

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Обладнання нафто газопереробних виробництв"

Тема роботи: Абсорбційна установка для поглинання хлористого водню із газоповітряної суміші. Розробити насадковий абсорбер

Виконав:
студент групи ХМ-81/ХО
Гребенік Артем Євгенович

підпис

Залікова книжка
№ 18510185

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:
Доцент, Михайловський

Яків Ємануїлович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Обладнання нафто газопереробних виробництв"

Курс 4 Група ХМ-81/ХО Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Гребеніку Артему Євгеновичу

1 Тема роботи: Абсорбційна установка для поглинання хлористого водню із газоповітряної суміші. Розробити насадковий абсорбер

2 Вихідні дані: Продуктивність за вихідною сумішшю 10800 м³ /год (у розрахунку на нормальні умови). Температура в колоні 20°C, тиск 2,1 ат. Початковий вміст HCl у газовій суміші 185 г/м³. Ступінь поглинання 92 %. Ступінь насичення абсорбенту 92 %. Абсорбент – вода Тип насадки – керамічні кільця Рашига 35×35×4 мм

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|--------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | - арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | - арк. |
| 3. <u>Креслення деталей і вузлів апарату</u> | - арк. |

4 Рекомендована література: _____

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання _____

Керівник _____

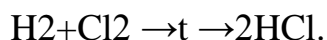
Зміст

Вступ.....	6
1. Загальні відомості	6
1.1 Теоретичні основи процесу абсорбції	8
1.1.1 Принципові схеми абсорбції.....	8
1.1.2 Порівняння принципів схем абсорбції	11
1.1.3 Апаратурне оформлення абсорбції	13
1.2 Опис технологічної схеми установки	24
1.3 Основний принцип роботи апарата	25
2. Технологічна частина	29
2.1 Технологічний розрахунок	29
2.1.1 Вихідні дані до розрахунку.....	29
2.1.2 Визначення масових та об'ємних витрат газів в абсорбері	29
2.1.3 Побудова рівноважної та робочої ліній процесу абсорбції	32
2.1.4 Розрахунок витрати абсорбенту	37
2.1.5 Визначення рушійної сили процесу абсорбції та числа одиниць перенесення.....	37
2.1.6 Розрахунок коефіцієнтів молекулярної дифузії	38
2.1.7 Визначення швидкості газу	39
2.1.8 Розрахунок коефіцієнту масопередачі та висоти шару насадки	40
2.2 Конструктивний та гідравлічний розрахунок	43
2.2.1 Визначення конструктивних розмірів	43
2.2.2 Визначення конструктивних розмірів	45
2.3 Вибір допоміжного обладнання	47
2.3.1 Розрахунок теплообмінника	47
2.3.2 Розрахунок вентилятора	49
3. Перевірка апарату на міцність, герметичність, стійкість	51

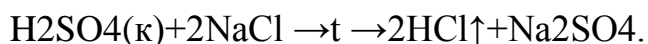
XI.A.00.00.00.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Гребенік		
Перевірів		Михайловський		
Н. Контр.				
Затвердив				
Насадковий абсорбер				
			Літера	Лист
ХМ-81/2Х ₅				

Вступ

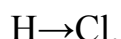
Хлороводень утворюється при взаємодії хлору з воднем:



Його можна також отримати при дії концентрованої сірчаної кислоти на тверді хлориди:



Хімічний зв'язок у молекулі хлороводню - ковалентна полярна:



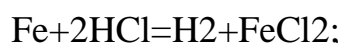
Він є безбарвним газом з різким запахом, важчим за повітря.

Хлороводень дуже добре розчиняється у воді: у 1 об'ємі води розчиняється до 500 об'ємів хлороводню.

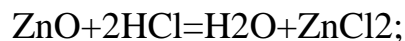
Соляна кислота. Розчин хлороводню у воді називається соляною, або хлороводневою, кислотою. Це безбарвна рідина із запахом. Максимальний вміст у ній хлороводню становить 37%. Соляна кислота відноситься до сильних одноосновних кислот з характерними для цих речовин властивостями.

Соляна кислота:

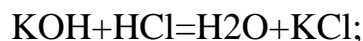
- змінює забарвлення індикаторів;
- взаємодіє з металами, розташованими у ряді активності до водню:



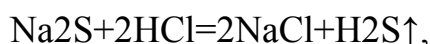
- взаємодіє з основними та амфотерними оксидами:



- взаємодіє з основами та амфотерними гідроксидами:



- взаємодіє із солями, якщо продуктом реакції є газ, осад або слабкий електроліт (з карбонатами, силікатами, сульфідами, розчинними солями срібла тощо):



					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		8

Більшість солей соляної кислоти добре розчиняються у воді. До нерозчинних відноситься хлорид срібла. Він випадає у вигляді білого сирного осаду при взаємодії розчину нітрату срібла з соляною кислотою або з розчинами хлоридів. Це якісна реакція на соляну кислоту та її солі: хлориди. Технічне найменування - хлороводень (гідрохлорид, хлористий водень).

Водний розчин широко використовується: для одержання хлоридів; для травлення металів; очищення поверхні судин; очищення свердловин від карбонатів; обробки руд; при виробництві каучуків; при виробництві глутаміна-ту натрію; при виробництві соди; при виробництві хлору та інших продуктів. Також застосовується у органічному синтезі. Ступінь небезпеки хімічної продукції загалом – 3-й – речовини помірно небезпечні.[13]

Вплив на екологію. У випадках витоку або розливу, соляна кислота може завдати істотних збитків навколишньому середовищу. По-перше, це призводить до виділення парів речовини в атмосферне повітря в кількостях, що перевищують санітарно-гігієнічні нормативи, що може спричинити отруєння всіх живих організмів, а також появи кислотних опадів, які можуть призвести до зміни хімічних властивостей ґрунту та води. По-друге, кислота може проникнути у ґрунтові води, внаслідок чого може статися забруднення внутрішніх вод. Там, де вода в річках та озерах стала досить кислою (рН менше 5), гарантовано зникає риба. При порушенні трофічних ланцюгів скорочується кількість видів водних тварин, водоростей та бактерій [2]. У містах кислотні опади прискорюють процеси руйнування споруд із мармуру та бетону, пам'ятників та скульптур. При попаданні на метали соляна кислота викликає їх корозію, а реагуючи з такими речовинами, як хлорне вапно, діоксид марганцю, або перманганат калію, утворює токсичний газоподібний хлор.

Абсорбція хлористого водню у воді – екзотермічний процес (близько 2100 кДж/кг HCl). Температура кипіння залежить від концентрації кислоти, як показано на малюнку 2. Максимальна температура кипіння 108.6 °C досягається приблизно 21% HCl. Далі температура кипіння зменшується майже лінійно зі збільшенням концентрації соляної кислоти.[13]

					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		9

1. Загальні відомості

1.1 Теоретичні основи процесу абсорбції

Абсорбцією називається перенесення компонентів газової суміші в об'єм дотичної з нею конденсованої фази.

При абсорбції відбувається вибіркове поглинання одного або декількох компонентів з газової суміші рідкими поглиначами.

Речовина, яка міститься в газовій фазі і при абсорбції не переходить в рідку фазу, називається газом-носієм; речовина, в якій відбувається розчинення компонентів, що абсорбуються, називають розчинником (поглиначем або абсорбентом); речовина, що міститься в газовій фазі і при абсорбції переходить в рідку фазу, тобто компонент, що поглинається, називають абсорбтивом; речовини, що поглинаються в об'ємі поглинача – абсорбатами.

Абсорбати утримуються в абсорбенті, рівномірно розподіляючись серед його молекул, внаслідок розчинення або хімічної реакції.

Процес, що завершується розчиненням абсорбатів в поглиначі, називають фізичною абсорбцією.

При фізичній абсорбції відбувається фізичне розчинення компоненту, що абсорбується, в розчиннику, при цьому молекули абсорбенту та молекули абсорбтиву не вступають між собою в хімічну взаємодію.

Іноді газ, що розчиняється вступає в хімічну реакцію безпосередньо з самим розчинником.

Процес, що супроводжується хімічною реакцією між компонентом, що поглинається і абсорбентом, називають хімічною абсорбцією (хемосорбція).

При хемосорбції компонент, що абсорбується вступає в хімічну реакцію з поглиначем, утворюючи нові хімічні сполуки в рідкій фазі.

Абсорбція представляє собою процес хімічної технології, що включає масоперенос між газоподібним компонентом і рідким розчинником, який здійснюється в апараті для контактування газу з рідиною. [13]

					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		10

Апарати, в яких здійснюють процес абсорбції, називають абсорбери.

Абсорбція - найбільш поширений процес очищення газових сумішей в багатьох галузях, наприклад, в хімічній промисловості.

Абсорбцію широко застосовують для очищення викидів від сірководню, інших сірчистих сполук, парів соляної, сірчаної кислот, ціаністих сполук, органічних речовин (фенолу, формальдегіду та ін.).

Абсорбційна система може бути простою, в якій рідина застосовується тільки один раз і видаляється з системи без відділення абсорбованого забруднення.

В іншому варіанті забруднення відокремлюють від абсорбуючої рідини, виділяючи її в чистому вигляді.

Потім абсорбент знову подають на стадію абсорбції, знову регенерують і повертають в систему.

Регенерацію поглиначів проводять фізичними методами: підвищенням температури, зниженням тиску або поєднанням зазначених параметрів.[13]

1.1.1 Принципові схеми абсорбції

У техніці застосовують такі принципові схеми абсорбційних процесів:

- прямотечійні;
- протитечійні;
- одноступінчасті з рециркуляцією;
- багатоступінчасті з рециркуляцією.

На прямоточній схемі (рисунок 1.1, а) потоки газу й рідини рухаються паралельно один одному. На вході в абсорбер газ із більшою концентрацією компонента, що розподіляється, контактує з рідиною, яка має меншу концентрацію (концентрації Y_1 відповідає концентрація X_1). На виході з абсорбера навпаки газ уже збіднений компонентом, що розподіляється, контактує з рідиною, збагаченою ним (концентрації Y_2 відповідає концентрація X_2). Унаслідок цього рушійна сила процесу абсорбції по висоті абсорбера сильно убу-

кожухотрубні теплообмінники. Поглинач надходить на верхню трубну решітку і стікає по внутрішній поверхні трубок у вигляді тонкої плівки. Газ рухається по трубках знизу вгору. Через міжтрубний простір проходить охолоджувальний агент, найчастіше вода.

