнання складаються у певній послідовності. Технічна адміністрація виробничого цеху подає до відділу головного механіка підприємства проект річного плану-графіка ремонту обладнання з урахуванням дати їхнього останнього ремонту. Відділ головного механіка виходячи з цехових проектів планів-графіків розробляють проект зведеного плану ремонту устаткування підприємству.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Підготовка ремонту включає:

- 1 Технічний огляд обладнання перед ремонтом;
- 2 Складання проектно-кошторисної документації для робіт, що підлягають виконанню;
- 3 Оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;
- 4 Розробку графіка для проведення робіт.

Основним видом їхнього зносу колоною масообмінної апаратури є забиття колони відкладеннями та корозії її елементів. Царгові колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм встановлений вище за колону, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості встановлення вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги згідно зі схемою, представленою на малюнку.

Підготовка колонного апарату до ремонту наступне: видалення робочого середовища з апарату після чого проводять його пропарювання водяною парою, яка витісняє пари газів, що залишилися в колоні, після пропарки колону промивають водою. Промивання колони водою також сприяє швидшому її остиганню, не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50°C. Пропарену та промиту колону від'єднують від усіх апаратів та комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях. Установку кожної заглушки та її зняття реєструють у спеціальному журналі.

Ремонт ґрат царгових колон проводиться після їх демонтажу. Ґрати в царгах ущільнюються за допомогою азбесту або фторопластового шнурового ущільнюючого матеріалу, при демонтажі решіток азбест і ФУМ витягується за допомогою гаків і зубила. Ремонт решіток пов'язаний з їх чищенням та заміною зношених елементів. Дуже відповідальна операція при складанні царгової колони є встановлення прокладок між дротяними поверхнями та кріплення царг болтами. Від сталості товщини прокладки по всій площі сполучення та від рівномірності затягування болтів фланцевих з'єднань залежить щільність з'єднань, а також вертикальне положення осі колони та горизонтальне положення ґрат.

Ремонт колони закінчують її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій повітрі, встановленій у верхній частині колони, поява води в повітрі свідчить про заповнення колони. Після закриття повітря тиск у колоні повільно підвищується до контрольованої величини, при цьому тиску апарат витримується 5 хвилин, потім тиск скидається до робочого значення, при якому приступають до огляду корпусу, одночасно обстукуючи зварні шви молотком масою 0,5-1,5 кг.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 5 Охорона праці та техніка безпеки [10]

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Усі підприємства повинні дбати про безпеку праці та здоров'я своїх працівників. До обов'язків роботодавця входить розробка комплексних заходів з охорони праці, які б гарантували безпечні та здорові умови праці на робочому місці.

Соціальне значення охорони праці полягає у сприянні зростанню ефективності громадського виробництва шляхом безперервного вдосконалення та покращення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму та профзахворювань. Соціальне значення охорони праці проявляється у збільшенні продуктивності праці, збереження трудових ресурсів.

Збільшення продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фонду робочого часу завдяки скороченню внутрішньозмінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасному втомленню шляхом раціоналізації та покращення умов праці та запровадження оптимальних режимів праці та відпочинку та інших заходів, які сприяють підвищенню ефективності та використання робочого дня.

Зниження трудових ресурсів та підвищення професійної активності працюючих відбувається завдяки покращенню стану здоров'я та подовженню середньої тривалості життя шляхом покращення умов праці, що супроводжується високою трудовою активністю та підвищенням виробничого стажу.

Підвищується професійний рівень завдяки підвищенню кваліфікації.

Основним завданням охорони праці на підприємстві є покращення умов праці. При створенні умов, що відповідають нормам безпеки та виробничої санітарії, зникає потреба у витратах на пільги та компенсацію, підвищується продуктивність праці, яка покращує психологічний клімат у колективі та матеріальне становище підприємства.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Вимоги до обладнання [10]

Все обладнання повинне відповідати вимогам проектно-конструкторської документації та повинно мати:

- технічний паспорт або технічний опис,
- інструкцію з експлуатації.

На нестандартне обладнання, оснащення, пристрої та інструменти, крім цього, повинні бути креслення.

Все виробниче обладнання повинне утримуватися у справності, чистоті, порядку та суворо відповідати встановленим для них технічним нормам.

Відповідальність за правильну експлуатацію технологічного обладнання, пристроїв, оснащення несуть начальник і технолог виробництва, майстер зміни та особа, яка безпосередньо експлуатує обладнання.

У цеху, відділеннях, на ділянках, що ведуть роботу з пожежо- та вибухонебезпечними матеріалами, все обладнання має повністю відповідати проектам, розробленим спеціальними проектними організаціями або заводами та затвердженими директором заводу.

