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

Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

_____
підпис, дата

Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Дільниця очистки димових газів ТЕС. Розробити та модернізувати абсорбційну колону

Виконав:
студент групи ХМ.м-11

Єсипчук Симеон Сергійович

_____
підпис

Залікова книжка
№ 21510161

Кваліфікаційна робота магістра захищена на засіданні ЕК з оцінкою _____

"___" _____ 20___ р.

Керівник:
канд. техн. наук, стар. викл.
Скиданенко Максим Сергійович

_____
підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії _____

СУМИ 2022

ЗМІСТ

Вступ……4
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 6
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....11
2.1 Опис технологічної схеми виробництва 11
2.2 Теоретичні основи процесу 12
2.3 Опис конструкції проектованого апарата 15
2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата 19
2.5 Гідравлічні розрахунки 34
2.6 Вибір допоміжного обладнання 37
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 42
3.1 Вибір конструкційних матеріалів 43
3.2 Розрахунки на міцність та стійкість 45
4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА 57
4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання..57
4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання 59
5 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ..63
5.1 Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу 63
5.2 Розроблення системи автоматизованого керування роботою обладнання..64
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ 67
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва 67
6.2 Розрахунок потенційно небезпечного фактора 69
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....72

ВСТУП

Машинобудування — одна з найважливіших галузей виробництва, що значно впливає на продуктивність, ефективність і прогрес майже у всіх сферах людської діяльності: промисловості й будівництві, сільському господарстві й транспорті, побутовому обслуговуванні й медицині та інших галузях. Стабільний розвиток машинобудування забезпечує рентабельність і конкурентноздатність більшості товарів і послуг, зростання інтелектуального й матеріального рівня населення, соціальний захист і розвиток економіки як окремих регіонів, так і держави.

Розвиток машинобудування – основа науково-технічного прогресу у всіх галузях національного господарства, значна підтримка конкурентос-проможності країни. Забезпечення розвитку машинобудування є визначальною передумовою формування потенціалу розвитку країни.

У перспективі машинобудування повинно зайняти більш вагоме місце як у структурі промисловості, так і у формуванні експорту України. Необхідно удосконалити галузеву структуру машинобудування, розширити асортимент його продукції за рахунок підвищення питомої ваги галузей, що виробляють товари народного споживання. Потрібна модернізація машинобудівних заводів, їх технічне переоснащення з використанням су-часних технологій і значне підвищення за рахунок цього якості машин, їх конкурентоздатності. Необхідно налагодити виробництво високоефективних машин та їх систем для всіх галузей і сфер народного господарства, приладів і апаратів, швидкісної електронно-обчислювальної техніки нових поколінь, виробництва систем зв’язку, засобів управління, автоматизації тощо. Спеціалізацію і кооперування виробництва в машинобудуванні необхідно орієнтувати на вітчизняні підприємства, створювати замкнуті цикли виробництв у середині країни.

Сучасна стратегія державної промислової політики України в галузі машинобудування передбачає зростання темпів випуску наукоємної продукції високого технологічного рівня, освоєння нових конкурентоздатних зразків

техніки, підвищення якості й ефективності виробництва з орієнтацією на потреби внутрішнього ринку та збільшення експортного потенціалу.

Для цього передбачається прискорити структурну перебудову машинобудівного комплексу на основі збільшення обсягів виробництва у таких пріоритетних галузях: ракетно-космічній, літакобудуванні, суднобудуванні, інформаційних та телекомунікаційних системах, важкому машинобудуванні, сільськогосподарському машинобудуванні, приладобудуванні та електротехнічній промисловості.

В хімічній та інших галузях промисловості широко використовують-ся процеси абсорбції, в яких в результаті фізико-хімічної взаємодії складної газової суміші з рідким поглиначем – абсорбентом відбувається виборочне поглинання одного з компонентів – абсорбенту й перехід його в рідку фазу.

Абсорбційні процеси є основною технологічною стадією ряду кислотних виробництв при (поглинанні водою хлористого водню або окислів азоту з одержанням соляної або азотної кислоти відповідно), виробництв технологічного очищення газів (поглинання сірководню із природного газу або двоокису вуглецю з азотно-водневої суміші), а також виробництв санітарного очищення викидних газів від екологічно шкідливих компонентів. Процеси проходять у масообмінних колоннах.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Високий вміст у атмосферному повітрі різних забруднювачів несприятливо позначається по всьому комплексі живої природи. Негативний вплив забруднення атмосфери виявляється у погіршенні здоров'я людей та тварин, зниження врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тварин. До впливу шкідливих речовин піддаються лісові угіддя. Забруднення атмосфери впливає на корозійні процеси будівельних конструкцій, прискорення зношування будівель та обладнання.

Діоксид сірки в атмосфері поступово окислюється до триоксиду сірки, який взаємодіючи з вологою повітря утворює сірчану кислоту. На швидкість процесу окиснення впливає сонячне світло і дрібні частки пилу, що каталітично прискорюють процес окиснення. На процес окиснення впливає також вологість повітря. Зі збільшенням вологості процес окислення сірчистого ангідриду прискорюється.

В даний час відомо понад 60 модифікацій різних технологій очищення димових газів ТЕС від оксидів сірки.

Зазвичай методи сіроочищення прийнято класифікувати за трьома основними ознаками:

– за агрегатним станом реагентів, що застосовуються для зв'язування SO2;

– за наявністю чи відсутністю регенерації реагентів;

– з утилізації кінцевого продукту процесу сіроочищення.

За першою ознакою всі методи сіроочищення газів поділяються на три основні групи: мокрі, сухі та мокросухі (напівсухі); по другому – на циклічні та нециклічні; по третьому - на технології з отриманням товарної продукції та без нього.

Мокрі методи засновані на промиванні газів розчинами поглиначів в абсорберах різних типів та конструкцій.

Спрощена принципова односкрубберна схема установки сіроочищення аналізованим методом за технологією німецької фірми «Бішоф» наведена на рис.

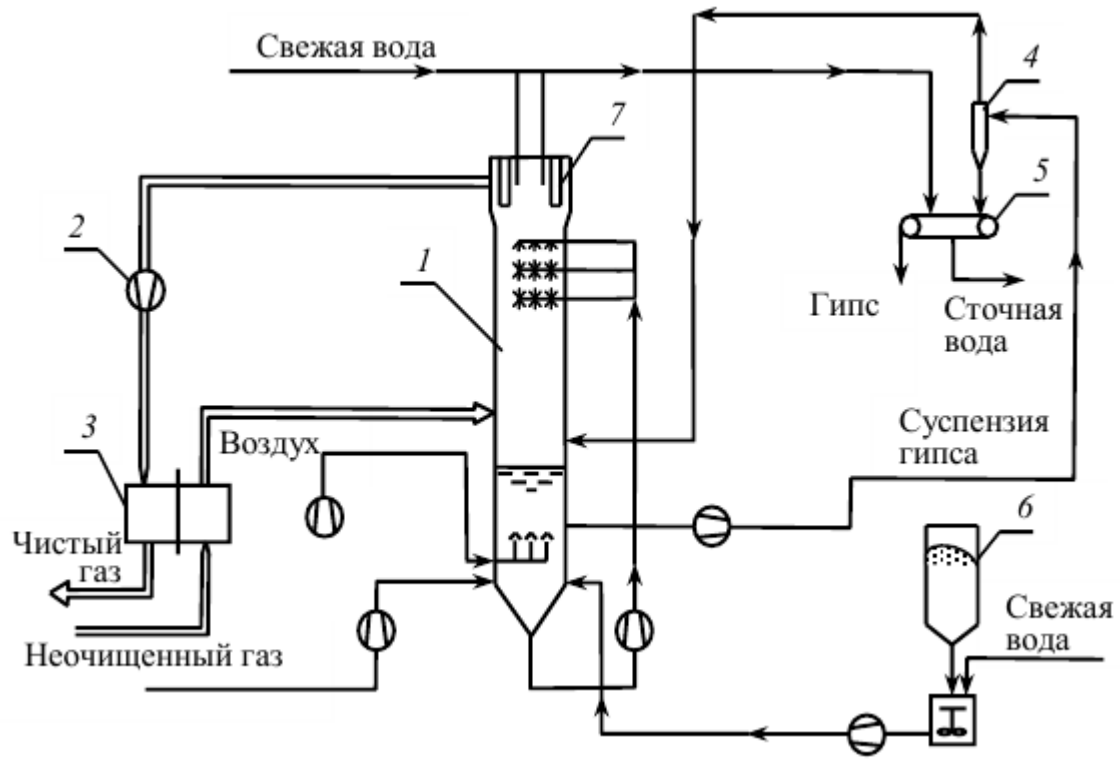

Рисунок 1. − Принципова схема встановлення сіркоуловлювання за технологією фірми «Бішоф»:

1 – скрубер (абсорбер); 2 – димосос; 3 – теплообмінник; 4 – гідроциклон; 5 – вакуум-фільтр; 6 – видатковий бункер вапняку; 7 – краплевловлювач

Сухі – на поглинанні SO_2 твердими сорбентами. При цьому або гази фільтруються через шар зернистого поглинача, або гази вводиться диспергований твердий поглинач, що реагує з SO_2 у зваженому стані. У разі методи очищення називаються сухими адитивними. Мокросухі методи передбачають введення водо-вапняної суспензії у верхню частину топки або в газохід

котла, внаслідок чого кінцевий продукт очищення виходить сухим.

Циклічні методи дозволяють зменшити витрату реагентів та кількість неутилізованих відходів. Одержання товарної продукції в процесі сіроочищення у вигляді елементарної сірки, сірчаної кислоти, будівельних

матеріалів та мінеральних добрив дозволяє частково компенсувати витрати на десульфурізацію димових газів.

Окремими напрямками у сіроочищенні димових газів є каталітичні та електронно-променеві методи, які можуть бути як мокрими, так і сухими.

При виборі технології сіроочищення димових газів для конкретного випадку слід враховувати низку факторів:

• можливість зниження питомих викидів SO2 до значень, що не перевищують гранично допустимі викиди;

• ступінь вивченості та відпрацювання технології;

• наявність та вартість реагентів;

• наявність ринку збуту того чи іншого кінцевого продукту, що утилізується;

• розміри капіталовкладень та експлуатаційних витрат на сіроочищення;

• можливість та ступінь забруднення навколишнього середовища вихідними реагентами, проміжними та кінцевими продуктами;

• можливість та ступінь корозійно-ерозійного зношування елементів обладнання, а також засмічення їх проміжними та кінцевими продуктами процесу сіроочищення.

У роботі використаний один з розповсюжених методів очистки газів ТЕС - мокрий вапняковий спосіб очистки.

Основні переваги мокрих вапнякових технологій очищення димових газів ТЕС це:

- високий рівень уловлювання SO_2 (до 95-98%);
- відносно низька вартість реактиву.