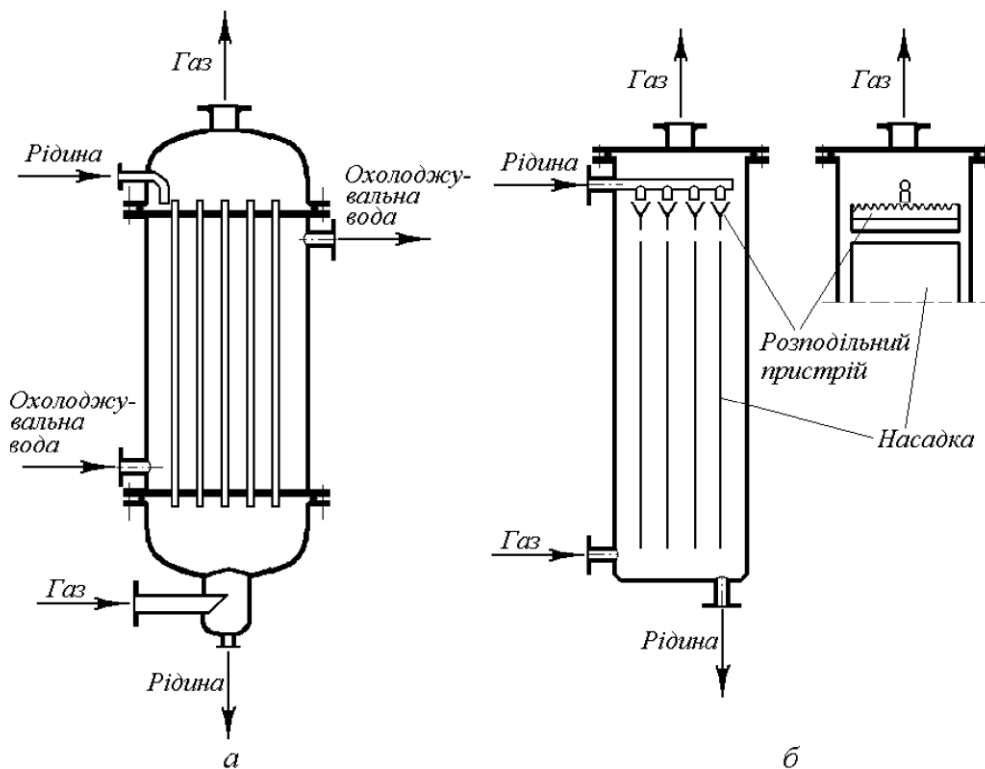


Рисунок 1.9 - Плівкові абсорбери: а - трубчатий, б - з листовою насадкою

Абсорбери з листовою насадкою (рисунок 1.9, б), мають насадку у вигляді вертикально розташованих листів твердого матеріалу (дерева, металу, пластмаси тощо) або туго натягнутих полотниць тканини.

Над насадкою встановлені розподільні пристрої для зрошення кожного її елемента по обидва боки. Газ рухається знизу вгору, контактуючи з плівкою рідини, яка стікає по поверхні насадки.

Насадні абсорбери.

Насадні абсорбери (абсорбери зі змоченою насадкою) являють собою колони, заповнені насадкою - твердими тілами різної форми.

Основні вузли таких апаратів (рисунок 1.10, а):

- пристрої для розподілу рідини по насадці (розподільні пристрої);
- насадні тіла;
- пристрої для перерозподілу рідини від периферії шару насадки до йо-

дходить у них під тиском, розподіляючись по каналах, розприскується над насадкою.

Насадка (насадні тіла). Найпростіша насадка - грудковий матеріал, наприклад, кокс або кварц, яким безладно заповнений об'єм колони. Найбільше практичне значення має кільцева насадка (рисунок 1.10, в), що складається з кілець, висота яких дорівнює діаметру (кілця Рашига), розмірами 15-150 мм; хордова насадка (рисунок 1.10, г), що являє собою ряд, як правило, дерев'яних решіток або дощок, поставлених на ребро, причому решітки повернуті відносно одна одної на 45^0 або 90^0 ; фасонні насадні тіла (рисунок 1.10, д), спіральна й сітчаста металеві насадки.

До насадки висувають такі основні вимоги:

- 1) велика питома поверхня (поверхня насадки в одиниці її об'єму $\text{м}^2/\text{м}^3$);
- 2) великий вільний об'єм, у якому здійснюється контакт між рідиною та газом;
- 3) малий опір газовому потоку;
- 4) рідина й дрібні частки не повинні накопичуватися в якій-небудь частині об'єму насадки, рідина не повинна протікати між насадкою та стінками апарата; матеріал насадки не повинен вступати в хімічний зв'язок із рідиною або газом, що протікають через колону;
- 5) мала питома вага;
- 6) висока механічна міцність;
- 7) низька вартість 1 м^2 поверхні насадки.

Пристрої для перерозподілу рідини від периферії шару насадки до його центра (збиральні перегородки) виготовляють у вигляді усічених конусів або тарілок зі зливними патрубками і встановлюють на відстані 3-4 діаметрів апарата один від одного. Вони запобігають розтіканню рідини до стінок, яке відбувається тому, що газ, який рухається знизу нагору, відтискує рідину від осі колони до її периферії.

Барботажні абсорбери.

					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		20

Барбота́ж - пропущення газу крізь рідину у вигляді дрібних бульбашок або цівок. Найбільш поширені тарілчасті абсорбери. Особливість усіх тарілчастих колон - ступінчастий характер здійсненого в них процесу (на відміну від безперервного процесу в насадних колонах) - газ і рідина послідовно стикаються на різних ступенях (тарілках) апарата.

Абсорбер ємнісного типу - найпростіший і найменш ефективний тип барботажного абсорбера. Він являє собою посудину, через яку протікає абсорбент, що містить газовий дзвін (рисунок 1.11). Посудина має водяну оболонку для охолодження. На нижній крайці газового дзвону розташовані прорізи, за допомогою яких газ рівномірно розподіляється по рідині. Власне процес абсорбції відбувається в шарі рідини між її дзеркалом і нижньою крайкою газового дзвону. Такі абсорбери раніше використовувалися у виробництві сірчаної кислоти.

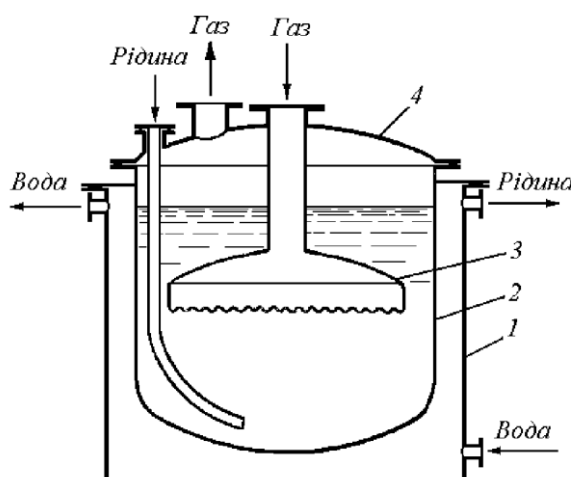


Рисунок 1.11 - Барботажний абсорбер ємнісного типу: 1 - резервуар; 2 - корпус абсорбера; 3 - газовий дзвін; 4 - кришка

Колони з ковпачковими тарілками. Тарілки - поперечні перегородки, що розділяють колону на частини. Кожна ковпачкова тарілка містить газовий патрубок, переливну трубку і ковпачок (рисунок 1.12). У нижній крайці ковпачка є зубці або вертикальні прорізи, що знаходяться під рівнем рідини. Ковпачок накриває газовий патрубок, через який знизу на тарілку надходить газ.

занурений у склянку, що знаходиться на нижній тарілці, і утворює гідрозатвор.

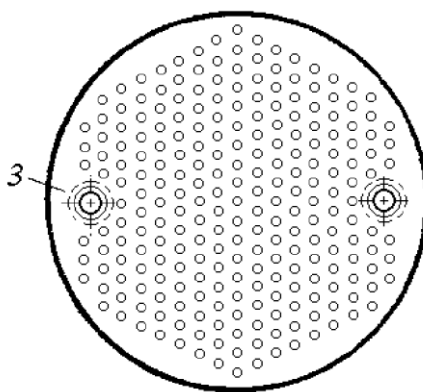
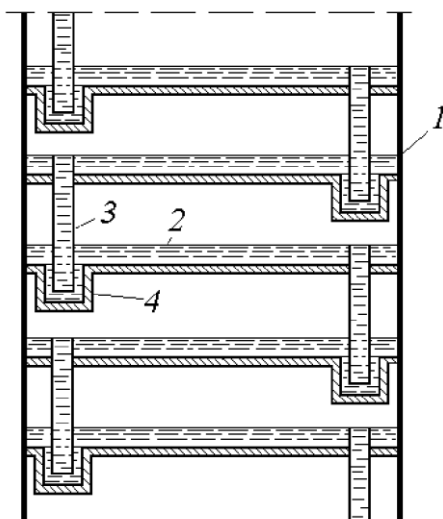


Рисунок 1.13 - Ділянка колонни з сітчастими тарілками: 1 - корпус; 2 - сітчаста тарілка; 3 - переливна трубка; 4 - стакан

Під час роботи колонни газ проходить знизу вгору через отвори тарілок і розподіляється в рідині у вигляді дрібних цівок. Шар піни й бризок - основна область масообміну - знаходиться на певній відстані від дна тарілки.

Тиск і швидкість газу повинні бути достатніми, щоб здолати тиск шару рідини на тарілці й запобігти її стіканню через отвори. Рідина повинна стікати тільки через переливні трубки.

Сітчасті тарілки мають більшу ефективність, ніж ковпачкові, але тільки у визначеному діапазоні навантажень. При занадто малій швидкості газу $\sim 0,1$ м/с, рідина просочується в отвори тарілок, зменшуючи їх ККД. Імовірність протікання рідини зростає в разі збільшення діаметра отворів і відхилення

біжних труб, приєднаних до колекторів. По трубах пропускають холодоагент для відведення тепла, що виділяється під час абсорбції. Не зайняту трубами площу тарілки перекривають перфорованим листом, живий переріз якого приблизно дорівнює живому перерізу решітчастої частини тарілки.

Через відсутність переливних пристроїв провальні тарілки простіші, ніж тарілки інших типів.

Розпилювальні й розприскувальні абсорбери.

Ці апарати використовуються переважно для поглинання добре розчинних газів. Поверхня поділу фаз - поверхня безлічі дрібних крапель, на які розпилюється або розприскується рідина в потоці газу. Загальна поверхня збільшується зі збільшенням щільності зрошення та зменшенням розміру й швидкості руху краплі. Розпилювальні абсорбери (рисунок 1.15) звичайно виготовляють у вигляді колон, у яких рідина розпилюється зверху, а газ надходить знизу.