Ремонт та контроль за станом обладнання повинен здійснюватись у строки, передбачені графіком планово-попереджувального ремонту (ППР).

Все електричне обладнання, комунікації, апарати мають бути заземлені. За справністю та надійністю заземлення має бути встановлено постійний контроль за службою енергетика цеху.

Забороняється:

- працювати на несправному, незаземленому або забрудненому обладнанні та з несправними приладами, некондиційними або забрудненими матеріалами, невідповідним інструментом, а також при вимкненій або несправній витяжній вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності засобів пожежогасіння,
  - проводити ремонт працюючих насосів та трубопроводів,
  - залишати без нагляду працююче обладнання,
  - різко збільшувати або зменшувати частоту обертання відцентрових насосів, щоб уникнути гідравлічних ударів у лініях,
  - пускати в експлуатацію виробниче обладнання без передбачених проектом огорож, контрольно-вимірювальних приладів, блокувань та сигналізації, що забезпечують безпеку його обслуговування.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 5.2 Фізико-хімічні властивості гідрокінона

Білі або безбарвні призматичні кристали, солодкуваті на смак. Має модифікації, що відрізняються фізичними властивостями: стабільна  $\alpha$ -модифікація має температуру плавлення 173,8—174,8 °С і щільність 1,36 г/см<sup>2</sup>, нестабільна  $\gamma$ -модифікація — температуру плавлення 169 °С і щільність 1,325 г/см<sup>2</sup>. Має молярну масу 110,11 г/моль, температуру кипіння 286,5 °С, температуру спалаху 165 °С. Загоряння при 163,5 °С (10 мм рт. ст.)[8].

Розчинний у воді (5,26 г/100 мл при 5 °С, 21,21 г/100 мл при 50 °С, 56,25 г/100 мл при 70 °С), спирту (127,27 г/100 г), ацетоні (77,94 г/100 г). Утворює клатрати. Зокрема, клатрат із метанолом має формулу 3С6Н6О2·СН3ОН[8].

Реактив може містити домішки, що виглядають як нерозчинний чорний порошок. Кількість домішок зростає при тривалому або неправильному зберіганні, і за їх великої кількості реактив стає непридатним для використання. [9].

## 5.3 Виробнича санітарія [10].

### Мікроклімат

Метрологічні умови обрано відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДБН 3.36.042-99 з урахуванням категорії робіт з енерговитрат при виконанні відповідних технологічних операцій та періоду року. Вибираємо оптимальні параметри мікроклімату, наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія робіт	Період	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с, м/с
Середній тяжості II а	Холодний	18-20	40-60	0,2
	Теплий	21-23	40-60	0,3

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату передбачені наступні заходи: вентиляція та опалення в холодну пору року СНиП 2.04-05-91.

### Освітлення

Правильно спроектоване та раціонально виконане освітлення виробничих приміщень надає позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому та травматизм, зберігає високу працездатність.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

При освітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, що створюється прямим сонячним промінням і розсіяним світлом небосхилу і змінюється залежно від географічної широти, пори року та доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери. Природне освітлення є біологічно найбільш цінним видом освітлення, якого максимально пристосований очей людини. У виробничих приміщеннях використовуються такі види природного освітлення: бічне - через світлопройоми (вікна) у зовнішніх стінах; верхнє - через світлові ліхтарі у перекриттях; комбіноване - через світлові ліхтарі та вікна.

- штучне освітлення, створюване електричними джерелами світла, і поєднане освітлення, у якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюють штучним. Створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання, газорозрядними лампами). Призначення штучного висвітлення – створити сприятливі умови видимості, зберегти хороше самопочуття людини та зменшити стомлюваність очей. При штучному освітленні всі предмети виглядають інакше, ніж за денного світла. За призначенням буває: робітничим, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим. По устрою буває: місцевим, загальним, комбінованим. Влаштувати одне місцеве освітлення не можна. Раціональне штучне освітлення має забезпечувати нормальні умови для роботи при допустимій витраті коштів, матеріалів та електроенергії.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного освітлення та для освітлення приміщень у темну пору доби.

Відповідно до норм, СНиП II-4-79 під час виконання робіт IV розряду використовується система загального освітлення. Нормована освітленість по IV розряду (загальне спостереження за ходом виробничого процесу) під розряду становить 200 лк.

Для освітлення виробничого приміщення застосовуються люмінесцентні лампи, т.к. вони енергетично більш економічні та за спектральними характеристиками максимально близькі до природного та мають найвищу світловіддачу. Вибираємо лампи ЛД-80: потужність 80 Вт, світловий потік 5400 лм, довжина 1,5 м, діаметр 40 мм.