До основних недоліків можна віднести:

- великі площі та об'єми;
- значна кількість відходів.

Ця технологія є достатньо затратною але ефективна при необхідності високой ступені очищення.

Також існує сухий метод очищення газів ТЕС.

Існує дві технології, що реалізують сухий метод сіроочищення:

- фільтрація газів, що очищаються, через шар зернистого адсорбенту в спеціальних адсорберах;
- введення тонкоподрібненого порошкоподібного сорбенту безпосередньо в газовий тракт котла в зону, де температура близька до оптимальної з погляду поглинання SO_2.

Перша технологія не знайшла широкого застосування для десульфуризації димових газів через необхідність прокачування великих обсягів газів з малим вмістом компонента, що поглинається, що вимагає великих витрат енергії.

Друга технологія, що отримала назву «суха адитивна», застосовується на низці зарубіжних електростанцій.

Як сорбент принципово можуть використовуватися різні матеріали, активні компоненти яких реагують з діоксидом і триоксидом сірки з утворенням сульфітів і сульфатів, що відокремлюються потім від димових газів в золоуловлювальних пристроях.

Однак на практиці застосовується лише вапняк – $CaCO_3$ як найпоширеніший і найдешевший. При введенні порошку вапняку в газохід котла відбувається його випалення з утворенням негашеного вапна (CaO), яка потім пов'язує SO_2. Ступінь очищення газів від SO_2 залежить від багатьох факторів: від сорту вапняку, від ступеня його використання, від температури в зоні введення вапняку, тривалості взаємодії частинок вапняку з діоксидом сірки, від рівномірності розподілу частинок у поперечному перерізі газоходу та інших факторів.

Одним з таких є метод сухого вапнякового адитивного очищення димових газів у низькотемпературній зоні з наступним зволоженням.

Відповідно до цього методу уловлювання діоксиду сірки здійснюється у два етапи. У першій стадії процесу діоксид сірки зв'язується тонко розмеленим вапняком, що вдмухується у верхню частину топки котла, де температура газів становить 1000-1200 °С. Під впливом високої температури карбонат кальцію

розкладається на оксид кальцію та діоксид вуглецю. Частина оксиду кальцію, що утворився, реагує з SO_2 , утворюючи сульфіт кальцію, що окислюється потім у сульфат. Ці реакції відбуваються в діапазоні температур 800-1200 °С.

Принципова схема технології "Ліфак" представлена на рис.

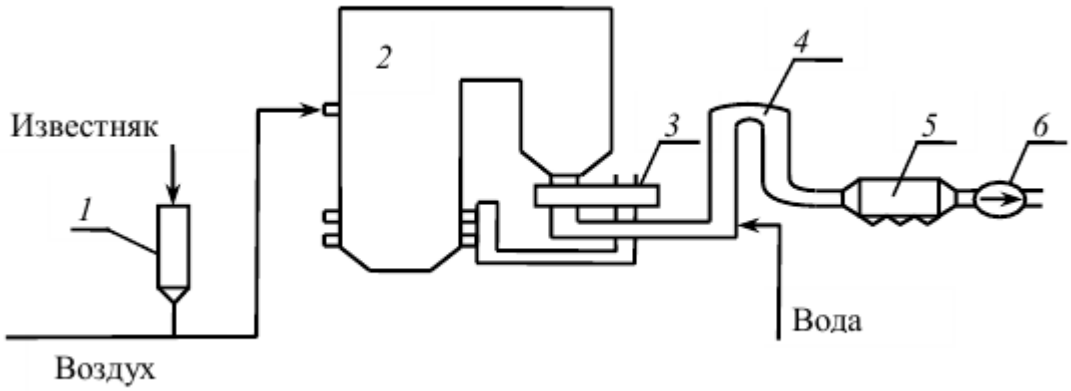

Рисунок 2. – Схема сухого адитивного очищення димових газів ТЕС від діоксиду сірки за технологією «Ліфак»:

1 – бункер вапняку; 2 – котел; 3 – теплообмінник; 4 – активаційний реактор; 5 - золоуловлювач; 6 – димосос

Перевагою цієї технології є низькі капітальні витрати (50-70 дол/кВт).

Рішення проблем викидів є важливим так як забруднення навколишнього середовища має прямий вплив на людину та її здоров`я. Також вивчення і розроблення нових методів сприяє вдосконаленню самих процесів очистки зі збільшенням їх ефективності.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми виробництва

На рис.3 представлета технологічна схема очищення топочних газів ТЕЦ від двуокису сірки. Топочний газ прямує у холодильник газу де охолоджується до температури 40˚С. Далі газ подається у нижню частину скрубера де додатково охолоджується та очищається від твердих частинок водою, що розпиляється форсунками, після чого виводиться з верхньої частини і подається у нижню частину абсорбера 1. В абсорбері 1 підіймаючись в гору проходячи через рідину на тарілках очищується дісташись верхньої частини колони відводиться на додаткове очищення у нижню частину абсорбера2. Газ прямуючи у верх долає шар рідини додатково очищуючись за рахунок домішків вапняку у воді. Очищений газ відводиться з верхньої частини колони та викидається у димову трубу.

Абсорбент подається у верхню частину абсорбера 1 на першу тарілку після її заповнення до рівня преливу стікає на тарілку, що знаходиться нижче і так до останньої тарілки після чого стіка у кубову частину і виводиться з колони. При стіканні рідини відбувається масообмін рідкої і газової фаз за рахунок чого шкідливі домішки газа переходять у рідку фазу. Далі абсорбент подається у реактор. У абсорбері 2 після заповнення тарілки до рівня переливу абсорбент стікає на тарілку знизу і так до останньої після чого зливається у кубову частину і відводиться з колонни та подається у реактор. Під час стікання вапняк що знаходить в абсорбенті остаточно очищує газ, що рухається в протилежному напрямку. У реакторі відбувається окислення сульфата кальція у сульфат завдяки повітрю що подається у реактор під тиском. З реактора шлам прямує до центрифуги де зневоднюється і перетворюється у гіпс. Після центрифуги рідина охолоджується у теплообміннику і подається у ємність де до рідини додається вапняк і подається у верхню частину абсорбера 2 на верхню тарілку.

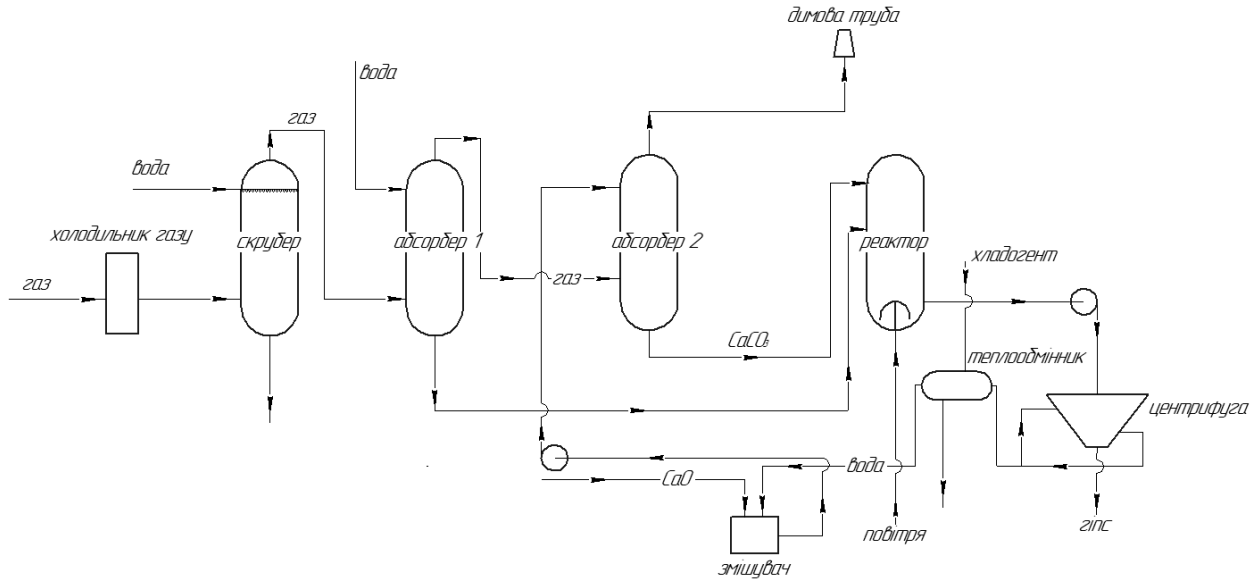

Рисунок 3. Технологічна схема

2.2 Теоретичні основи процесу

Абсорбцією називається процес вибіркового поглинання компонентів із газової або парової суміші рідким поглиначем (абсорбентом), в якому даний компонент розчинний.

При абсорбції відбувається вибіркове поглинання одного або кількох компонентів із газової суміші рідкими поглиначами. Речовину, яка міститься в газовій фазі і при абсорбції не переходить у рідку фазу, називають газом-носієм, речовину, в якій відбувається розчинення компонентів, що абсорбуються, називають розчинником (поглиначем або абсорбентом), речовина, яка міститься в газовій фазі і при абсорбції переходить в рідку фазу, тобто. поглинається компонент, називають абсорбтивом, поглинається речовина в обсязі поглинача - абсорбатом. Абсорбат утримуються в абсорбенті, рівномірно розподіляючись серед молекул, внаслідок розчинення або хімічної реакції.

Процес, що завершується розчиненням абсорбату в поглиначі, називають фізичною абсорбцією. При фізичній абсорбції відбувається фізичне розчинення компонента, що абсорбується в розчиннику, при цьому молекули абсорбенту і 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 процес хімічної технології, що включає масоперенос між газоподібним компонентом і рідким розчинником, який здійснюється в апараті для контактування газу з рідиною. Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають абсорбери. Абсорбція - найпоширеніший процес очищення газових сумішей у багатьох галузях, наприклад, у хімічній промисловості.

Перебіг абсорбційних процесів характеризується статикою та кінетикою. Статика абсорбції, тобто. рівновага між рідкою та газовою фазами, визначає стан, який встановлюється при досить тривалому зіткненні фаз. Кінетика (швидкість) абсорбції визначається рушійною силою процесу, тобто. ступенем відхилення системи стану рівноваги, властивостями поглинача, компонента і інертного газу, і навіть способом дотику фаз.

При абсорбції відбувається взаємодія між газом та розчином, в якому міститься речовина, що реагує з цим газом. Іноді газ, що розчиняється, реагує безпосередньо з самим розчинником. Дослідницькі дані щодо розчинності газів у рідинах наведені у довідниках. Коли концентрація розчиненого газу мала, а температура та тиск далекі від критичних значень, рівновага в системах газ – рідина визначається законом Генрі:

$$P_a^* = E \cdot X_a \qquad (1.1)$$

де P_a^* – парціальний тиск речовини у газовій суміші;

E – константа Генрі;

X_a – мольна частка речовини в абсорбенті.