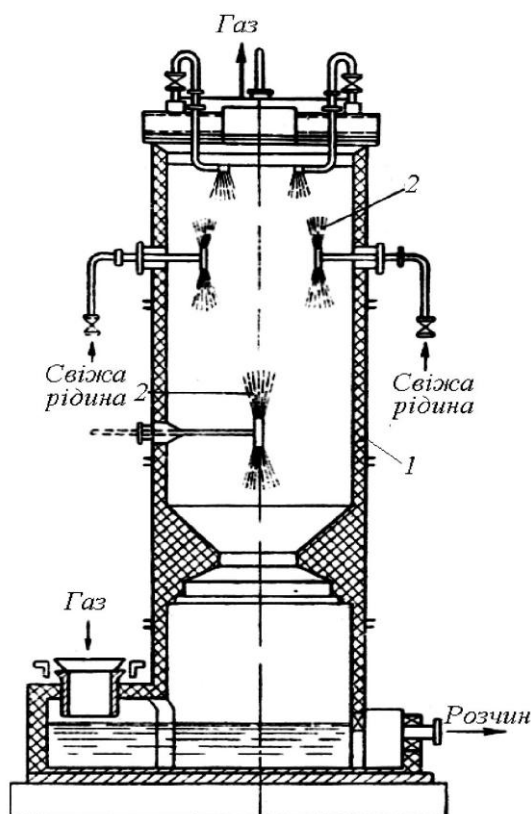


Рисунок 1.15 - Розпилювальний абсорбер: 1 - корпус; 2 - форсунки

Найважливіші елементи таких абсорберів - пристрої для розпилювання рідини. Використовуються механічні форсунки (тиск рідини 2-200 ат, розмір

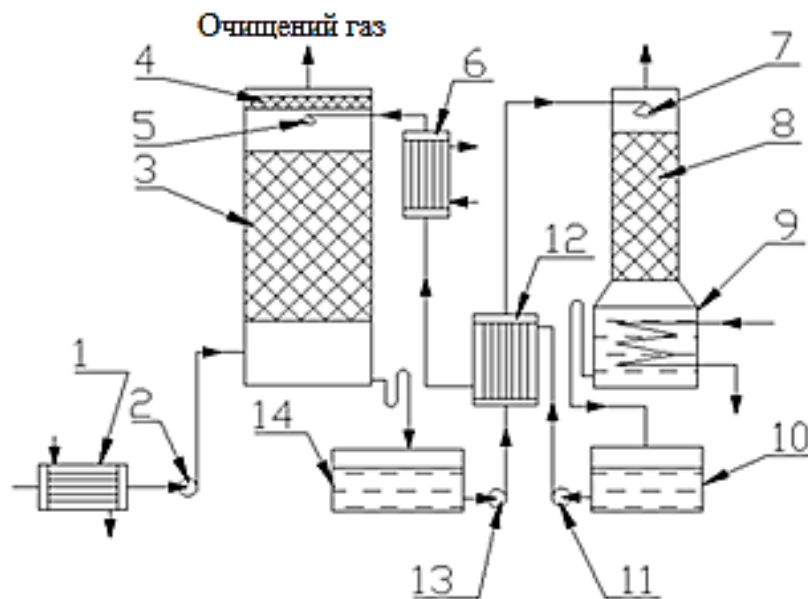


Рисунок 1.17 – Принципова схема процесу

Абсорбент (вода) з проміжної ємності 10 насосом 11 подається в верхню частину колони і рівномірно розподіляється по поперечному перерізі абсорбера за допомогою зрошувача 5.

У колоні здійснюється протитечійна взаємодія газу і рідини.

Газ після абсорбції, пройшовши бризковідбійник 4, виходить з колони.

Абсорбент стікає через гідрозатвор в проміжну ємність 14, звідки насосом 13 направляється на регенерацію в десорбер 8 після попереднього підігріву в теплообміннику-рекуператорі 12.

Вичерпання поглиненого компонента з абсорбенту проводиться в кубі 9, що обігрівається насиченою водяною парою.

Перед подачею на зрошення колони абсорбент, пройшовши теплообмінник-рекуператор 12, додатково охолоджується в холодильнику 6.

1.3 Основний принцип роботи апарата

Будову насадочного абсорбера показано на рисунку 1.18.

Він має циліндричний вертикальний корпус 1.

Газ при роботі абсорбера рухається в зазорах (пустотах) між насадочними тілами і всередині їх протитечійно відносно рідини.

Для рівномірного розподілу рідини по перерізу апарату над верхнім шаром насадки встановлюється розподільний пристрій 4.

Перерозподільні пристрої 5 встановлюються в апаратах, в яких насадка секціонована по висоті на кілька шарів.

Секціонування насадки по висоті виконують для усунення наслідків пристінкового ефекту - концентрування потоку рідини в приосьовій зоні апарату з рухом переважної частини газу в пристінковій зоні. Пристінковий ефект істотно знижує інтенсивність взаємодії фаз.

Секціонування насадки по висоті на практиці здійснюють в тому випадку, якщо її загальна висота перевищує діаметр апарату в три і більше разів.

У той же час висота одного шару насадки не може бути більше 8 м (з умов допустимого навантаження на опорно-розподільну решітку і запобігання деформування і руйнування насадок тіл в нижній частині шару).

Насадковий абсорбер має наступні основні технологічні штуцери:

- для входу вихідної газової суміші (ВГС) 6, розташований в нижній (кубовій) частині корпусу нижче нижньої опорно-розподільчої решітки;
- для виходу очищеної газової суміші (ОГС) 7, виконаний у верхній кришці корпусу апарату;
- для входу свіжого абсорбенту (са) 8, виконаний у верхній частині корпусу вище верхнього шару насадки на рівні розподільного пристрою;
- для виходу відпрацьованого абсорбенту (ва) 9, виконаний в днищі корпусу апарату.

Працює насадковий абсорбер наступним чином.

Свіжий абсорбент через штуцер 8 подається в розподільний пристрій 4 і зрошує насадку.

Абсорбент під дією сили тяжіння стікає по насадці вниз.

Вихідна газова суміш надходить в апарат через штуцер 6 і рухається по каналах в насадці знизу вгору.

При взаємодії рідкої і газової фаз відбувається поглинання абсорбатів абсорбентом.

Відпрацьований абсорбент, насичений абсорбатами, відводиться з абсорбера через штуцер 9.

Очищена газова суміш покидає апарат через штуцер 7.

					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		30

2 Технологічна частина

2.1 Технологічний розрахунок

2.1.1 Вихідні дані до розрахунку

Вихідні дані:

- Продуктивність за вихідною сумішшю 10800 м³/год (у розрахунку на нормальні умови);
- Температура в колоні 20° С;
- Тиск в колоні 2,1 ат;
- Початковий вміст НСl у газовій суміші 185 г/м³;
- Ступінь поглинання 92 %;
- Ступінь насичення абсорбенту 92%;
- Абсорбент – вода;
- Тип насадки – керамічні кільця Рашига 35×35×4 мм/

2.1.2 Визначення масових та об'ємних витрат газів в абсорбері

Знаючи об'ємну витрату газової суміші в нормальних умовах, можна знайти за рівнянням Клапейрона її об'ємну витрату в робочих умовах на вході в абсорбер:

$$V_{\text{см}} = \frac{V_0}{3600} \cdot \frac{(t + 273) \cdot P_0}{273 \cdot P}$$

де P_0 – атмосферний тиск.

Підставивши відомі величини отримаємо:

$$V_{\text{см}} = \frac{10800}{3600} \cdot \frac{(20 + 273) \cdot 1}{273 \cdot 2,1} = 1,53 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Використовуючи це саме рівняння, можна визначити густину газу, що поглинається, і повітря в робочих умовах:

$$\rho_{\text{Г}} = \rho_{\text{Г}}^0 \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0};$$

$$\rho_{\text{пов}} = \rho_{\text{пов}}^0 \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0},$$

де $\rho_{\text{Г}}^0$ і $\rho_{\text{пов}}^0$ - густини газу, що поглинається, і повітря в нормальних умовах ($\rho_{\text{Г}}^0 = M_{\text{Г}}/22,4$, $\rho_{\text{пов}}^0 = M_{\text{пов}}/22,4$); $M_{\text{Г}}$ - мольна маса газу, що поглинається (Для НСl = 36,5 кг/кмоль) (для повітря беруть $M_{\text{пов}} = 29$ кг/кмоль)

$$G_{\text{пов}} = 3,94 - 0,28 = 3,66 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Відносні мольна і масова частки компонента, що поглинається, у вихідній газовій суміші визначають за формулами:

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

$$\bar{Y}_{\text{H}} = \frac{G_{\text{Г}}}{G_{\text{пов}}} = Y_{\text{H}} \cdot \frac{M_{\text{Г}}}{M_{\text{пов}}}.$$

Отримаємо:

$$Y_{\text{H}} = \frac{0,058}{1 - 0,058} = 0,062;$$

$$\bar{Y}_{\text{H}} = \frac{0,28}{3,66} = 0,062 \cdot \frac{36,5}{29} = 0,078.$$

Масові витрати абсорбованого і непоглиненого компонента в газовій суміші на виході з апарата обчислюють за формулами:

$$M = G_{\text{Г}} \cdot C_n / 100,$$

$$G'_{\text{Г}} = G_{\text{Г}} - M = G_{\text{Г}} \cdot \left(1 - \frac{C_n}{100}\right).$$

Підставивши відомі величини отримаємо:

$$M = 0,28 \cdot \frac{92}{100} = 0,26;$$

$$G'_{\text{Г}} = 0,28 - 0,26 = 0,28 \cdot \left(1 - \frac{92}{100}\right) = 0,023.$$

Відносну масову частку компонента, що поглинається, в газовій суміші на виході з апарата визначають за формулою:

$$\bar{Y}_{\text{В}} = \frac{G'_{\text{Г}}}{G_{\text{пов}}}.$$

Маємо:

$$\bar{Y}_{\text{В}} = \frac{0,023}{3,66} = 0,006.$$

2.1.3 Побудова рівноважної та робочої ліній процесу абсорбції

Для побудови рівноважної та робочої ліній процесу абсорбції на X-Y-діаграмі потрібно знайти рівноважну і робочу відносні масові частки компонента, що поглинається, в рідині на виході з апарата. Відносна мольна частка компонента, що поглинається, в рідині, яка перебуває в рівновазі з вихідною газовою сумішшю, визначається за залежністю, одержаною на основі спільного розв'язання рівнянь, які виражають закони Генрі та Дальтона:

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

де E – коефіцієнт Генрі, що залежить від температури, властивостей газу, що поглинається, і абсорбенту, який має розмірність тиску ($E = 0.279$ МПа).

Попередньо переведемо тиск в технічних атмосферах в МПа, отримаємо:

$$P = 2,1 \text{ ат} = 0,213 \text{ МПа.}$$

Тоді маємо:

$$X_H^* = 0,062 \cdot \frac{0,213}{0,279} = 0,045.$$

Рівноважна відносна масова частка компонента, що поглинається, в рідині на виході з апарата визначається за формулою

$$\bar{X}_H^* = X_H^* \cdot \frac{M_G}{M_p},$$

де M_p – мольна маса рідкого поглинача, кг/кмоль (для води $M_p = 18$ кг/кмоль):

$$\bar{X}_H^* = 0,045 \cdot \frac{36,5}{18} = 0,092.$$

Під час побудови кривої рівноваги необхідно враховувати, що розчинення газів супроводжується виділенням теплоти, внаслідок цього підвищується температура поглинача і знижується розчинність газу.