### Шум та вібрація

Основним джерелом шуму в цеху є механічне обладнання: насоси, компресори. Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83, допустимий шумовий рівень у виробничому приміщенні - не більше 80 дБА.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Якщо рівень шуму перевищує допустимий, то проводять заходи щодо його нормалізації згідно з ДСН 3.3.6.037-99:

- покращення рівня експлуатації робочого обладнання;
- використання демпфуючих матеріалів;
- звукоізоляція обладнання кожухами.

Машини та механізми, що застосовуються в даному технологічному процесі, викликають певні механічні коливання, що передаються на тіло людини. Гігієнічне нормування вібрації проводять відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 [31].

З метою профілактики віброшумів захворювання для працівників з обладнанням вібрує рекомендується спеціальний режим роботи (обмеження часу контакту з віброінструментом, додаткові перерви тощо).

#### Електробезпека

Відповідно до ПУЕ - 87 та ГОСТ 12.1.013-78 робоче приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Тому що з одного боку є можливість дотику до металевих конструкцій будівель, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, а з іншого до металевих корпусів електрообладнання.

Відповідно до НПАОП 40.1 – 1.32 – 01 клас зон 0, 1, 2.

Заходи електробезпеки:

- Контроль та профілактика пошкоджень ізоляції;
- Усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- Організація безпечної експлуатації електроустановок.
- Використання обладнання закритого типу.

#### Пожежна безпека

Згідно з документом НАПБ Б.03.002-2007 робоче приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки належить до категорії А, а ступінь вогнестійкості будівлі – І згідно ДБН В.1.1 – 7 – 02.

Згідно з ГОСТ 12.1.004 - 91 і НАПБ А.01.001-95 пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежній безпеці, захисту, а також організаційно-технічними заходами.

Заходи системи запобігання пожежі:

- застосування негорючих речовин
- обмеження кількості горючих речовин та їх розміщення;
- протипожежні розриви між будинками;

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- періодичне очищення приміщень та території;  
ізоляція горючих речовин.

Передбачено внутрішній та зовнішній водопроводи з пожежними кранами; для повідомлення про пожежу – електрична пожежна сигналізація та телефонний зв'язок.

Для запобігання пожежі використовують первинні засоби пожежогасіння – порошковий вогнегасник ОП-9 – 2 шт., вуглекислий вогнегасник ВВК-5-2 шт., а також ящик з піском, лопату.

#### Охорона навколишнього природного середовища

Останнім часом в Україні надається значна увага охороні навколишнього середовища: розроблено та прийнято до дії Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".

Абсорбція складний технологічний процес з переходом сировини в різні стани з різними фізико-хімічними властивостями. Він пов'язаний з використанням різної складності технологічного обладнання та допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості шкідливих парів, газів та інших забруднень.

Значною мірою зменшення забруднення відбувається за рахунок застосування автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу. При розробці проекту було передбачено систему замкнутого циклу, внаслідок якої потрапляння шкідливих речовин у довкілля неможливо.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В даній бакалаврській роботі були описані теоретичні основи процесу абсорбції, описана конструкція абсорбційної колони та вибір матеріалу з якого вона виготовлена. Приведений опис технологічної схеми установки з описом самого апарату та принцип його роботи.

Зроблені технологічні розрахунки абсорбційної колону.

Виконані розрахунки на міцність такі як розрахунок стінки корпусу апарату та розрахунок стінки кришки, розрахунок фланцевого з'єднання вхідного штуцера. Розрахунок та підбір стандартної опори.

Приведений опис Монтажу та ремонту обладнання на виробництві та вимоги з охорони праці.

					6.133.23.03.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. – С.
2. Ветошкин А.Г. Защита атмосферы от газовых выбросов. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2004. –
3. Рамм В. М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. – 655 с.
4. И.В. Доманский Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи – Л: Машиностроение, Ленинград, 1982. – 384 с.
5. Колонные аппараты. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1978. – 31 с.
6. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Касаткин А. Г., Дытнерский Ю. И., Кочергин Н. В. Тепло- и массоперенос. Т. 4. Минск: Наука и техника. 1966. – С. 12—17.
8. Павлов К. Ф., Романное П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов. Л.: Химия, 1976. – 552 с.
9. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – 496 с.
10. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охрана труда в химической промышленности". М.: Химия, 1977, - 568с.
11. Фармазов С.А. "Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд.". М.: Химия, 1980. – 312 с.
12. Ермаков В.И., Шеин В.С. "Ремонт и монтаж химического оборудования." Л.: Химия, 1981. – 368 с.

					<i>6.133.23.03.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52