Рівноважна залежність для системи газ – рідина отримується завдяки використання законів Генрі й Дальтона:

$$P_a^* = Y_a \cdot П \tag{1.2}$$

При поєднанні рівнянь (1.1) та (1.22) випливає**:**

$$Y_a = \frac{E \cdot X_a}{П} \tag{1.3}$$

$$X_a = \frac{Y_a \cdot П}{E} \tag{1.4}$$

де Y_a – мольна концентрація речовини у газовій фазі, $\frac{\text{кмоль речов. А}}{\text{кмоль інертн.}}$;

X_A – мольна концентрація поглиненого компонента в абсорбенті, $\frac{\text{кмоль речов. А}}{\text{кмоль інертн.}}$;

П – загальний тиск газу над розчином.

Для процесу абсорбції застосовують абсорбційні установки, основним елементом яких є абсорбційні апарати. Абсорбційні апарати класифікуються за технологічним призначенням, тиском і видом внутрішнього пристрою, що забезпечує контакт газу (пара) та рідини. За технологічним призначенням абсорбційні апарати поділяються на апарати установок осушення, очищення газу, газорозподілу і т. д. Залежно від внутрішнього пристрою розрізняють тарілчасті, насадкові, розпилювальні, роторні (механічні), поверхневі та каскадні абсорбери. Найбільш широко поширені тарілчасті та насадкові апарати. Залежно від застосовуваного тиску апарати поділяються на вакуумні, атмосферні і під тиском вище атмосферного.

При виборі типу апарату слід враховувати технологічні вимоги до процесу його економічні показники. Плівкові апарати (до яких належать також абсорбери з регулярною насадкою) незамінні при проведенні процесу в умовах

розрідження, оскільки їхній гідравлічний опір найнижчий. Плівкові і насадкові колони переважно також для обробки корозійних середовищ і пінистих рідин.

Тарілчасті колони зручні для великотоннажних виробництв, при відносно малих витратах рідини, недостатніх для рівномірного змочування насадки, а також для процесів, що супроводжуються коливаннями температури, так як періодичне розширення та стиснення корпусу може зруйнувати тендітну насадку. На тарілках простіше встановити змійовики для підведення та відведення теплоти. Тарілчасті колони застосовуються також при обробці потоків з твердими домішками або виділення твердого осаду.

2.3 Опис конструкції проектованого апарата

Колонна (рис.4) є вертикальним апаратом де в середині знаходяться ковпачкові тарілки. Подача поглинача (води) відбувається з верхньої частини апарату штуцер (В). Рівень рідини на тарілкі регулюється за рахунок переливних перегородок при перевищенні висоти перегородок вода потрапляє на тарілку, що знаходиться нижче і так до останньої (самої нижчої тарілки) потім виводиться з колонни через штуцер (Г).

Газова суміш у свою чергу подається з нижньої частини колони штуцер (А). Проходячи через рідину, що знаходиться на тарілках рухається у верхню частину колони. При проходженні через рідину з повітряної суміші виділяється газ та поглинається водою. Таким чином при проходженні всієї колони на вершині колони ми отримуємо очищену (збіднену) газову суміш, яка виводиться через штуцер (Б) . Опорою колонни є циліндрична опора. Технологічні люки для огляду і ремонту апарату знаходяться у верхній, середній та нижній частині колони (Д1,2,3). На колоні передбачені місця для ртутних термометрів (Е1,2) та манометрів (Ж1,2).

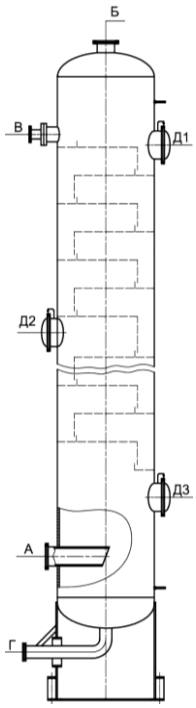

Рисунок 4. - Схема абсорбційної колони

Абсорбцією називають процес поглинання газів або пар з газових або парогазових сумішей рідкими поглиначами (абсорбентами). При фізичній абсорбції газ, що поглинається (абсорбтив) не взаємодіє хімічно з абсорбентом. Якщо ж абсорбтив утворює з абсорбентом хімічну сполуку, процес називається хемосорбцией. Фізична абсорбція в більшості випадків оборотна.

На цій властивості абсорбційних процесів ґрунтується виділення поглиненого газу з розчину - десорбція.

Поєднання абсорбції з десорбцією дозволяє багаторазово застосовувати поглинач і виділяти поглинений компонент у чистому вигляді. У багатьох випадках проводити десорбцію не обов'язково, оскільки абсорбент і абсорбтив є дешевими або відкидними продуктами, які після абсорбції можна знову не використовувати (наприклад, при очищенні газів).

У промисловості процеси абсорбції застосовуються головним чином вилучення цінних компонентів з газових сумішей чи очищення

цих сумішей від шкідливих домішок.

Тарілчасті абсорбери є, як правило, вертикальними колонами, всередині яких на певній відстані один від одного розміщені горизонтальні перегородки -

тарілки. За допомогою тарілок здійснюється спрямований рух фаз та багаторазова взаємодія рідини та газу.

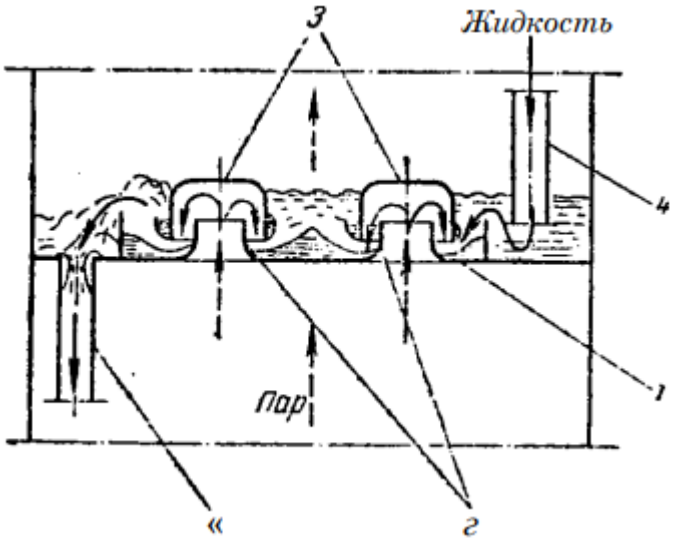

Рисунок 5. Схема роботи ковпачкової тарілки:
1 - корпус; 2 - тарілка; 3 - переливна труба; 4 склянки

Ковпачкові тарілки менш чутливі до забруднень, ніж колони з сітчастими тарілками, і відрізняються більш високим інтервалом сталої роботи колони з ковпачковими тарілками (рис. 5).

Газ на тарілку 1 надходить по патрубках 2, потім розбиваючись прорізами ковпачка 3 на велике число окремих струменів. Прорізи ковпачків найчастіше виконуються у вигляді зубців трикутної або прямокутної форми. Далі газ проходить через шар рідини, що перетікає по тарілці від одного зливного пристрою 4 до іншого. При русі через шар значна частина дрібних струменів розпадається і газ розподіляється в рідині у вигляді бульбашок. Інтенсивність утворення піни та бризок на ковпачкових тарілках залежить від швидкості руху газу та глибини занурення ковпачка у рідину

На рис. 5 показана схема роботи ковпачка, перетин і форма прорізів ковпачка мають другорядне значення, але пристрій з вузькими прорізами, має перевагу, так як при цьому газ розбивається на дрібніші струмки, що сприяє збільшенню поверхні зіткнення фаз. Для створення більшої поверхні контакту

фаз на тарілках зазвичай встановлюють значне число ковпачків, що розташовані на невеликій відстані один від одного.

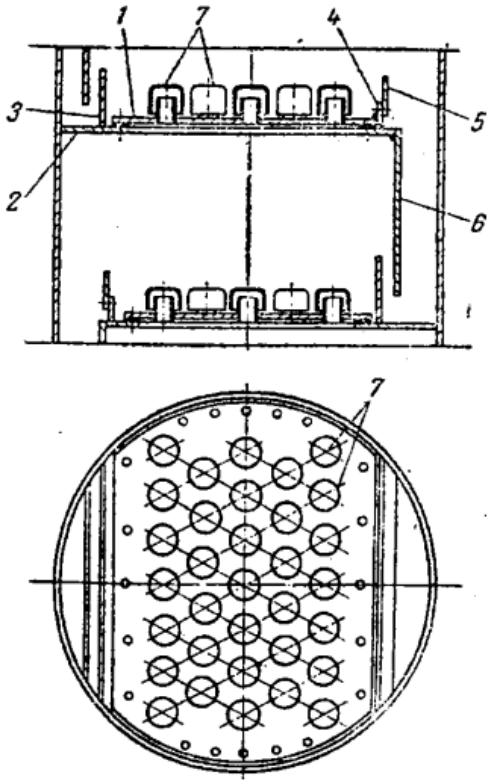

Рисунок 6. Колпачкова тарілка з діаметральним переливом:
1- диск; 2 – опорний лист; 3 – приймальний лист; 4 – зливний поріг;
5 – змінна гребінка; 6 – перегородка; 7 – ковпачки

Тарілка з діаметральним переливом рідини (рис.6) являє собою зрізаний з двох сторін диск /, встановлений на опорному листі 2. З одного боку тарілка обмежена приймальним порогом 3, а з іншого - зливним порогом 4 зі змінним гребінцем 5, за допомогою якої регулюється рівень рідини на тарілці. У тарілці цієї конструкції периметр зливу збільшений шляхом заміни зливних трубок сегментоподібними отворами, обмеженими перегородками 6, що знижує спінювання рідини при її переливі.

2.4 Технологічні розрахунки та визначення конструктивних розмірів апарата

Матеріальний баланс процесу

Фізико-хімічні властивості компонентів газової суміші, яка переробляється.

Знаходимо фізичні властивості компонентів газової суміші та наведемо їх у таблиці 3.

Таблиця 3 – Фізичні властивості компонентів газової суміші при нормальних умовах. (t = 0 ^{0}C, P = 1 ата.).

Назва	Формула	Мольна маса	Густина, кг/м^3
Двоокис сірки	SO_2	64	2,86
Повітря	–	29	1,29

Визначимо густину компонента, який поглинається, у робочих умовах:

$$\rho_{SO_2} = \rho_{O\,SO_2} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t+273) \cdot P_O} = 2{,}86 \cdot \frac{273 \cdot 1{,}8}{(40+273) \cdot 1} = 4{,}8\,\frac{кг}{м^3} \qquad (2.1)$$

Розрахуємо густину повітря в робочих умовах:

$$\rho_{пов} = \rho_{Опов} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t+273) \cdot P_O} = 1{,}29 \cdot \frac{273 \cdot 1{,}8}{(40+273) \cdot 1} = 2{,}16\,\frac{кг}{м^3} \qquad (2.2)$$

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

$$V_{сум} = V_0 \cdot \frac{P_0 \cdot T}{3600 \cdot P \cdot T_0} = \frac{6000}{3600} \cdot \frac{1 \cdot (273+40)}{1{,}8 \cdot 273} = 1{,}05 \frac{м^3}{с} \qquad (2.3)$$

де $P_о$ = 1 ата – атмосферний тиск [6], стор.10.