Температура абсорбенту в нижній частині колони з урахуванням диференціальної теплоти розчинення газу і концентрації поглиненої речовини визначається за формулою:

$$t_{нр} = t_n + \frac{q}{c_p} \cdot (\bar{X}_H^* - \bar{X}_B)$$

де q – диференціальна теплота розчинення газу, кДж/кг (вибираємо за табл. А.2 [1], для хлористого водню $q = 1230$ кДж/кг);

Таблиця 2.1 – Результати визначення температури абсорбенту в нижній частині колони в різних наближеннях

Величина	Значення
Перше наближення	
$t_n, ^\circ\text{C}$	40
$E, \text{МПа}$	0,303
$X_n^*, \frac{\text{кмоль } HCl}{\text{кмоль } H_2O}$	0,042
$\bar{X}_n^*, \frac{\text{кг } HCl}{\text{кг } H_2O}$	0,085
$t_{нр}, ^\circ\text{C}$	44,87
$ t_{нр} - t_n , ^\circ\text{C}$	4,87 > 1-2 $^\circ\text{C}$
Друге наближення	
$t_n, ^\circ\text{C}$	44,87
$E, \text{МПа}$	0,304
$X_n^*, \frac{\text{кмоль } HCl}{\text{кмоль } H_2O}$	0,042
$\bar{X}_n^*, \frac{\text{кг } HCl}{\text{кг } H_2O}$	0,085
$t_{нр}, ^\circ\text{C}$	44,79
$ t_{нр} - t_n , ^\circ\text{C}$	0,08 < 1-2 $^\circ\text{C}$

Таблиця 2.2 – Розрахункові дані для побудови рівноважної лінії

Шукана величина і розрахункова формула	0	0,0106	0,0213	0,0319	0,0425	0,0531	0,0638	0,0744	0,0850
Температура рідини, °C, $t_i = t_H + \frac{q}{c_p} \cdot \bar{X}_i$	20	23,11	26,22	29,33	32,45	35,56	38,67	41,78	44,79
Коефіцієнт Генрі, МПа, за табл. А.1 $E_i = f(t_i)$	0,279	0,2829	0,2867	0,2906	0,2941	0,266	0,2996	0,3024	0,3041
Відносна мольна частка газу, що поглинається, в рідкій фазі, кмоль/кмоль H ₂ O, $X_i = \bar{X}_i \cdot \frac{M_p}{M_r}$	0	0,0052	0,0105	0,0157	0,0210	0,0262	0,0314	0,0367	0,0419
Рівноважна відносна мольна частка компонента, що поглинається, в газовій фазі, кмоль/кмоль пов., $Y_i^* = X_i \cdot \frac{E_i}{P}$	0	0,0072	0,0146	0,0222	0,0299	0,0338	0,0457	0,0538	0,0619
Рівноважна відносна масова частка компонента, що поглинається, в газовій фазі, кг/кг пов., $\bar{Y}_i^* = Y_i^* \cdot \frac{M_r}{M_{пов}}$	0	0,0091	0,0184	0,0279	0,0377	0,0426	0,0575	0,0678	0,0779

Знаючи ступінь насичення абсорбенту – 92 %, і визначивши рівноважну відносну масову частку поглинаючого компонента в рідині на виході з апарату, ми можемо визначити \bar{X}_H :

$$\bar{X}_H = 0,92 \cdot \bar{X}_H^* = 0,92 \cdot 0,085 = 0,0782 \frac{\text{кмоль } HCl}{\text{кмоль } H_2O} \therefore$$

За аналогічною методикою, що викладена в п.6-8 визначаємо рівноважну відносну масову частку компонента, що поглинається, в газовій фазі:

$$t_H = 20 + \frac{1230}{4,2} \cdot 0,0782 = 42,9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$E = 0,3037 \text{ МПа};$$

$$X_H = 0,0782 \cdot \frac{18}{36,5} = 0,0386 \frac{\text{кмоль } HCl}{\text{кмоль } H_2O};$$

$$Y_i^* = 0,0386 \cdot \frac{0,3037}{0,206} = 0,0569 \frac{\text{кмоль } HCl}{\text{кмоль пов}};$$

$$\bar{Y}_H^* = 0,0569 \cdot \frac{36,5}{29} = 0,0716 \frac{\text{кг } HCl}{\text{кг пов}}.$$

Робоча лінія являє собою пряму, що проходить через точки з координатами $(0; Y_B)$ та $(\bar{X}_H; \bar{Y}_H)$ (рис. 2.3).

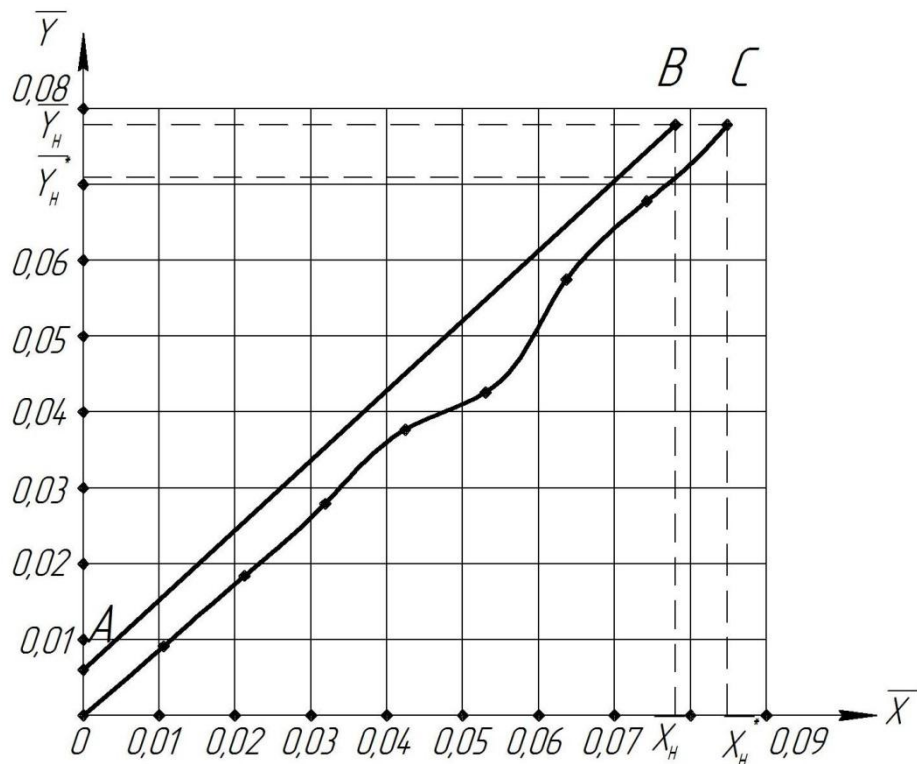


Рисунок 2.1 – Робоча (AB) і рівноважна (OC) лінії абсорбера

2.1.7 Визначення швидкості газу

Робочу (фіктивну) швидкість газу для абсорберів, що працюють у плівковому режимі, попередньо визначаємо за формулою:

$$w' = (0,75 - 0,9) \cdot w_{\text{Гр}},$$

де $w_{\text{Гр}}$ – швидкість газу, що відповідає точці захливання

Для визначення граничної швидкості газу, за якої настає режим захливання насадкового абсорбера

$$\lg \left(\frac{w_{\text{Гр}}^2 \cdot a_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{р}}^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{\text{р}}} \right) = 0,022 - 1,75 \cdot \left(\frac{L}{G_{\text{пов}}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{р}}} \right)^{0,125},$$

де $a_{\text{н}}$ і ε – питома поверхня, $\text{м}^2/\text{м}^3$, і вільний об'єм насадки, $\text{м}^3/\text{м}^3$, ($a_{\text{н}} = 140 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}$, $\varepsilon = 0,78 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$);

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

$\rho_{\text{см}}$ і $\rho_{\text{р}}$ – густини газової суміші та рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$,

$\mu_{\text{р}}$ – динамічна в'язкість рідини, $\mu_{\text{р}} = 0,6 \text{ мПа} \cdot \text{с}$.

Введемо допоміжну величину X :

$$\begin{aligned} X &= 0,022 - 1,75 \cdot \left(\frac{L}{G_{\text{пов}}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{р}}} \right)^{0,125} \\ &= 0,022 - 1,75 \cdot \left(\frac{3,37}{3,66} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,571}{997} \right)^{0,125} = -0,792. \end{aligned}$$

Виразивши з емпіричного рівняння шукану величину граничної швидкості газу, за якої настає режим захливання насадкового абсорбера отримаємо:

$$w_{\text{Гр}} = \sqrt{\frac{10^X \cdot g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{\text{р}}}{a_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{р}}^{0,16}}} = \sqrt{\frac{10^{-0,792} \cdot 9,81 \cdot 0,78^3 \cdot 997}{140 \cdot 2,571 \cdot 0,6^{0,16}}} = 1,503 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Тоді маємо попередньо робочу швидкість газу для абсорберів, що працюють у плівковому режимі:

$$w' = 0,8 \cdot w_{\text{Гр}} = 0,8 \cdot 1,503 = 1,202 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Діаметр абсорбційної колони розрахуємо на основі рівняння об'ємної витрати газу за робочих параметрів [3]:

$$K_{op} = 20 \text{ Вт(м}^2 \cdot \text{К)};$$

$$\Delta t_{cp} = 5 \text{ }^\circ\text{C- середня різниця температур};$$

Підставляючи дані у формулу, отримуємо

$$F_{op} = \frac{16686}{20 \cdot 5} = 166,86 \text{ м}^2$$

Приймаємо теплообмінник по табл. 7.1

Теплообмінник 800 ТНГ.– 1,0 – 0/20 – 4 – 2 ГОСТ15122-79 [11]

2.3.2 Розрахунок вентилятора

Для вибору вентилятора необхідно знати загальний гідравлічний опір мережі, що складається з сум гідравлічних опорів всіх пристроїв і гідравлічного опору трубопроводу.

Загальний гідравлічний опір визначається за формулою

$$\Delta P_{общ} = \Delta P_A + \Delta P_T + \Delta P_{Tr}$$

де

$$\Delta P_A = 1023 \text{ Па – гідравлічний опір поглинача};$$

$$\Delta P_T = 1278 \text{ Па – гідравлічний опір теплообмінника};$$

$$\Delta P_{Tr} = 329 \text{ Па – гідравлічний опір трубопроводу};$$

Підставляючи дані у формулу, отримуємо

$$\Delta P_{общ} = \Delta P_A + \Delta P_T + \Delta P_{Tr} = 1023 + 1278 + 329 = 2630 \text{ Па};$$

Виходячи з загального гідравлічного опору мережі і об'ємної витрати газової суміші, підбираємо вентилятор або газодувку. Визначаємо необхідну потужність для руху газової суміші, $\kappa\text{Вт}$, за формулою

$$N = \frac{V \cdot \Delta P_{общ}}{1000 \cdot \eta}$$

Де

V - об'ємна витрата газо-повітряної суміші в нормальних умовах, $\text{м}^3/\text{с}$ (див. завдання);

$$\Delta P_{общ} = 2630 \text{ - загальний гідравлічний опір мережі, Па};$$

η – ефективність вентилятора, вибирається з каталогу в залежності від типу вентилятора.

									Лист
									50
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

3. Перевірка апарату на міцність, герметичність, стійкість

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Згідно з паспортом на апарат, а також умовами експлуатації (середовище агресивне), вибираємо як матеріал корпусу в нержавіючу сталь марки 12Х18Н9Т.

Напруга, що допускається при температурі експлуатації апарату складе .
 $[\sigma] = 196 \text{ МПа}$

Допустиму напругу $[\sigma]$ визначаємо за формулою (3.79) відповідно до використання ГОСТ 34233.1-2017 [7]:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (3.1)$$

де η - Поправочний коефіцієнт, що дорівнює 1 [7];

σ^* - нормативна напруга, що приймається відповідно до таблиці А1 [7] і для робочих умов в апараті дорівнює 108 МПа.

Враховуючи, що поздовжні та поперечні шви обечайок сталевих апаратів повинні бути тільки стиковими, та припускаючи двостороннє зварювання, виконане автоматично, приймаємо $\varphi = 1$ [7].

3.2 Вибір розрахункового тиску

Розрахунковим приймемо тиск при гідровипробуванні, що не перевищує величину робочого тиску атмосферної колони [28]:

$$P_{\text{расч}} = P_{\text{раб}} \quad (3.2)$$

де - Робочий тиск в апараті, МПа. $P_{\text{раб}} = 0,25$

3.3 Розрахунок товщин стінок обечайок апарату

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

де - Діаметр апарату, приймається як найбільша величина діаметра корпусу
 $D = 1400 \text{ мм}$;

φ_p - Коефіцієнт міцності зварного шва визначається згідно [6], $\varphi_p = 1$

$$s_p = \frac{0,25 \cdot 10^6 \cdot 1.4}{2 \cdot 196 \cdot 10^6 \cdot 1 - 0,25 \cdot 10^6} = 0,00089 \text{ м} = 1,0 \text{ мм}$$

c - Сума додатків до розрахункових товщин стінок, мм.

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (3.3)$$

									Лист
									52
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

3.5 Розрахунок опори

Визначимо вагу обладнання згідно з [24].

Вагу колони у робочих умовах розраховують за формулою [24]:

$$G_1 = G_{yч} + G_{ич} + G_{кр} + G_{дн} + G_m + G_{пл.об} + G_{мен.лш} + G_{раб.ср} + G_l + G_{он} \quad (3.23)$$

де $G_{yч}$ - вага зміцнюючої частини колони, Н.

$$G_{yч} = \pi \cdot D_{yч} \cdot s \cdot H_в \cdot \rho_{ст} \cdot g \quad (3.24)$$

де - щільність сталі, для марки 12X18H9T С, $\rho_{ст} = 7850 \frac{кг}{м^3}$.

$H_в$ – загальна висота зміцнюючої та шоломової частин колони.

$$H_в = 7,76 м.$$

$$G_{yч} = \pi \cdot 1,4 \cdot 0,01 \cdot 7,76 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 26269,88 \text{ Н.}$$

$G_{ич}$ - Вага вичерпної частини колони, Н.

$$G_{ич} = \pi \cdot D_{ич} \cdot s \cdot H_н \cdot \rho_{ст} \cdot g \quad (3.25)$$

де $H_н$ - загальна висота вичерпної частини та ділянки від першої тарілки до опорної обичайки, м.

$$H_н = 15,08 м.$$

$$G_{ич} = \pi \cdot 1,4 \cdot 0,01 \cdot 15,08 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 51050,23 \text{ Н}$$

$G_{кр}$ - Вага кришки, Н.

$$G_m = n_{укр} \cdot G_{укр}^m + n_{исч} \cdot G_{исч}^m \quad (3.26)$$

$$G_{кр} = 1.24 \cdot 1.4^2 \cdot 0.010 \cdot 7850 \cdot 9.81 = 1871,62 \text{ Н.}$$

$G_{дн}$ - Вага днища, визначається аналогічно формулі (117)

$$G_{дн} = 1.24 \cdot 1.4^2 \cdot 0.010 \cdot 7850 \cdot 9.81 = 1871,62 \text{ Н.}$$

G_T - Вага тарілок, Н.

$$G_m = n_{укр} \cdot G_{укр}^m + n_{исч} \cdot G_{исч}^m \quad (3.27)$$

де $n_{укр}$ - число тарілок у зміцнюючій частині, $n_{укр} = 11$

$G_{укр}^T$ – вага однієї тарілки у зміцнювальній частині, згідно [8] $G_{укр}^T = 830 \text{ Н.}$

$n_{исч}$ - Число тарілок у вичерпній частині, $n_{исч} = 36$

$G_{исч}^T$ – вага однієї тарілки у вичерпній частині, згідно [8] $G_{исч}^T = 830 \text{ Н.}$

									Лист
									58
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

Ширина опори: $\ell = 160 + 4S_1 = 160 + 4 \cdot 6 = 184$ мм;

Діаметри $d = 60$ мм, $d_1 = 90$ мм, $d_2 = 28$ мм, $d_b = M24$.

Діаметр опори: [5] т.14.10 с.287

- зовнішній діаметр кільця: $D_1 = 1680$ мм;

- Діаметр кола болта: $D_B = 1560$ м;

- Внутрішній діаметр кільця: $D_2 = 1300$ м.

3.6 Перевірочний розрахунок обладнання

Визначимо вагу обладнання згідно з [24].

Вагу колони у робочих умовах розраховують за формулою [24]:

$$G_1 = G_{yч} + G_{ич} + G_{кр} + G_{дн} + G_m + G_{пл.об} + G_{менл.уз} + G_{раб.ср} + G_l + G_{он} \quad (3.37)$$

де $G_{yч}$ - вага зміцнюючої частини колони, Н.

$$G_{yч} = \pi \cdot D_{yч} \cdot s \cdot H_г \cdot \rho_{ст} \cdot g \quad (3.38)$$

де - щільність сталі, для марки 12Х18Н9Т С, $\rho_{ст} = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

H_B – загальна висота зміцнюючої та шоломової частин колони.

$$H_г = 7,76 \text{ м.}$$

$$G_{yч} = \pi \cdot 1,4 \cdot 0,01 \cdot 7,76 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 26269,88 \text{ Н.}$$

$G_{ич}$ - Вага вичерпної частини колони, Н.

$$G_{ич} = \pi \cdot D_{ич} \cdot s \cdot H_n \cdot \rho_{ст} \cdot g \quad (3.39)$$

де H_n - загальна висота вичерпної частини та ділянки від першої тарілки до опорної обичайки, м.

$$H_n = 15,08 \text{ м.}$$

$$G_{ич} = \pi \cdot 1,4 \cdot 0,01 \cdot 15,08 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 51050,23 \text{ Н}$$

$G_{кр}$ - Вага кришки, Н.

$$G_m = n_{укр} \cdot G_{укр}^m + n_{исч} \cdot G_{исч}^m \quad (3.40)$$

$$G_{кр} = 1.24 \cdot 1.4^2 \cdot 0.010 \cdot 7850 \cdot 9.81 = 1871,62 \text{ н.}$$

$G_{дн}$ - Вага днища, визначається аналогічно формулі (117)

$$G_{дн} = 1.24 \cdot 1.4^2 \cdot 0.010 \cdot 7850 \cdot 9.81 = 1871,62 \text{ н.}$$

G_T - Вага тарілок, Н.

									Лист
									62
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

$$G_m = n_{\text{укр}} \cdot G_{\text{укр}}^m + n_{\text{исч}} \cdot G_{\text{исч}}^m \quad (3.41)$$

де пукр - число тарілок у зміцнюючій частині, $n_{\text{укр}} = 11$

$G_{\text{укр}}^T$ – вага однієї тарілки у зміцнювальній частині, згідно [8] $G_{\text{укр}}^T = 830$ Н.

$n_{\text{исч}}$ - Число тарілок у вичерпній частині, $n_{\text{исч}} = 36$

$G_{\text{исч}}^T$ – вага однієї тарілки у вичерпній частині, згідно [8] $G_{\text{исч}}^T = 830$ Н.

$$G_T = 24 \cdot 7500 + 36 \cdot 8200 = 29050 \text{ Н.}$$

$G_{\text{тепл.из}}$ - Вага теплоізоляції, Н.

$$G_{\text{тепл.из}} = F_{\text{тепл.из}} \cdot S_{\text{тепл.из}} \cdot \rho_{\text{тепл.из}} \cdot g \quad (3.42)$$

де $F_{\text{тепл.из}}$ – площа внутрішньої поверхні теплоізоляції; м²

$$F_{\text{тепл.из}} = \pi \cdot (D_{\text{уч}} + 2 \cdot s) \cdot H_{\text{с}} + \pi \cdot (D_{\text{ич}} + 2 \cdot s) \cdot H_{\text{н}} + 1,24 \cdot (D_{\text{уч}} + 2 \cdot s)^2 + 1,24 \cdot (D_{\text{ич}} + 2 \cdot s)^2 \quad (3.43)$$

$$F_{\text{тепл.из}} = \pi \cdot (1,4 + 2 \cdot 0,010) \cdot 7,76 + \pi \cdot (1,4 + 2 \cdot 0,010) \cdot 15,08 + 1,24 \cdot (1,4 + 2 \cdot 0,012)^2 + 1,24 \cdot (1,4 + 2 \cdot 0,010)^2$$

$$F_{\text{тепл.из}} = 106,84 \text{ м}^2$$

$S_{\text{тепл.из}}$ - Товщина шару теплоізоляції, згідно з технічним завданням

$$\text{мм. } S_{\text{тепл.из}} = 100$$

$\rho_{\text{тепл.из}}$ - Щільність матеріалу теплоізоляції (скловата). $\rho_{\text{тепл.из}} = 160 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$G_{\text{тепл.из}} = 106,84 \cdot 0,10 \cdot 160 \cdot 9,81 = 16769,55 \text{ Н}$$

Знайдемо - вага люків, Н. $G_{\text{л}}$

$$G_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}} \cdot g \quad (3.44)$$

де пл-число люків при даній висоті колони, згідно [28]. $n_{\text{л}} = 5$

$m_{\text{л}}$ – маса одного люка, згідно з діаметром 500 мм, 281 кг [28].