Густина 2-х компонентної суміші розраховується за формулою:

$$\rho_у = \rho_{SO_2} \cdot y_{SO_2} + (1 - y_{SO_2}) \cdot \rho_{пов} = 4{,}8 \cdot 0{,}09 + (1 - 0{,}09) \cdot 2{,}16 = 2{,}4 \frac{кг}{м^3} \qquad (2.4)$$

Динамічна в'язкість газової суміші обчислимо за формулою:

$$\frac{M_{сум}}{\mu_{SO_2}} = \frac{M_{SO_2} \cdot y_{SO_2}}{\mu_{SO_2}} + \frac{M_{пов} \cdot y_{пов}}{\mu_{пов}} \qquad (2.5)$$

де $M_{сум}$ – мольна маса суміші;

$\mu_{SO_2} = 0{,}012$ мПа · с – в'язкість SO_2 при 40 ^{0}C; [4, мал. VI]

$\mu_{пов}$ = 0,02 мПа · с – в'язкість повітря при 40 ^{0}C. [4, мал. VI]

$$M_{сум} = y_{SO_2} \cdot M_{SO_2} + (1 - y_{SO_2}) \cdot M_{пов} = 0{,}09 \cdot 64 + (1 - 0{,}09) \cdot 29 = 32{,}15 \frac{кг}{кмоль} \qquad (2.6)$$

Тоді в'язкість газової суміші виразимо з формули 2.5:

$$\mu_y = \frac{M_{сум}}{\frac{y_{SO_2} \cdot M_{SO_2}}{\mu_{SO_2}} + \frac{(1 - y_{SO_2}) \cdot M_{пов}}{\mu_{пов}}} = \frac{32{,}15}{\frac{0{,}09 \cdot 64}{12 \cdot 10^{-6}} + \frac{(1 - 0{,}09) \cdot 29}{19 \cdot 10^{-6}}} = 16{,}2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Матеріальний баланс процесу абсорбції.

$$\Delta M = G_Г \cdot (y_Н - y_К) = L_Х \cdot (x_К - x_Н) \qquad (2.7)$$

де ΔM – кількість поглиненої речовини.

Визначаємо об'ємні витрати компонентів суміші на вході в колону.

$$V_{SO_2} = V_0 \cdot y_{SO_2} = \frac{6000}{3600} \cdot 0{,}09 = 0{,}15 \ \frac{м^3}{с} \quad (2.8)$$

$$V_{пов} = V_0 \cdot \left(1 - y_{SO_2}\right) = \frac{6000}{3600} \cdot \left(1 - 0{,}09\right) = 1{,}52 \ \frac{м^3}{с} \quad (2.9)$$

Масові витрати компонентів суміші на вході в колону:

$$G_{SO_2} = V_{SO_2} \cdot \rho_{0SO_2} = 0{,}15 \cdot 2{,}86 = 0{,}43 \frac{кг}{с} \quad (2.10)$$

$$G_{пов} = V_{пов} \cdot \rho_{0пов} = 1{,}52 \cdot 1{,}29 = 1{,}96 \frac{кг}{с} \quad (2.11)$$

Масові витрата вихідної газової суміші:

$$G_{см} = G_{SO_2} + G_{пов} = 0{,}43 + 1{,}96 = 2{,}39 \frac{кг}{с} \quad (2.12)$$

Тоді кількість компонента, що поглинається в колоні (SO_2):

$$\Delta M = G_{SO_2} \cdot C_п = 0{,}43 \cdot 0{,}94 = 0{,}4 \frac{кг}{с} \quad (2.13)$$

Кількість непоглиненого компонента в газовій суміші на виході з колони:

$$\Delta M_к = G_{SO_2} \cdot \left(1 - C_п\right) = 0{,}43 \cdot 0{,}06 = 0{,}026 \frac{кг}{с} \quad (2.14)$$

Відносна масова концентрація (SO_2) на вході в колону:

$$\overline{У}_н = \frac{G_{SO_2}}{G_{пов}} = \frac{0{,}43}{1{,}96} = 0{,}22 \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов} \quad (2.15)$$

Відносна мольна концентрація на вході в колону:

$$У_н = \overline{У}_н \cdot \frac{M_{сум}}{M_{SO_2}} = 0{,}22 \cdot \frac{32{,}15}{64} = 0{,}11 \frac{кмоль\ SO_2}{кмоль\ пов} \quad (2.16)$$

Відносна масова концентрація SO_2 у суміші на виході з колони:

$$\overline{У}_к = \frac{\Delta M_к}{G_{пов}} = \frac{0,026}{1,96} = 0,013 \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов} \qquad (2.17)$$

Відносна мольна концентрація (SO_2) у суміші на виході з колони:

$$У_к = \overline{У}_к \cdot \frac{M_{сум}}{M_{SO_2}} = 0,013 \cdot \frac{32,15}{64} = 0,0065 \frac{кмоль\ SO_2}{кмоль\ пов} \qquad (2.18)$$

Побудова рівноважної й робочої ліній процесу.

Відносна мольна частка компонента, який поглинається, у рідині, що перебуває в рівновазі з вихідною сумішшю, визначається по залежності, отриманої на основі спільного розв'язання рівнянь, які виражають закони Генрі й Дальтона:

$$X_{кр} = У_н \cdot \frac{P}{E} = 0,11 \cdot \frac{1,8 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^6} = 0,0055 \frac{кмоль\, SO_2}{кмоль\, пов} \qquad (2.19)$$

де E – коефіцієнт Генрі, що залежить від температури.

$E = 0,027 \cdot 10^6$ мм.рт.ст $= 0,027 \cdot 133,3 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^6$ Па – коефіцієнт Генрі для SO_2 при t = 40 ^{0}C. [4, табл. XLI].

Рівноважна відносна масова частка компонента, що поглинається, на виході апарата:

$$\overline{X}_{кр} = X_{кр} \cdot \frac{M_{SO_2}}{M_{H_2O}} = 0,0055 \cdot \frac{64}{18} = 0,02 \frac{кг\ SO_2}{кг\ H_2O} \qquad (2.20)$$

де $M_{H_2O} = 18 \frac{кг}{кмоль}$ – мольна маса води

Температура абсорбенту в нижній частині колони з урахуванням диференціальної теплоти розчинення газу й концентрації поглиненого речовини, визначається за формулою:

$$t_{нр} = t + \frac{q}{C_{H_2O}} \cdot \left(\overline{X}_{кр} - \overline{X}_{н}\right) \qquad (2.21)$$

де $C_{H_2O} = 4{,}19 \frac{кДж}{кг \cdot К}$ – питома теплоємність води при t = 40 ^{0}C;

[4, стор. 537, табл. XXXIX]

$q = 500 \frac{кДж}{кг}$ – диференціальна теплота розчинення SO_2

[11, стор. 48, табл. А2];

$X_н$ = 0 – початкова відносна масова частка компонента, що поглинається, в абсорбенті (вода не містить компонента, який поглинається).

$$t_{нр} = 40 + \frac{500}{4{,}19} \cdot 0{,}02 = 42^0 C \qquad (2.22)$$

Різниця між $t_{нр} - t = 42 - 40 = 2^0 C \le 2^0 C$, тому умови процесу можна вважати ізотермічними, а рівноважна лінія в цьому випадку являє собою пряму, що проходить через точки О с координатами:

(0 ; 0) та С с координатами $\left(\overline{X}_{кр} = 0{,}02 \frac{кг\ SO_2}{кг\ H_2O};\ \overline{Y}_{н} = 0{,}22 \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов}\right)$

Робоча відносна масова частка компонента H_2S, який виноситься з колони з рідиною $\overline{X}_{к} = 0{,}94 \cdot \overline{X}_{кр} = 0{,}92 \cdot 0{,}02 = 0{,}018 \frac{кг\ SO_2}{кг\ H_2O}$

Робоча лінія проходить через точки:

А з координатами $\left(0; \overline{Y}_{к} = 0{,}013 \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов}\right)$

і точку В с координатами $\left(\overline{X}_к = 0{,}018\frac{кг\ SO_2}{кг\ н_2о};\ \ \overline{Y}_н = 0{,}22\frac{кг\ SO_2}{кг\ пов}\right)$

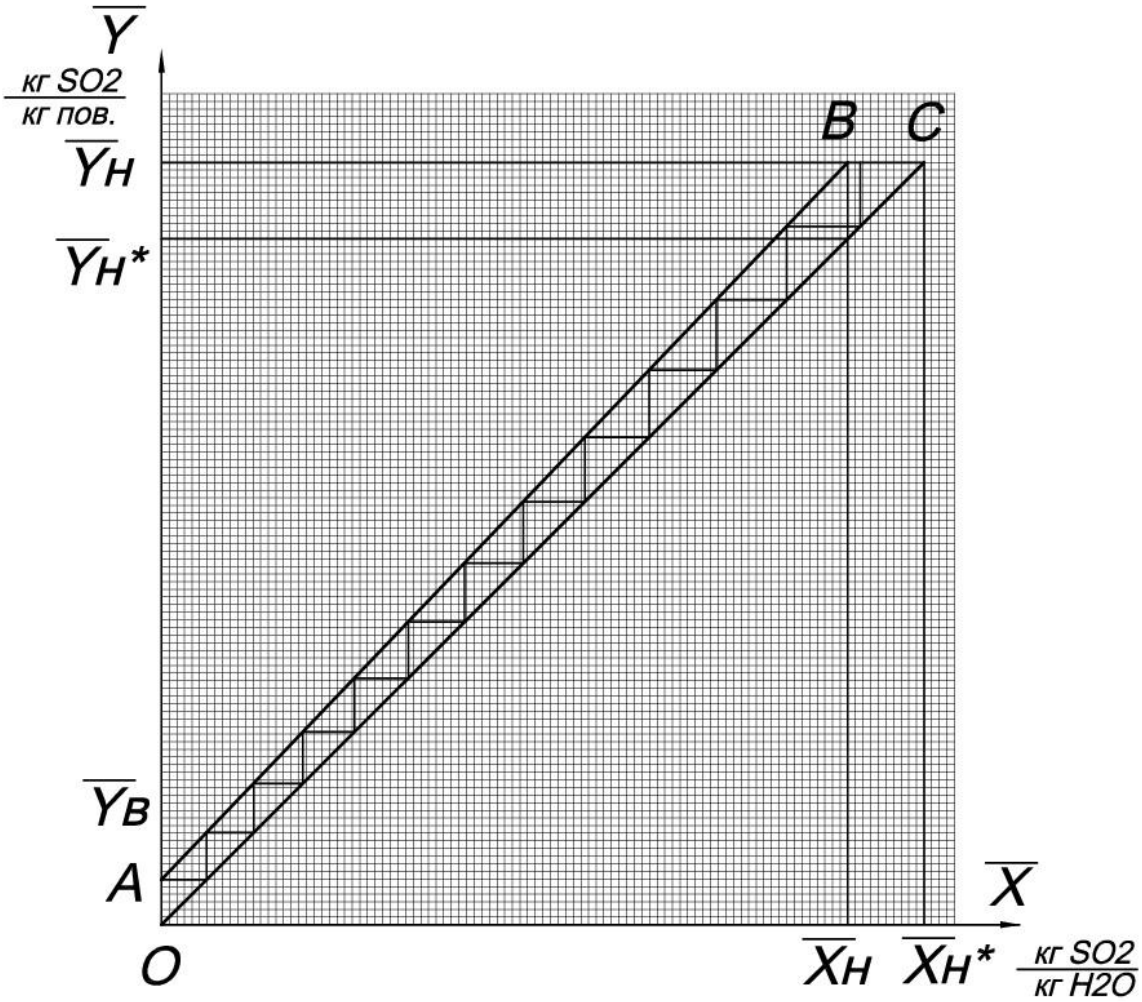

Рисунок 7. Робоча та рівноважна лінії процесу масопередачі з газоваї фази в рідку