$$G_{\text{л}} = 5 \cdot 281 \cdot 9,81 = 13783,05 \text{ Н.}$$

Визначимо далі - вага майданчиків обслуговування, Н. А. $G_{\text{пл.об}}$

$$G_{\text{пл.об}} = n_{\text{пл.об}} \cdot m_{\text{пл.об}} \cdot g \quad (3.45)$$

де ппл.об. - Число майданчиків обслуговування, згідно [1] $n_{\text{пл.об}} = 5$

$m_{\text{пл.об}}$ - Маса одного майданчика обслуговування.

$$m_{\text{пл.об}} = \nu \cdot S_{\text{пл.об}} \quad (3.46)$$

де - Поверхнева щільність майданчика обслуговування, $\nu \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$

Маса майданчика обслуговування знаходиться з умови, що 1 майданчик обслуговування приблизно дорівнює 1 клапанної тарілки. м²

Маса клапанної тарілки діаметром 1400 мм відповідно до ОСТ становить 83 кг. Тоді поверхнева щільність складе:

$$\nu = \frac{4 \cdot 83}{\pi \cdot 1^2} = 105,73 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

$S_{\text{пл.об}}$ - Площа майданчика обслуговування. м²

$$S_{\text{пл.об}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{нар}}^2 - D^2) \quad (3.47)$$

де - Зовнішній діаметр майданчика обслуговування, м.м. $D_{\text{нар}}$

$$D_{\text{нар}} = D + 2 \cdot s_{\text{тепл.из}} + 2 \cdot s + 2 \quad (3.48)$$

Усі майданчики обслуговування розташовані у зміцнювальній частині колони, тому

$$D_{\text{нар}} = 1,4 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,01 + 2 = 3,62 \text{ м.}$$

$$S_{\text{пл.об}} = \frac{\pi}{4} \cdot (3,62^2 - 1,4^2) = 8,748 \text{ м}^2.$$

$$m_{\text{пл.об}} = 105,73 \cdot 8,748 = 378,72 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{пл.об}} = 5 \cdot 378,72 \cdot 9,81 = 18576,03 \text{ н.}$$

$G_{\text{раб.ср}}$ - Вага робочого середовища, Н.

$$G_{\text{раб.ср}} \approx H_{\text{раб.ср}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho_{\text{раб.ср}} \cdot g \quad (3.49)$$

де $H_{\text{раб.ср}}$ - висота стовпа робочої рідини від нижньої точки днища апарату, м, приймаємо при випробуванні: м. $H_{\text{раб.ср}} = 1,5$

$\rho_{\text{раб.ср}}$ - Щільність робочої рідини (води), $1000 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$G_{\text{раб.ср}} \approx 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} \cdot 1000 \cdot 9,81 = 26640,5 \text{ н.}$$

де - вага опорної обичайки, Н. $G_{\text{оп}}$

$$G_{\text{оп}} = \pi \cdot D_{\text{ич}} \cdot s \cdot H_{\text{оп}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g \quad (3.50)$$

$$G_{\text{оп}} = \pi \cdot 1,4 \cdot 0,010 \cdot 2,5 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 8463,23 \text{ н.}$$

Звідси знаходимо суму ваг елементів колони:

$$G_1 = \sum G_i = 26269,88 + 51050,23 + 2 \cdot 1871,62 + 29050 + 16769,55 + 13783,05 + 26640,5 + = 217140,20 \text{ Н}$$

									Лист
									64
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

Вага майданчика в умовах гідровипробування визначається за такою формулою:

$$G_2 = G_1 - G_{\text{раб.ср}} + \rho_v \cdot V_k \cdot g \quad (3.51)$$

де - обсяг колони, що заповнюється водою при гідровипробуванні, $V_k \text{ м}^3$.

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_{\text{уч}}^3}{24} + \frac{\pi \cdot D_{\text{уч}}^2}{4} \cdot H_{\text{г}} + \frac{\pi \cdot D_{\text{уч}}^2}{4} \cdot H_{\text{н}} + \frac{\pi \cdot D_{\text{уч}}^3}{24} \quad (3.52)$$

$$V_k = \frac{\pi \cdot 1,4^3}{24} + \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} \cdot 7,76 + \frac{\pi \cdot 1,4^2}{4} \cdot 15,08 + \frac{\pi \cdot 1,4^3}{24} = 35,86 \text{ м}^3$$

$$G_2 = 217140,20 - 1000 \cdot 35,86 \cdot 9,81 = 546282,74 \text{ Н}$$

Максимальне навантаження від власної ваги в умовах монтажу розраховується за формулою

$$G_3 = G_1 - G_{\text{раб.ср}} \quad (3.53)$$

$$G_3 = 217140,20 - 22640,5 = 194499,70 \text{ Н}$$

Мінімальне навантаження від власної ваги в умовах монтажу (після встановлення колони у вертикальне положення) обчислюється як:

$$G_4 = G_{\text{уч}} + G_{\text{ич}} + G_{\text{кр}} + G_{\text{дн}} + G_{\text{л}} + G_{\text{оп}} \quad (3.54)$$

$$G_4 = 26269,88 + 51050,23 + 2 \cdot 1871,62 + 13783,05 + 8463,23 = 103309,62 \text{ Н}$$

Визначимо розрахункові зусилля від вітрових та сейсмічних впливів за робочих умов [17].

Період основного тону своїх коливань апарату [17]:

$$T^{(1)} = 2 \cdot \pi \cdot H \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^z (G_i^{(1)} \cdot \alpha_i^2)}{g \cdot \left(\frac{H}{2 \cdot E \cdot I_1} \cdot \gamma + \frac{1}{C_F \cdot I_F} \right)}} \quad (3.55)$$

де - модуль поздовжньої пружності матеріалу колони при розрахунковій температурі $Pa \cdot EE = 1.902 \cdot 10^{11}$

C_F - Коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунту, згідно [9. $C_F = 6 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$

I_F - Мінімальний момент інерції підшви фундаменту, м^4 .

$$I_F = \frac{\pi}{64} \cdot D_F^4 \quad (3.56)$$

де - Діаметр підшви фундаменту, м.м. D_F

										Лист
										65
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

$$D_F = D_{нар.кол} + 1 \quad (3.57)$$

де - Зовнішній діаметр фундаментного кільця, м.м. $D_{нар.кол}$

$$D_{нар.кол} = D_n \cdot (1 + 1,35 \cdot K_0) \quad (3.58)$$

де D_n - зовнішній діаметр опорної обичайки, $D_n = 1,42$ м

K_0 - Коефіцієнт, згідно [10], $K_0 = 0.063$

$$D_{нар.кол} = 1,42 \cdot (1 + 1,35 \cdot 0,063) = 1,541 \text{ м.}$$

$$D_F = 1,541 + 1 = 2,541 \text{ м.}$$

$$I_F = \frac{\pi}{64} \cdot 2,541^4 = 2,045 \text{ м}^4$$

I_1 – момент інерції верхнього основного металевого перерізу щодо центральної осі, м^4 [24]

$$I_1 = \frac{\pi}{64} \cdot ((D_{yc} + 2 \cdot s)^4 - D_{yc}^4) \quad (3.59)$$

$$I_1 = \frac{\pi}{64} \cdot ((1,4 + 2 \cdot 0,01)^4 - 1,4^4) = 0,011 \text{ м}^4.$$

γ - безрозмірний коефіцієнт, згідно з [5] визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{2}{H^3} \cdot (H_1^{*3} \cdot (\Delta^* + \lambda) + H_2^* \cdot \mu + 2 \cdot \frac{I_1}{I_3} \cdot H_1^* \cdot H_2^* \cdot H_3^*) \quad (3.60)$$

де - Висоти верхньої, нижньої частин колони, а також висота опори відповідно (рисунок 3.2), м. H_1^* , H_2^* , H_3^*

$$H_1^* = 6,02 \text{ м.}$$

$$H_2^* = 4,51 \text{ м.}$$

$$H_3^* = 1,51 \text{ м.}$$

Δ^* , - безрозмірні коефіцієнти [22]: λ , μ

$$\Delta^* = \frac{1}{3} + \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{H_2^*}{H_1^*} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H_2^*}{H_1^*} \right)^2 + \frac{H_2^*}{H_1^*} + 1 \right) \quad (3.61)$$

де I_2 – момент інерції нижнього основного металевого перерізу щодо центральної осі визначається за аналогічною формулою.

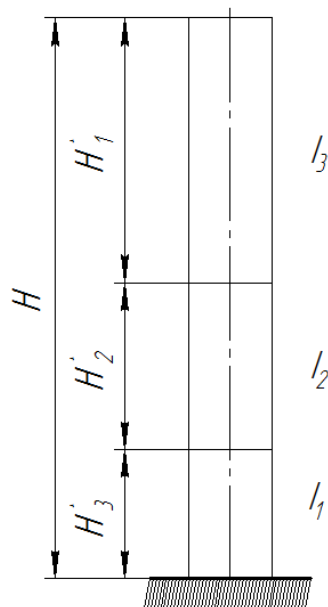


Рис. 3.2 - Основні перерізи апарату [22]

$$I_2 = \frac{\pi}{64} \cdot ((1,4 + 2 \cdot 0,01)^4 - 1,4^4) = 0,011 \text{ м}^4.$$

Звідси знаходимо:

$$\Delta^* = \frac{1}{3} + \frac{0,011}{0,011} \cdot \frac{1,51}{6,02} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1,51}{6,02} \right)^2 + \frac{1,51}{6,02} + 1 \right) = 8,466$$

$$\lambda = \frac{I_1}{I_3} \cdot \frac{H_3^*}{H_1^*} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H_3^*}{H_1^*} \right)^2 + \frac{H_3^*}{H_1^*} + 1 \right) \quad (3.62)$$

де I_3 – момент інерції металевого перерізу опори щодо центральної осі,
 $I_3 = I_2 = 0,011 \text{ м}^4$.

$$\lambda = \frac{0,011}{0,011} \cdot \frac{2,5}{7,76} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1,51}{6,02} \right)^2 + \frac{1,51}{6,02} + 1 \right) = 0,863.$$

$$\mu = \frac{I_1}{I_3} \cdot \frac{H_3^*}{H_2^*} \cdot \left(\frac{H_3^*}{H_2^*} + 1 \right) \quad (3.63)$$

$$\mu = \frac{0,011}{0,011} \cdot \frac{1,51}{4,52} \cdot \left(\frac{1,51}{4,52} + 1 \right) = 0,194$$

Звідси знаходимо γ :

$$\gamma = \frac{2}{25,31^3} \cdot \left(7,76^3 \cdot (8,466 + 0,557) + 15,05 \cdot 0,194 + 2 \cdot \frac{0,011}{0,011} \cdot 7,76 \cdot 15,05 \cdot 2,5 \right) = 0,605$$

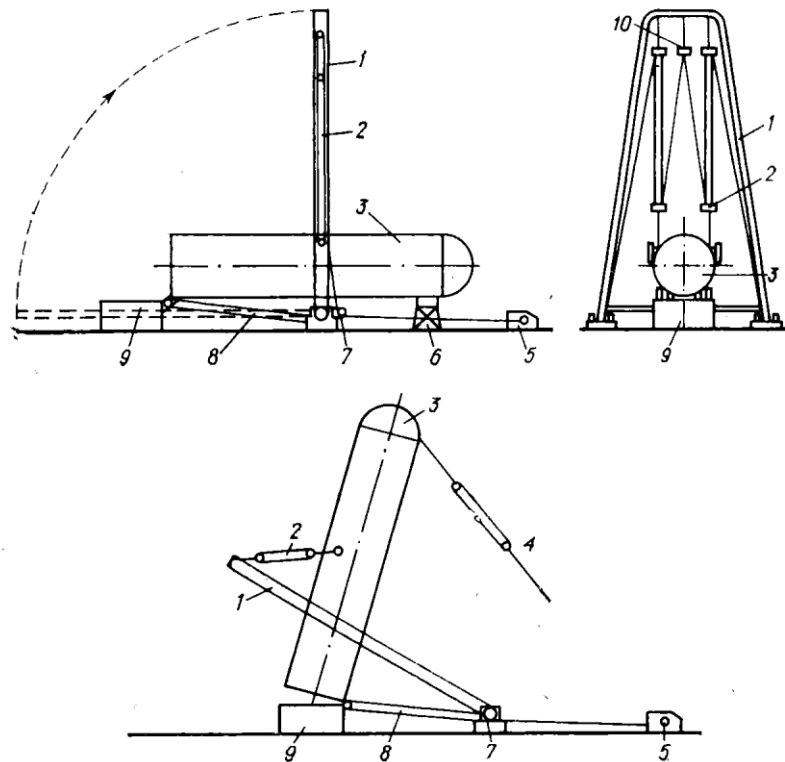


Рис. 4.1 Підйом та монтаж апарата безякірним способом

1 – шевр, 2 – поліспастр, 3 – апарат, 4 – тормозна відтяжка,
 5 – лебідка, 6 – тимчасова опора, 7 – відповідний блок, 8 – відтяжка, 9 – шарнірна
 опора,
 10 – вирівняльний блок.

4.2 Ремонт апарата

Основним видом зносу колонної масообмінної апаратури є забивання колони відкладеннями та корозія її елементів.

Зміст операцій та його число під час розбирання колони залежить від її діаметра. Колони діаметром > 0.8 м робляться царговими на фланцях, колони діаметром ≤ 0.8 м – звареними. Царгові колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм повинен бути встановлений вище за колону, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості установки вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги під час підйому інших царг.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Ціліснозварні колони при ремонті найчастіше не демонтуються. Демонтуються лише внутрішні пристрої колон. Після підготовчих операцій (пропарювання, промивання) відкриваються люки колони. Для полегшення праці робітників, які зайняті на цій роботі, кришки люків рекомендується встановлювати на петлях.

Люки потрібно відкривати у суворій послідовності, починаючи з верхнього, коли колона знаходиться під парою, для запобігання струму повітря через колону при одночасному відкритті нижнього та верхнього люків.

Після пропарювання колона промивається водою та провітрюється. Провітрювання необхідно для охолодження колони та доведення концентрації продуктів у ній до допустимих санітарних норм. Після закінчення провітрювання необхідно провести аналіз проб повітря, взятих з колони на різних висотних відмітках. До робіт усередині колони дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і пари в ній не перевищує гранично допустимих санітарних норм.

Тарілки розбираються всередині колони, виносяться через люки на обслуговуючі майданчики та транспортуються для чищення та ремонту. Часто можна проводити чистку тарілок всередині апарату.

Спуск секцій тарілок проводиться встановленою у верхній частині колони поворотної кран-укосиною потрібної вантажопідйомності. Укосина повинна мати достатні виліт і висоту стріли для демонтажу шоломової труби і піднімати або опускати деталі внутрішніх пристроїв, не зачіпаючи обслуговуючих майданчиків. Кран-укосина через систему напрямних роликів і блоків з'єднується з лебідкою, встановленою на землі на необхідній відстані від працюючих апаратів і колони, що ремонтується. Лебідка повинна мати барабан з необхідною канатоємністю та забезпечувати через кран-укосину підйом вантажу безпосередньо з нульової позначки.

Колони більшого діаметра зазвичай забезпечуються балкою з таллю і мають обслуговуючі майданчики. При демонтажі використовуються поворотні крани-укосини.

При ремонті та обслуговуванні насадочних колон основна увага повинна приділятися очищенню внутрішніх пристроїв апарату, його корпусу та заміні насадочних кілець.

За допомогою лебідки, цебра і кран-укосини на верх колони (або до будь-якого люка) подаються нові насадочні кільця і опускаються вниз старі або закоксовані. Для розвантаження і вивантаження насадки зазвичай використовуються цебра з днищем, що відкривається, і змінні переносні лотки, завдяки чому трудомісткі роботи значно скорочуються.

Для вивантаження насадочних кілець можуть використовуватися стаціонарні лотки, які встановлюються зовні або всередині обслуговуючих майданчиків. Швидкості кілець, що падають, гасяться в кінці лотка. Для цього передбачається бункер із затвором-шибером, яким регулюється надходження кілець у вирву пересувного контейнера, що поставляє їх у самоскид або спеціальний контейнер.

Для механізації ремонту царгових колон, виконаних з ряду роз'ємних фланцевих з'єднань (як тарілчастих, так і насадочних), використовуються ручні важельні лебідки, черв'якові талі та монорейки. Монорейка встановлюється по осі апаратів, що ремонтуються на необхідній висоті, яка визначається можливістю демонтажу всіх вузлів колони, транспортуванням деталей до монтажного отвору, спуском на нульову позначку або навантаженням на автомашину.

Заміна днища – відповідальна операція, яка потребує виконання необхідних розрахунків розробки технічної документації, дотримання додаткових заходів безпеки.

Ремонт колони закінчується її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій повітря, що встановлюється верхи колони. Поява води у повітрі свідчить про заповнення колони. Після закриття повітря тиск у колоні повільно підвищується до контрольної величини. При цьому тиск апарат витримується 5 хв, потім тиск знижується до робочого значення, при якому здійснюється обстукування зварних швів молотком і огляд корпусу колони. Під час проведення пневматичного випробування обстукування зварних швів не допускається [10].

									Лист
									78
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	ХІ.А.00.00.00.ПЗ				

5 Охорона праці

5.1 Загальні відомості

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. (Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-12.)

Керівники підприємств організують, забезпечують і контролюють трудову діяльність працівників у відповідності з вимогами Закону України «Про охорону праці» і забезпечують безпечні методи праці на кожному робочому місці.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії. Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні щороку проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативноправових актів з охорони праці.

Посадові особи, діяльність яких пов'язана з організацією безпечного ведення робіт, під час прийняття на роботу і періодично, один раз на три роки, проходять навчання, а також перевірку знань з питань охорони праці. Порядок проведення навчання та перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці визначається типовим положенням, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці. У разі виявлення у працівників, у тому числі посадових осіб, незадовільних

																			Лист	
																				79
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата																

знань з питань охорони праці, вони повинні у місячний строк пройти повторне навчання і перевірку знань.

Відповідальність за організацію, здійснення навчання, перевірку знань працівників і проведення інструктажів з питань охорони праці покладається на керівника підприємства.

5.2 ПАРАМЕТРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ, РІДИН І ТВЕРДИХ РЕЧОВИН. ПОНЯТТЯ ПРО ПРОЦЕСИ ГОРІННЯ ТА ВИБУХУ

Система пожежної безпеки — це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збиткам від неї. Пожежобезпека об'єкта — стан об'єкта, за якого з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Рівень забезпечення пожежної безпеки — кількісна оцінка попереджених збитків у разі можливої пожежі.

Пожежа — це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі та просторі.

5.2.1 Параметри пожежовибухонебезпеки горючих газів, рідин і твердих речовин

Важливе значення для визначення рівня пожежної безпеки і вибору засобів та заходів профілактики і гасіння пожежі мають пожежовибухонебезпечні властивості речовин і матеріалів. Пожежовибухонебезпека речовин та матеріалів - це сукупність властивостей, які характеризують їх схильність до виникнення й поширення горіння, особливості горіння і здатність піддаватись гасінню загорянь. Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів — це сукупність властивостей, які характеризують їх здатність до виникнення й поширення горіння.

									Лист
									80
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

Нижче приведені основні параметри, які визначають пожежну небезпеку горючих газів, рідин та твердих речовин.

Група горючості — класифікаційна характеристика речовин (матеріалів) за горючістю, що визначається встановленими умовами випробувань. За горючістю речовини та матеріали поділяються на три групи (будівельні матеріали — на дві): - негорючі (неспалимі) — під впливом вогню або високої температури не спалахують, не тліють і не обвуглюються; - важкогорючі (важкоспалимі) — під впливом вогню або високої температури спалахують, чи тліють, чи обвуглюються та продовжують горіти, чи тліти, чи обвуглюватись при наявності джерела запалювання, а після його видалення горіння чи тління припиняється; - горючі (спалимі) — під впливом вогню або високої температури спалахують, чи тліють, чи обвуглюються та продовжують горіти, чи тліти, чи обвуглюватись після видалення джерела запалювання.

Температура спалаху — це найменша температура речовини, за якої згідно з встановленими умовами випробування над її поверхнею утворюється пара, що здатна викликати спалах у повітрі під впливом джерела запалювання, але швидкість утворення пари недостатня для підтримання стійкого горіння. Спалах — короткочасне інтенсивне згорання обмеженого об'єму газоповітряної суміші над поверхнею горючої речовини або пилоповітряної суміші, що супроводжується короткочасним видимим випромінюванням, але без ударної хвилі та стійкого горіння. Приклади значень показників температури спалаху: ацетон — мінус 17,8 °С, бензол — мінус 11°С, метанол — +11 °С, газойль — 40 °С.

Температура спалахування — найменша температура матеріалу (речовини), за якої згідно з встановленими умовами випробування матеріал (речовина) виділяє горючі пару та гази з такою швидкістю, що під час впливу на них джерела запалювання спостерігається спалахування. СПАЛАХУВАННЯ — це початок полуменевого горіння під впливом джерела запалювання.