Розрахунок витрати абсорбенту

Знаходимо мінімальні та робичий витрати абсорбенту:

$$l_{min} = \frac{\overline{Y}_н - \overline{Y}_к}{\overline{X}_{кр}} = \frac{0{,}22 - 0{,}013}{0{,}02} = 10{,}35\frac{кг(H_2O)}{кг(газ.сум)} \qquad (2.23)$$

$$l_{роб} = \frac{\overline{Y}_н - \overline{Y}_к}{\overline{X}_р} = \frac{0{,}22 - 0{,}013}{0{,}018} = 11{,}5\frac{кг(H_2O)}{кг(газ.сум)} \qquad (2.24)$$

Загальна витрата абсорбенту в колоні:

$$L_X = l_{роб} \cdot G_{пов} = 11{,}5 \cdot 1{,}96 = 22{,}54\ \frac{кг}{с} \qquad (2.25)$$

Розрахунок середньої рушійної сили.

Розраховуємо середню рушійну силу для газової фази:

$$\Delta\overline{Y}_{сер} = \frac{\Delta\overline{Y}_н - \Delta\overline{Y}_к}{\ln\frac{\Delta\overline{Y}_н}{\Delta\overline{Y}_к}} \qquad (2.26)$$

де $\Delta\overline{Y}_н, \Delta\overline{Y}_к$ – рушійна сила внизу й угорі абсорбера відповідно.

Визначаємо за додатком 1 при $\overline{X}_к = 0{,}018\frac{кг\ SO_2}{кг\ H_2O}$ $\overline{Y}_{нр} = 0{,}198\ \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов}$

$$\Delta\overline{Y}_н = \overline{Y}_н - \overline{Y}_{нр} = 0{,}22 - 0{,}198 = 0{,}022\ \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов} \qquad (2.27)$$

$$\Delta\overline{Y}_к = \overline{Y}_к - \overline{Y}_{кр} = 0{,}013 - 0 = 0{,}013\ \frac{кг\ SO_2}{кг\ пов} \qquad (2.28)$$

$$\Delta\overline{Y}_{сер} = \frac{0{,}022 - 0{,}013}{\ln\frac{0{,}022}{0{,}013}} = 0{,}01711\frac{кг\ SO_2}{кг\ пов} \qquad (2.29)$$

Загальне число одиниць переносу:

$$N_{оу} = \frac{\overline{Y}_н - \overline{Y}_к}{\Delta\overline{Y}_{сер}} = \frac{0{,}22 - 0{,}013}{0{,}01711} = 12 \qquad (2.30)$$

Розрахунок швидкості газу й діаметра абсорбера.

Швидкість газу в абсорбері розраховуємо за формулою:

$$w_p = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_y}} \qquad (2.31)$$

де коефіцієнт $C = 0{,}042$

Приймаємо відстань між ковпачковими тарілками $H_т = 400$ мм.

$\rho_x = 998 \frac{кг}{м^3}$ – густина води при t = 20С.

$\rho_y = 2{,}4 \frac{кг}{м^3}$ – густина газової суміші в робочих умовах.

Тоді

$$w_p = 0{,}042 \cdot \sqrt{\frac{998}{2{,}4}} = 0{,}86 \frac{м}{с} \qquad (2.32)$$

Діаметр абсорбера розраховуємо за формулою:

$$D_a = \sqrt{\frac{V_г}{0{,}785 \cdot w_p}} = \sqrt{\frac{1{,}05}{0{,}785 \cdot 0{,}86}} = 1{,}247 \text{ м}$$

де $V_г$ – витрата газової суміші в робочих умовах.

Остаточно приймаємо діаметр колони: $D_к = 1200$ мм.

Уточнюємо робочу швидкість газу:

$$w_г = \frac{V_г}{0{,}785 \cdot D_к^{\ 2}} = \frac{1{,}05}{0{,}785 \cdot 1{,}2^2} = 0{,}88 \frac{м}{с} \qquad (2.34)$$

При розрахованому діаметрі колони $D_к = 1200$ мм вибираємо по рекомендаціях [3] вибираємо тарілку типу ТСК-Р

Вільний перетин колони	$F_к$ =1,13 м^2.
Довжина лінії барботажу	$L_б$ = 12,3 м.
Периметр зливу	$L_с$ = 818 мм.
Перетин переливу	$f_{пер}$ = 0,099 м^2.
Вільний перетин тарілки	$F_с$ = 0,129 м^2.
Відносна площа проходу парів	11,4 %.
Діаметр ковпачка	d = 100 мм.
Кількість ковпачків	n = 39 шт.
Крок ковпачків	t = 140 мм.

Розрахунок числа тарілок графічним методом.

Розраховуємо середній ККД тарілки η_0 за критеріальною формулою для ковпачкових тарілок:

$$\eta_0 = 0{,}068 \cdot K_1^{0{,}1} \cdot K_2^{0{,}115} \qquad (2.35)$$

де K_1 й K_2 – безрозмірні комплекси.

$$K_1 = \frac{w_г \cdot h_{пр} \cdot \rho_{SO_2}}{S_{св} \cdot \rho_ж \cdot D_{ох}} = \frac{0{,}88 \cdot 0{,}015 \cdot 4{,}8}{0{,}08 \cdot 998 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-9}} = 466816 \qquad (2.36)$$

$S_{св} = 0{,}08\,м^2$ – відносна площа вільного перерізу тарілки. [3], стор. 213, дод. 5.2

$h_{пр} = 0{,}015м$ – висота прорізі в ковпачку; [3], стор. 213, дод. 5.2

$D_{ох}$ - значення коефіцієнта молекулярної дифузії у воді SO_2

$w_г$ - швидкість газу.

Визначаємо числове значення коефіцієнта молекулярної дифузії у воді SO_2 при $t = 20\ ^0C$ $D_{oxSO_2} = 1{,}7 \cdot 10^{-9}\ м^2/с$.

$$K_2 = \frac{\sigma}{w \cdot \rho_ж \cdot D_{ox}} \tag{2.37}$$

$\sigma = 72{,}8 \cdot 10^{-3} \frac{Н}{м}$ – зусилля поверхневого натягу води при $t = 20\ ^0C$;

$$K_2 = \frac{72{,}8 \cdot 10^{-3}}{0{,}88 \cdot 998 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-9}} = 48800 \tag{2.38}$$

$$\eta_0 = 0{,}068 \cdot (466816)^{0{,}1} \cdot (48800)^{0{,}115} = 0{,}87 \tag{2.39}$$

За діаграмою (додаток А) розраховуємо число тарілок $n_т = 12$ шт.

Дійсне число тарілок розраховуємо за формулою:

$$n_д = \frac{n_т}{\eta_0} = \frac{12}{0{,}87} = 14\ шт \tag{2.40}$$

Розрахунок числа тарілок кінематичним методом.

Розрахунок абсорбера проводимо по модифікованому рівнянню масопередачі:

$$M = K_{xf} \cdot F \cdot \Delta\overline{X}_{сер} = K_{yf} \cdot F \cdot \Delta\overline{Y}_{сер} \tag{2.41}$$

Коефіцієнт масопередачі K_{yf} розраховується за рівнянням адитивності фазових дифузійних опорів:

$$K_{y_f} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}}} \qquad (2.42)$$

Розрахунки коефіцієнта массоотдачи в газовій фазі

Коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі для ковпачкових тарілок визначаємо за рівнянням:

$$\beta_у = 0{,}01 \cdot w^{1{,}32} \cdot \Delta P_ж \qquad (2.43)$$

де $\Delta P_ж$ – гідравлічний опір шару рідини на тарілці.

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_ж = \Delta P_\sigma + \Delta P_{ст} \qquad (2.44)$$

де ΔP_σ – опір, викликуване силами поверхневого натягу, Па;

$\Delta P_{ст}$ – статичний опір шару рідини, Па.

Опір, викликуваний силами поверхневого натягу, розраховується за формулою:

$$\Delta P_\sigma = \frac{2 \cdot \sigma \cdot (h_{пр} + S_{пр})}{h_{пр} \cdot S_{пр}} \qquad (2.45)$$

де $\sigma = 72{,}8 \cdot 10^{-3} \frac{Н}{м}$ – поверхневий натяг води при t = 20 ^{0}C;

$h_{пр} = 0{,}015м$ – висота прорізу в ковпачку;

$S_{пр} = 0{,}008м$ – ширина прорізу в ковпачку.

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot 72{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot (0{,}015 + 0{,}008)}{0{,}015 \cdot 0{,}008} = 27{,}91\,\text{Па}$$

Статичний опір шару рідини:

$$\Delta P_{ст} = \rho_{пн} \cdot g \cdot (H_{пн} - 0{,}5 \cdot h_{пр}) \qquad (2.46)$$

де $\rho_{пн} = 500\,\frac{кг}{м^3}$ – густина піни;

$H_{пн}$ – висота піни, м.