										Лист
										81
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

Температура самоспалахування — найменша температура навколишнього середовища, за якої за встановленими умовами випробування спостерігається самоспалахування матеріалу (речовини). Приклади стандартних температур самоспалахування: метан +537 °С; ацетон +465 °С, дизельне паливо +250 °С. Гранично допустима температура безпечного нагрівання поверхонь технологічного та іншого устаткування й трубопроводів не повинна перевищувати 80% величини стандартної температури самоспалахування речовин, які можуть потрапити на нагріту поверхню при нормальній роботі або у разі аварії. За температурою самоспалахування вибухонебезпечні суміші газів і парів поділяють на такі групи за ГОСТ 12.1.011-78: Т1 > 450 °С (наприклад, метан, аміак, бензол, етан, пропан); Т2 300-450 °С (наприклад, бутан, бензин, ацетилен); Т3 200-300 °С (наприклад, гексан, гептан, нафта, газойль); Т4 135-200 °С (наприклад, діоксан); Т5 100-135 °С (наприклад, сірковуглець); Т6 85-100 °С.

Нижня (верхня) концентраційна межа поширення полум'я (відповідно НКМП та ВКМП) — мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній суміші з окиснювальним середовищем, за якого можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання. Прийнято вважати, що горючі пари й гази з нижньою концентраційною межею поширення полум'я до 10% по об'єму повітря й зависі з НКМП до 15 г/м³ являють особливу вибухонебезпеку. Приклади концентраційних меж поширення полум'я (в % по об'єму в повітрі): ацетон — 2,6 та 12,8; ацетилен — 2,5 та 81,1; водень — 4,1 та 74,2; бутан — 1,9 та 8,5; бензин — 0,96 та 4,96; метан — 5,3 та 14.

Температурні межі поширення полум'я — температури матеріалу (речовини), за яких його (її) насичена пара утворює в окиснювальному середовищі концентрації, що дорівнюють нижній та верхній концентраційним межам поширення полум'я. Безпечною з точки зору ймовірності самоспалахування газоподібної суміші прийнято вважати температуру на 10 °С меншу за

						XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			82

нижню або на 15 °C вищу за верхню температурну межу поширення полум'я для даної речовини. Приклади температурних меж поширення полум'я: Дизельне паливо — + 27 °C та + 69 °C, легка нафта — - 21 °C та - 8 °C.

Температура тління — температура матеріалу (речовини), за якої відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окиснення матеріалу (речовини), що приводить до його (її) тління.

Тління — це безполуменеве горіння твердого матеріалу (речовини) при відносно низьких температурах (400-600 °C), яке часто супроводжується виділенням диму.

Умови теплового самозаймання — експериментально встановлена сукупність факторів, які визначають залежність між температурою навколишнього середовища, масою матеріалу (речовини) та часом до моменту його (її) самозаймання за встановленими умовами випробування.

Мінімальна енергія запалювання — найменше значення енергії джерела запалювання, за якого можливе спалахування суміші горючої речовини в повітрі за встановленими умовами випробування.

Кисневий індекс — мінімальний вміст кисню в киснево азотній суміші, за якого можливе полуменеве горіння матеріалу (речовини) за встановленими умовами випробування.

Швидкість вигорання — кількість рідини, що згорає в одиницю часу з одиниці площі.

Коефіцієнт димоутворення — показник, що характеризує оптичну густину диму, який утворюється під час горіння певної кількості матеріалу (речовини) за встановленими умовами випробування.

Оптична густина диму — десятковий логарифм відношення світлового потоку, що падає до світлового потоку, який пройшов крізь дим, віднесений до шляху проходження світла.

Показник токсичності продуктів горіння — відношення кількості матеріалу (речовини) до одиниці об'єму замкненого простору, в якому газоподібні продукти горіння матеріалу (речовини) спричиняють до загибелі 50% піддослідних тварин.

Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню — така концентрація кисню в горючій суміші, що складається з горючої речовини (матеріалу), повітря і флегматизатора, менше за якої поширення полум'я в суміші стає неможливим за будь-якої концентрації горючого матеріалу (речовини) в суміші, що розбавлена даним флегматизатором. Приклади мінімальних концентрацій кисню, що являє небезпеку з точки зору утворення вибуху, в сумішах пожежонебезпечних речовин з інертними газами (флегматизаторами): 7 ацетилен з діоксидом вуглецю — 14,9%; ацетилен з азотом — 11,9%; метан з діоксидом вуглецю — 15,6%; метан з азотом — 12,8%; бензол з діоксидом вуглецю — 14,4%; бензол з азотом — 11,5%;

Максимальний тиск вибуху — найбільший надлишковий тиск, що виникає при дефлаграційному згоранні газо-, паро- або пилоповітряної суміші в замкненій посудині при початковому тиску суміші 101,3 кПа. Методи визначення та розрахунку пожежовибухонебезпеки речовин й матеріалів викладені в ГОСТ 12.1.044-89.

5.2.2 Поняття про процеси горіння та вибуху

Горіння — це екзотермічна реакція окислення речовини, яка супроводжується виділенням диму та (або) виникненням полум'я та (або) світінням. Горіння є з'єднання кисню або іншого окисника з горючою речовиною. Полум'я — це зона горіння в газовій фазі з видимим випромінюванням світла. Світіння — безполуменеве горіння матеріалу (речовини) в твердій фазі з видимим випромінюванням світла із зони горіння. Дим — видимі тверді та рідкі частинки в газах, що утворюються в результаті горіння або піролізу матеріалів. Для того щоб мало місце спалахування, тоб-

					XI.A.00.00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		84

то займання, що супроводжується появою полум'я, речовина повинна розпочати виділяти горючі гази або пари в результаті випаровування, розкладу або хімічної реакції. У протилежному випадку горіння буде безполумневим. Горіння виникає за одночасної наявності трьох основних та деяких додаткових умов, наведених на рис. 3.

Розглянемо їх. Джерело запалювання — це теплова енергія, що призводить до займання. Це джерело повинно мати певний запас енергії та температуру, достатню для початку реакції. Горюча речовина (пальне) та окисник повинні знаходитися в необхідному співвідношенні один з одним. Горючі речовини разом з окисником утворюють горючу систему (горючу суміш). Горючі суміші, залежно від співвідношення пального та окисника, поділяються на:

- бідні, що вміщують у недостатку, в порівнянні зі стехіометричним співвідношенням компонентів, окисник;
- багаті, що вміщують у достатку пальне.



Рис. 5. Умови виникнення горіння

Для повного згоряння необхідна наявність достатньої кількості кисню, щоб забезпечити повне перетворення пального в його насичені оксиди. При недостатній подачі повітря окислюється тільки частина речовини. Залишок розкладається з виділенням великої кількості диму. Для горіння характерні три типові стадії: виникнення, поширення та згасання полум'я. Найбільш загальними властивостями горіння є здатність осередку полум'я, яке виникло, пересуватися по всій горючій суміші шляхом передачі тепла або дифузії ак-

тивних частинок із зони горіння в свіжу суміш. Звідси виникає й механізм поширення полум'я, відповідно тепловий та дифузійний. Існує два режими проходження горіння: Самоспалахування — полягає в різкому збільшенні швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, що супроводжується полуменевим горінням, тобто — це самочинне виникнення полуменевого горіння попередньо нагрітої до певної критичної температури горючої суміші. Така температура має назву температури самоспалахування. Поширення фронту полум'я (межі зони горіння в газовій фазі) здійснюється по холодній суміші під час її локального займання від зовнішнього джерела.

Надзвичайно швидке хімічне перетворення речовини, що супроводжується виділенням енергії та утворенням стиснених газів, здатних виконувати механічну роботу, називається вибухом.

Поширення вибуху, обумовлене проходженням ударної хвилі по речовині і протікає для даної речовини за даних умов з постійною надзвуковою швидкістю (порядку тисяч метрів в секунду), називається детонацією.

В умовах виробництва можуть утворитися вибухонебезпечні суміші горючих газів і парів (при певній концентрації їх в повітрі) - бензину, толуолу, етилового спирту, ацетону, етилацетату і ін. - в цехах глибокої і флексографічного друку, лакування відділеннях, відділеннях виготовлення фотополімерних форм, зарядки акумуляторів. Це може відбуватися за відсутності ефективної системи вентиляції, порушення технології, невідповідність електроустановок вимогам ПУЕ і т.д. Вибухонебезпечні суміші з повітрям утворює також знаходиться в ньому в підвішеному стані пил крохмалю, паперу, алюмінію, магнію, каніфолі, шелаку і т.д. Найбільш небезпечна пил, яка утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям при концентрації до 15 (алюміній, каніфоль, шелак і ін.).

5.2.3 Важливість забезпечення пожежної безпеки

У багатьох місцях, де ми мешкаємо, працюємо, навчаємося, відпочиваємо, горюче середовище присутнє постійно, й суто пожежонебезпечне джерело тепла є єдиним фактором, який слід виявити й усунути з метою запобігання пожежі. Звідси випливає особлива важливість ретельного вивчення умов появи й методів запобігання виникненню пожежонебезпечних теплових джерел

Тому забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій і підприємців. Якщо пожежна безпека не забезпечується на необхідному рівні, то, крім підвищення імовірності виникнення пожежі, це викликає відповідні дії з боку органів державного пожежного нагляду, які можуть негативно вплинути, зокрема, на ведення бізнесу. До таких дій можна віднести відмову у видачі дозволу на початок роботи або оренду приміщень, штрафні санкції, призупинення експлуатації приміщень, споруд, устаткування, об'єктів тощо. Тому треба знати хоча б основні вимоги, організаційні й інженерно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на своїх об'єктах, зокрема ті, від яких безпосередньо залежить безпека людей та власності.

								Лист
								87
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			XI.A.00.00.00.ПЗ	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 8-е изд., перераб. и доп. Москва : Химия, 1971. 784 с. 2.
2. Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии : Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Химия, 1987. 496 с.
3. Машины и аппараты химических производств / под ред. д-ра техн. наук, проф. И. И. Чернобыльского. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1974. 456 с.
4. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. 10-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Химия, 1987. 576 с.
5. Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: машиностроение, 1981. - 382 с.
6. Методичні вказівки та контрольні завдання до самостійної роботи з дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв» / укладачі: Я. Є. Михайлівський, М. П. Юхименко. - Суми: Сумський державний університет, 2020. - 49 с.
7. Дытнерский Ю.И. 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.
8. Гребенік А.Є. Курсовий проект з дисципліни Процеси та апарати хімічних виробництв. Суми , 2021 рік, 25с.
9. Гребенік А.Є. Курсовий проект з дисципліни Машины та апарати нафтопереробних виробництв. Суми , 2022 рік, 29с.
10. Ермаков В. И., Шеин В. С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Пособие для вузов. Л.: Химия, 1981. – 368с. с ил.
11. Врагов А.П., Михайловський Я.Є, Якушко С.І. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв. Видавництво СУМДУ, Суми , 2008 – 170 ст.
12. Робоча програма та методичні вказівки до проходження переддипломної практики: для студ. зі спец. 7.090220, 8.090220 "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" / О. О. Ляпощенко, Д. О. Лазненко–Суми : СумДУ, 2009. – 25 с. – 2-50.

13. <https://ua-referat.com/uploaded/referat-zmist-v3/index1.html>

									<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	XI.A.00.00.00.ПЗ				89