Висота піни розраховується за рівнянням:

$$H_{пн} = \frac{(h_п + \Delta - h_{св}) \cdot (f_т - F_к) \cdot \rho_ж + h_{св} \cdot f_т \cdot \rho_{пн} + (h_к - h_{св}) \cdot F_к \cdot \rho_{пн}}{f_т \cdot \rho_{пн}} \qquad (2.47)$$

де $f_т = 0{,}93\,м^2$ – робоча площа тарілки;

$F_к$ – площа, яку займають ковпачки;

$h_к = 0{,}05\,м$ – висота ковпачка;

$h_{св} = 0{,}004\,м$ – висота шару світлої рідини;

$h_п = 0{,}04\,м$ – висота переливу;

Δ – висота шару рідини над переливом.

$$F_к = 0{,}785 \cdot d_к^2 \cdot n \qquad (2.48)$$

де $d_к = 100\,мм$ – діаметр ковпачків;

$n = 39\,шт$ – кількість ковпачків.

$$F_к = 0{,}785 \cdot 0{,}10^2 \cdot 39 = 0{,}31\,м^2$$

$$\Delta = 0{,}68 \cdot \frac{V_ж}{П} \qquad (2.49)$$

де $V_ж$ – об'ємна витрата рідини.

$$V_{ж} = \frac{L}{\rho_{ж}} \qquad (2.50)$$

$$V_{ж} = \frac{22,54}{998} = 0,023 \frac{м^3}{с}$$

$П = 0,818$ м – периметр зливу.

$$\Delta = 0,68 \cdot \frac{0,023}{0,818} = 0,019 \text{ м}$$

$$H_{пн} = \frac{(0,04 + 0,019 - 0,004) \cdot (0,818 - 0,31) \cdot 998 + 0,004 \cdot 0,93 \cdot 500 + (0,05 - 0,004) \cdot 0,31 \cdot 500}{0,93 \cdot 500} =$$

$$= 0,09 \text{ м}$$

$$\Delta P_{ст} = 500 \cdot 9,81 \cdot (0,09 - 0,5 \cdot 0,015) = 405 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_{ж} = 27,91 + 405 = 433 \text{ Па}$$

Тоді коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі для ковпачкових тарілок розраховується за рівнянням:

$$\beta_{у} = 0,01 \cdot 0,88^{1,32} \cdot 433 = 3,66 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

Розрахунки коефіцієнта масовіддачі в рідкій фазі

Тоді коефіцієнт массовіддачі в рідкій фазі для ковпачкових тарілок розраховується за рівнянням:

$$\beta_{ж} = 0,075 \cdot w^{0,79} \cdot \Delta P_{ж} \qquad (2.51)$$

$$\beta_{ж} = 0,075 \cdot 1,05^{0,79} \cdot 433 = 29,36 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} \qquad (2.52)$$

Визначення коефіцієнта масопередачі

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}}} \qquad (2.53)$$

де m – тангенс кута нахилу лінії рівноваги.

$$m = \frac{E}{P} \qquad (2.54)$$

$E = 0{,}027 \cdot 10^6$ мм.рт.ст $= 0{,}027 \cdot 133{,}3 \cdot 10^6 = 3{,}6 \cdot 10^6$ Па – коефіцієнт Генрі для SO_2 при t = 20 ^{0}C.

$$m = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{1{,}8 \cdot 10^5} = 20 \qquad (2.55)$$

$$K_{y_f} = \frac{1}{\frac{1}{3{,}66} + \frac{20}{29{,}36}} = 2{,}15\left(\frac{кг}{м^2 \cdot с}\right) \qquad (2.56)$$

Розрахунок числа тарілок.

Сумарна поверхня тарілок розраховується за рівнянням:

$$F = \frac{\Delta M}{K_{y_f} \cdot \Delta \overline{Y}_{сер}} = \frac{0{,}4}{2{,}15 \cdot 0{,}01711} = 10{,}87\ м^2 \qquad (2.57)$$

Кількість тарілок розраховуємо за наступною формулою:

$$n_д = \frac{F}{f} \qquad (2.58)$$

де $f = 0{,}93\ м^2$ - робоча поверхня ковпачкової тарілки.

$$n_д = \frac{10,87}{0,93} \approx 12 \text{ шт} \qquad (2.59)$$

З розрахунку числа тарілок графічним методом і кінематичним методами число тарілок приблизно збігається.

Приймаємо остаточне число тарілок із запасом $n_д = 14$ шт.

Розрахунок висоти колони.

Висоту колони розраховуємо за формулою:

$$H_к = (n_д - 2) \cdot H + Z_с + Z_В + Z_Н \qquad (2.60)$$

де $Z_с$ = 700 мм – відстань між тарілками в місці монтажу середнього люка;

$Z_в = 1,0 \cdot D_к = 1200$ мм – відстань між верхньою тарілкою й кришкою колони; [3], стор. 209

$Z_н = 1,5 \cdot D_к = 1,5 \cdot 1200 = 1800$ мм – відстань між нижньою тарілкою й днищем колони. [3], стор. 209

$$H_к = (14 - 2) \cdot 400 + 700 + 1200 + 1800 = 8500 \text{ мм} \qquad (2.61)$$

Розрахунок діаметра штуцерів.

Діаметр патрубка для введення вихідної газової суміші:

$$d_г = \sqrt{\frac{V_г}{0,785 \cdot w_г}} = \sqrt{\frac{1,05}{0,785 \cdot 12}} = 0,324 \ м \qquad (2.62)$$

де $w_Г = 12 \frac{м}{с}$ – швидкість газової суміші у вхідному штуцері.

Приймаємо $d_г = 325$ мм.

Діаметр патрубка для введення рідини:

$$d_ж = \sqrt{\frac{V_x}{0{,}785 \cdot w_ж}} \qquad (2.63)$$

де $w_ж = 1{,}5 \frac{м}{с}$ – швидкість рідини в штуцері.

$$V_x = \frac{L_x}{\rho_x} = \frac{22{,}54}{998} = 0{,}023 \frac{м^3}{с} \qquad (2.64)$$

$$d_ж = \sqrt{\frac{0{,}023}{0{,}785 \cdot 1{,}5}} = 0{,}138 \text{ м} \qquad (2.65)$$

Приймаємо $d_ж$ = 140 мм.

2.5 Гідравлічні розрахунки

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_ж = \Delta P_\sigma + \Delta P_{ст} \qquad (2.66)$$

де ΔP_σ – опір, викликуване силами поверхневого натягу, Па;

$\Delta P_{ст}$ – статичний опір шару рідини, Па.

Опір, викликуваний силами поверхневого натягу, розраховується за формулою:

$$\Delta P_\sigma = \frac{2 \cdot \sigma \cdot (h_{пр} + S_{пр})}{h_{пр} \cdot S_{пр}} \qquad (2.67)$$

де $\sigma = 72{,}8 \cdot 10^{-3} \frac{Н}{м}$ – поверхневий натяг води при t = 20 ^{0}C;

$h_{пр} = 0{,}015м$ – висота прорізу в ковпачку; [3]

$S_{пр} = 0{,}008м$ – ширина прорізу в ковпачку. [3]

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot 72{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot (0{,}015 + 0{,}008)}{0{,}015 \cdot 0{,}008} = 27{,}91\,Па$$

Статичний опір шару рідини:

$$\Delta P_{ст} = \rho_{пн} \cdot g \cdot (H_{пн} - 0{,}5 \cdot h_{пр}) \qquad (2.68)$$

де $\rho_{пн} = 500\,\frac{кг}{м^3}$ – густина піни; [3]

$H_{пн}$ – висота піни, м.

Висота піни розраховується за рівнянням:

$$H_{пн} = \frac{(h_п + \Delta - h_{св}) \cdot (f_т - F_к) \cdot \rho_ж + h_{св} \cdot f_т \cdot \rho_{пн} + (h_к - h_{св}) \cdot F_к \cdot \rho_{пн}}{f_т \cdot \rho_{пн}} \qquad (2.69)$$

де $f_т = 0{,}93\,м^2$ – робоча площа тарілки; [6], табл. А.7

$F_к$ – площа, яку займають ковпачки;

$h_к = 0{,}05\,м$ – висота ковпачка;

$h_{св} = 0{,}004\,м$ – висота шару світлої рідини;

$h_п = 0{,}04\,м$ – висота переливу;

Δ – висота шару рідини над переливом.

$$F_к = 0{,}785 \cdot d_к^2 \cdot n \qquad (2.70)$$

де $d_к = 100\,мм$ – діаметр ковпачків;

$n = 39\,шт$ – кількість ковпачків.

$$F_к = 0{,}785 \cdot 0{,}10^2 \cdot 39 = 0{,}31\,м^2$$

$$\Delta = 0{,}68 \cdot \frac{V_ж}{П} \qquad (2.71)$$

де $V_ж$ – об'ємна витрата рідини.

$$V_ж = \frac{L}{\rho_ж} = \frac{22{,}54}{998} = 0{,}023 \frac{м^3}{с} \qquad (2.72)$$

$П = 0{,}818\,м$ – периметр зливу.

$$\Delta = 0{,}68 \cdot \frac{0{,}023}{0{,}818} = 0{,}019\,м \qquad (2.73)$$

$$H_{пн} = \frac{(0{,}04 + 0{,}019 - 0{,}004) \cdot (0{,}818 - 0{,}31) \cdot 998 + 0{,}004 \cdot 0{,}93 \cdot 500 + (0{,}05 - 0{,}004) \cdot 0{,}31 \cdot 500}{0{,}93 \cdot 500} =$$

$= 0{,}09\,м$

$$\Delta P_{ст} = 500 \cdot 9{,}81 \cdot (0{,}09 - 0{,}5 \cdot 0{,}015) = 405\,Па \qquad (2.74)$$

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_ж = 27{,}91 + 405 = 433\,Па \qquad (2.75)$$

Повний гідравлічний опір абсорбера розраховується за формулою:

$$\Delta P_a = n \cdot \Delta P \qquad (2.76)$$

Повний гідравлічний опір однієї тарілки ΔP складається із трьох доданків:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_ж \qquad (2.77)$$

де ΔP_c – гідравлічний опір незрошуваної тарілки.

$\Delta P_ж$ - гідравлічний опір шару рідини на тарілці

Гідравлічний опір незрошуваної тарілки визначається за формулою:

$$\Delta P_c = \xi \frac{w_г^2 \cdot \rho_у}{2 \cdot F_c^2} \quad (2.78)$$

де $\xi = 5{,}0$ – коефіцієнт опір сухої ковпачкової тарілки;

$F_c = 0{,}129$ м^2 – вільний перетин тарілки.

$$\Delta P_c = 5 \cdot \frac{0{,}88^2 \cdot 2.4}{2 \cdot 0{,}129^2} = 55.84 \text{ Па} \quad (2.79)$$

$$\Delta P = 55{,}84 + 433 = 489 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір абсорбера:

$$\Delta P_a = 14 \cdot 489 = 6846 \text{ Па} \quad (2.80)$$

2.6 Вибір допоміжного обладнання

Насос для перекачування води

Підбираємо насос для перекачування води при температурі 20ºС у ємність з апарату працюйочого під тиском 0,1 МПа. Витрата води 0,023 м^3/с. Геометрична висота підйому води на 13 м. Довжина трубопровода на лінії всмоктування 10 м, на лінії нагнітання 40 м. На линини нагнітання знаходяться 5 відводів під кутом 90 º з радіусом повороту, що дорівнює 6 діаметрам труби. На всмоктуючій ділянкі трубопроводу встановлено прямоточний вентиль .

Перевірити можливість установки насосу на висоті 4 м над рівнем води у ємкості.

а) Вибір трубопроводу

Для всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводу приймаємо однакову швидкість швидкість течії води, рівною 2 м/с. Тоді діаметр по формулі (1.8) [2 стор.10] дорівнює:

$$d = \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot \omega} \quad (2.81)$$

де Q – витрата води м^3/с, ω – швидкість руху води у трубопроводі м/с.

$$d = \sqrt{4 \cdot 0{,}023/3{,}14 \cdot 2} = 0{,}121 \text{ м}$$

Приймаємо, що трубопровід сталевий, корозія незначна.

б) Визначення витрат на тертя і місцевий опір.

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.82)$$

$$Re = \frac{2 \cdot 0{,}121 \cdot 998}{1{,}005 \cdot 10^{-3}} = 240000$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо

$\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$ м. Тоді:

$$e = \Delta/d \quad (2.83)$$

$$e = 2 \cdot 10^{-4}/0{,}121 = 0{,}0016$$

Далі маємо:

$$\frac{1}{\mathrm{e}} = \frac{1}{0{,}0016} = 625$$

$$560\frac{1}{\mathrm{e}} = 560\frac{1}{0{,}0016} = 350000$$

$$10\frac{1}{\mathrm{e}} = 10\frac{1}{0{,}0016} = 6250$$

Звідки: $6250 < Re < 350000$

Таким чином у трубопроводі має місце змішане тертя і розрахунок λ потрібно проводити по формулі (1.6) [2 стор.9]:

$$\lambda = 0{,}11(\mathrm{e} + 68/Re)^{0{,}25} \quad (2.84)$$

$$\lambda = 0{,}11(0{,}0016 + 68/240000)^{0{,}25} = 0{,}023$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої та нагнітаючої лінії.

Для всмоктуючої лінії:

1) Вхід у трубу (приймаємо з гострими краями): ξ_1=0,5;
2) Прямоточний вентиль для d = 0,121 ξ=0,498, помножуємо на поправочний коефіцієнт k=0,925 отримуємо ξ_2 =0,46;

3) Відводи: коефіцієнт А=1, коефіцієнт В=0,09, ξ_3=0,09;

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \quad (2.85)$$

$$\sum \xi = 0{,}5 + 0{,}46 + 0{,}09 = 1{,}05$$

Втраченій напір у всмоктуючій лінії знаходимо по формулі (1.2) [2, стор.9]:

$$h_{\text{п}} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_{\text{э}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \quad (2.86)$$

$$h_{\text{п.вс}} = \left(0{,}023 \cdot \frac{10}{0{,}121} + 1{,}05\right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}7 \text{ м}$$

Для нагнітаючої лінії:

1) Відводи під кутом 90 º : ξ_1 =0,09;
2) Нормальні вентилі: для d = 0,121 ξ_2=4,1
3) Вихід з труби: ξ_3=1.

Сума місцевих опорів в нагнітаючій лінії:

$$\sum \xi = 5 \cdot 0{,}09 + 4{,}1 + 1 = 5{,}55$$

Втраченій напір у нагнітаючій лінії:

$$h_{\text{п.наг}} = \left(0{,}023 \cdot \frac{40}{0{,}121} + 5{,}55\right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9{,}81} = 2{,}6 \text{ м}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{\text{п}} = h_{\text{п.вс}} + h_{\text{п.наг}} \quad (2.87)$$

$$h_{\text{п}} = 0{,}7 + 2{,}6 = 3{,}4 \text{ м}$$

в) Вибір насосу.

Знаходимо напір насосу по формулі (1.33) [2, стор.12]:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H\text{г} + h_{\text{п}} \quad (2.88)$$

де p_1 – тиск у ємкості, з якої перекачується рідина; p_2 - тиск у апараті , у який перекачується рідина; Hг – геометрична висота підйому рідини; ρ – густина рідини при 20 º.

$$H = \frac{0{,}1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9{,}81} + 13 + 3{,}4 = 26{,}6 \text{ м вод. стовба}$$

Даний напір забезпечується при заданій потужності забезпечується відцентровими насосами. Враховуючи, що відцентрові насоси широкого розповсюджені у промисловості за рахунок достатньо високого к.к.д., компактності і зручності комбінування з електродвигунами, вибираємо для подальшого розгляду саме ці насоси.

Корисну потужність насосу знаходимо по формулі (1.32) [2, стор. 12]:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \tag{2.89}$$

де Q – витрата рідини; H – напір насосу (у метрах водяного стовпа перекачуємої рідини)

$$N_{\text{п}} = 998 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}023 \cdot 26{,}6 = 5989 \text{ Вт} \approx 6 \text{ кВт}$$

По таблиці 1.2 [2, стор.13] встановлюємо, що заданий заданим подачі та напору більше всього відповідає відцентровий насос марки Х90/33, для якого в оптимальних умовах роботи Q = 2,55 · 10^{-2} $м^3/с$, Н = 29,2 м, $\eta_Н$ = 0,7. Насос забезпечений електродвигуном АО2-71-2 номінальною потужністю $N_Н$ = 22 кВт, $\eta_{дв}$ =0,9. Частота обертання валу 48,3 $с^{-1}$.

г) Визначення граничної висоти всмоктування.

По формулі (1.37) [2, стор.12] розраховуємо запас напору на кавітацію:

$$h_з = 0{,}3 \cdot (Q \cdot n^2)^{2/3} \tag{2.90}$$

$$h_з = 0{,}3 \cdot (0{,}023 \cdot 48{,}3^2)^{2/3} = 4{,}26 \text{ м}$$

По таблицям тисків насиченого водяного пара знаходимо, що при 20 ºС p_t = 2,35 ·10^3 Па. Приймаємо, що атмосферний тиск рівний p_1 = 10^5 Па, а діаметр всмоктуючого патрубка рівний діаметр трубопроводу. Тоді по формулі (1.36) [2, стор.12] знаходимо:

$$H_{\text{вс}} \leq \frac{p_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{p_t}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_{\text{вс}}^2}{2 \cdot g} + h_{\text{п.вс}} + h_з\right) \tag{2.91}$$

$$\frac{10^5}{998 \cdot 9{,}81} - \left(\frac{2{,}35 \cdot 10^3}{998 \cdot 9{,}81} + \frac{2^2}{2 \cdot 9{,}81} + 0{,}7 + 4{,}26\right) = 4{,}8$$

Таким чином, розміщення насоса на висоті 4м над рівнем води у ємкості є можливим.

Ємність для накопичення рідини з абсорбера

Розрахунок ємності для накопичення і подальшого перекачування рідини з абсорбера

Маємо витрату води $Q = 0{,}023$ м^3/с

Визначаємо об'ємну витрату води, що виходить через абсорбер за 1хв:

$$Q = 0{,}023 \cdot 60 = 1{,}38 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Задаємося часом наповнення ємності 30 хв. та знаходимо її об'єм:

$$V = 1{,}38 \cdot 30 = 41{,}4 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення ємності 0,9 необхідний об'єм:

$$V_{ємн} = V/0{,}9 = 41{,}4/0{,}9 = 46 \text{ м}^3.$$

Приймаємо ємність для відводу рідини з абсорберу об'ємом 50 м^3.

Приймаємо, що ємність горизонтальна циліндричної форми діаметром $D_{ємн} = 3$м з еліптичними днищами.

Тоді довжина ємності:

$$L = (V_{ємн} - 2\ V_{дн}) /(0{,}785 \cdot D_{ємн}^2) \qquad (2.99)$$

де $V_{дн} = 3{,}942$ м^3 – об'єм днища. [13]

$$L = (V_{ємн} - 2\ V_{дн}) /(0{,}785 \cdot D_{ємн}^2) = (50 - 2\ 3{,}942) /(0{,}785 \cdot 3^2) = 5{,}96 \text{ м}$$

Приймаємо довжину обичайки ємності 6 м.

3 ПРОЕКТНО КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір конструкційних матеріалів

Характеристика основних матеріалів.

За рекомендацією [1] для водяного розчину H_2SO_3 рекомендується корозійностійка сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632 – 72. Проникність П = 0,10 мм/рік. При роботі – точкова корозія.

Сталь 12Х18Н10Т – корозійностійка сталь аустенітного класу.

Модуль пружності першого роду $E = 1{,}98 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 1. Хімічний склад сталі, % (ГОСТ 5632-72).

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не більш						не більш		
0,12	0,8	2,0	17,0÷19,0	9,0÷11,0	0,9÷1,1	0,02	0,035	0,30

Механічні властивості при t = 30 ^oC.

Межа текучості $\sigma_i = 225 \div 315$ МПа.

Тимчасова межа міцності $\sigma_в = 550 \div 650$ МПа.

Відносне подовження $\delta_5 = 46 \div 74$ %.

Відносна зміна поперечного перерізу $\psi = 66 \div 80$ %.

Ударна в'язкість KCV = 215 ÷ 372 Дж /см^2.

Технологічні властивості.

Температура кування : початку – 1200 ^0C, кінця – 850 ^0C. Зварюваність – зварюється без обмежень. Способи зварювання : РДС, ЭШС, КТС із наступною термообробкою.

Фізичні властивості.

Модуль пружності $E = 1{,}98 \cdot 10^5$ МПа.

Густина $\rho = 7900$ кг/ м ^{3}.

Теплопровідність $\lambda = 15$ Вт / м·^{0}С.

Лінійне розширення $\alpha = 16{,}6 \cdot 10^{-6}$ 1/^{0}С.

Теплоємність Іс = 462 Дж/ кг·К.

Призначення.

Зварні посудини та апарати, які працюють у розведених розчинах азотної, фосфорної, оцтової кислот, розчинах лугів та солей. Деталі, які працюють під тиском при t = 196 ÷600 ^{0}С, а при наявності агресивних середовищ до t =350 ^{0}С.

Сталь Ст.3сп ГОСТ 380-71 – застосовується для виготовлення деталей і вузлів, які не стикаються із середовищем. Сталь по способу виплавлення спокійна. Вона характеризується гарним розширенням та гарним видаленням сірки й фосфору, що підвищує якісні показники металу. Сталь технологічна в обробці, добре обробляється різанням та тиском. Пластичні властивості сталі високі. Сталь добре зварюється всіма видами зварювання. Сталь нестійка в багатьох агресивних середовищах.

Таблиця 2. Хімічний склад сталі, в %.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V	Mo	Ti	S	P
0,14÷0,22	0,4÷0,66	0,12÷0,3	0,3	0,3	0,3	-	-	-	0,05	0,04

Механічні властивості при t = 30 ^{o}С.

Межа текучості $\sigma_i = 220$ МПа.

Тимчасова межа міцності $\sigma_в = 445$ МПа.

Відносне подовження $\delta_5 = 33$ %.

Відносна зміна поперечного перерізу $\psi = 59$ %.

Ударна в'язкість KCV = 154 Дж /см^2.

Призначення

Несучі елементи зварних та незварних конструкцій і деталей, які працюють при позитивних температурах. Фасонний і аркушевий прокат (5-й категорії) для несучих елементів зварених конструкцій, які працюють при змінних навантаженнях: при товщині прокату до 25 мм в інтервалі температур від -40 до +425°С; при товщині прокату понад 25 мм - від -20 до +425°С за умови поставки з гарантуємою зварюваністю.

3.2 Розрахунки на міцність та стійкість

Розрахунки будемо виконувати за джерелом [8].

Розрахунковий тиск.

Згідно з джерелом [2, стор. 9, табл. 1.2] розрахунковий тиск в апараті:

$$P_R = \max\left\{\begin{matrix} 1{,}5 \cdot P \cdot \dfrac{[\sigma]_{30}}{[\sigma]} \\ 0{,}2 \end{matrix}\right\} = \max\left\{\begin{matrix} 1{,}5 \cdot 0{,}08 \cdot \dfrac{184}{184} \\ 0{,}2 \end{matrix}\right\} = \max\left\{\begin{matrix} 0{,}12 \\ 0{,}2 \end{matrix}\right\} = 0{,}2 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

При технологічних розрахунках тиск абсолютний. При розрахунку товщини розрахунок ведеться на надлишковий тиск. Тому з абсолютного тиску віднімаємо 1 атмосферу. Та отримуємо надлишковий тик 0,8 атм або 0,08 МПа.

Допустимі напруження.

Допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т за [8, стор. 58, табл. 7] при розрахунковій температурі:

$[\sigma]_{30}$ = 184 МПа

Допустиме напруження для матеріалу апарату при гідравлічному випробуванні:

$$[\sigma]_г = \frac{R_{p1.0}^{30}}{n_T} \qquad (3.2)$$

де $R_{p1.0}^{30}$ = 240 МПа – напруження, при яких виникає 1% пластичної деформації матеріалу [8, стор. 67, табл. 16];

n_T = 1,1 – коефіцієнт запасу міцності для умови гідравлічного випробування.

Допустиме напруження для матеріалу апарату при гідравлічному випробуванні:

$$[\sigma]_г = \frac{240}{1{,}1} \approx 218 \text{ МПа}$$

Розрахунок товщини обичайки апарату

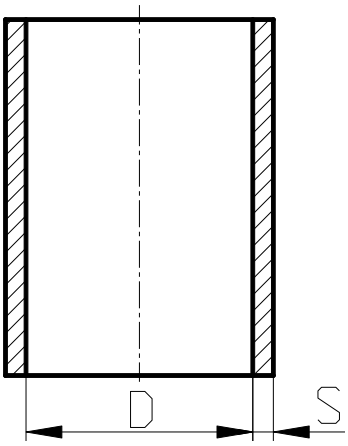

Рисунок 8. Розрахункова схема обичайки корпусу

Внутрішній діаметр обичайки D = 1200 мм.

Розрахунковий тиск в колоні P = 0,2 МПа.

Розрахункова температура t_P = 30 ^oC.

Матеріал апарата – сталь 12Х18Н10Т.

Товщина стінки обичайки, навантажена внутрішнім надлишковим тиском:

$$S \geq S_P + C, \tag{3.3}$$

де $S_P = \dfrac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p}$,

де C – додаток, мм;

P – внутрішній надлишковий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм;

[σ] – допустиме напруження для матеріалу обичайки, МПа;

φ_P – коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва обичайки.

Допустиме напруження:

$[\sigma]_{30}$ = 184 МПа – при розрахунковій температурі – tp = 30 ^{o}C;

$[\sigma]_{г}$ = 218 МПа – для умов гідравлічного випробування.

Коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва при напівавтоматичному й автоматичному зварюванні φ_P = 0,9.

Додаток:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \tag{3.4}$$

де C_1 – додаток для компенсації корозії, ерозії, мм;

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску товщини листа, мм;

C_3 – додаток для компенсації утончення листа при технологічних операціях: гнуттю, штампуванню, мм.

$$S_P = \frac{0{,}2 \cdot 1200}{2 \cdot 184 \cdot 0{,}9 - 0{,}2} = 0{,}73 \text{ мм}$$

Додаток:

$$C_1 = 0{,}5 \text{ мм}; \quad C_2 = 0{,}8 \text{ мм}; \quad C_3 = 0 \text{ мм}$$

Тоді $C = 0{,}5 + 0{,}8 + 0 = 1{,}3$ мм

$S \geq 0{,}73 + 1{,}3 = 2{,}03$ мм

За рекомендаціями [3, стор. 211] при діаметрі обичайки 1000 – 1800 мм для колонних апаратів приймається товщина стінки S = 10 мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_P \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \tag{3.5}$$

при робочих умовах:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0{,}9 \cdot (10 - 1{,}3)}{1200 + (10 - 1{,}3)} = 2{,}38 \text{ МПа}$$

при умовах гідравлічного випробування:

$$[P] = \frac{2 \cdot 218 \cdot 0{,}9 \cdot (10 - 1{,}3)}{1200 + (10 - 1{,}3)} = 2{,}82 \text{ МПа}$$

Розрахунок товщини кришки апарату

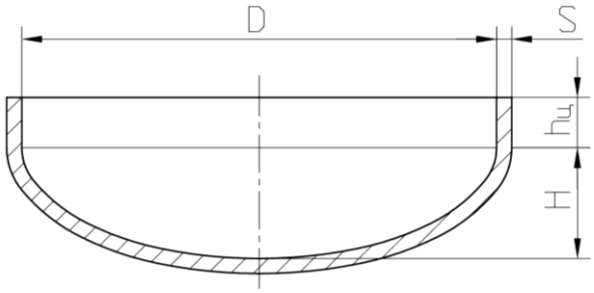

Рисунок 9. - Розрахункова схема еліптичного днища

Днище еліптичне днище має такі параметри:

Внутрішній діаметр днища D = 1200 мм.

Розрахунковий тиск в колоні P = 0,2 МПа.

Розрахункова температура t_P = 30 ^oC.

Матеріал апарата – сталь 12Х18Н10Т.

Товщина днища, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском:

$$S \geq S_P + C, \qquad (3.6)$$

де $S_P = \dfrac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0{,}5 \cdot p}$

де C – додаток, мм;

P – внутрішній надлишковий тиск, МПа;

R – радіус кривизни у вершині днища, мм;

[σ] – допустиме напруження для матеріалу днища, МПа;

φ_P – коефіцієнт міцності зварених швів днища.

Для стандартного еліптичного днища при H/D=0,25 R=D.

де C_1 – додаток для компенсації корозії, ерозії, мм;

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску товщини листа, мм;

C_3 – додаток для компенсації утончення листа при технологічних операціях: гнуттю, штампуванню, мм.

$$S_P = \frac{0,2 \cdot 1200}{2 \cdot 184 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,2} = 0,72 \text{ мм}$$

Додаток:

$$C_1 = 0,5 \text{ мм}; \quad C_2 = 1,0 \text{ мм}; \quad C_3 = 1,0 \text{ мм}$$

Тоді $C = 0,5 + 0,8 + 1,0 = 2,3$ мм

$$S \geq 0,72 + 2,3 = 3,02 \text{ мм}$$

З врахуванням необхідності забезпечення міцності й для забезпечення зварюваності з обичайкою приймаємо S = 10 мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + 0,5 \cdot (S - C)} \tag{3.7}$$

При робочих умовах:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9 \cdot (10 - 2,3)}{1200 + 0,5 \cdot (10 - 2,3)} = 2,11 \text{ МПа}$$

При умовах гідровипробування:

$$[P] = \frac{2 \cdot 218 \cdot 0,9 \cdot (10 - 2,3)}{1200 + 0,5 \cdot (10 - 2,3)} = 2,5 \text{ МПа}$$

Розрахунок опори

Для розрахунку опори розрахуємо максимальну вагу апарата.

Вага порожнього апарата:

$$G_п = g \cdot \left(m_{об} + 2 \cdot m_{дн} + 3 \cdot m_л + 14 \cdot m_{к.тар}\right) \cdot 1{,}05 \qquad (3.8)$$

де $g = 9{,}81$ м/с^2– прискорення вільного падіння;

$m_{об}$ – маса обичайки, кг;

$m_{дн} = 137$ кг – маса днища; [13]

$m_л = 74$ кг – маса люка;

$m_{к.тар} = 64$ кг – маса ковпачкової тарілки;

1,05 – коефіцієнт, який враховує масу неврахованих елементів.

$$G_п = 9{,}81 \cdot \left(0{,}785 \cdot 1{,}21 \cdot 0{,}01 \cdot 17{,}0 \cdot 7900 + 2 \cdot 137 + 3 \cdot 74 + 14 \cdot 64\right) \cdot 1{,}05 = 27480 \text{ Н}$$

Вага апарата в робочих умовах:

$$G_{р.у} = G_п + G_{ж.р} \qquad (3.9)$$

де $G_{ж.р}$ – вага рідини при роботі апарата, Н.

$$m_{ж.р} = V_{ж.р} \cdot \rho \qquad (3.10)$$

де $V_{ж.р} = 0{,}785 \cdot D_a^2 \cdot h_{куб} = 0{,}785 \cdot 1{,}2^2 \cdot 1{,}0 = 1{,}132$ м^3

$$m_{ж.р} = V_{ж.р} \cdot \rho = 1{,}132 \cdot 998 = 1130 \text{ кг}$$

$$G_{ж.р} = m_{ж.р} \cdot g = 1130 \cdot 9{,}81 = 11085 \text{ Н} \qquad (3.11)$$

$$G_{р.у} = 27480 + 11085 = 38565 \text{ Н}$$

Вага апарата при гідравлічних випробуваннях:

$$G_г = G_п + G_{ж.г} \qquad (3.12)$$

де $G_{ж.г}$ – вага рідини при гідровипробуванні апарата, Н.

$$G_{ж.г} = 29400 \cdot 9{,}81 = 288414 \text{ Н}$$

$$G_г = 27480 + 288414 = 315894 \text{ Н} \approx 0{,}32 \text{ МН}$$

Найбільша вага на опору виникає при гідровипробуванні, коли апарат повністю заповнений рідиною.

Апарат вертикального типу. Тому його встановлюємо на циліндричну опору.

Згідно з [2], стор. 286, табл. 14.9 вибираємо циліндричну опору типу 2.

Основні розміри опорної поверхні опори за табл. 14.10:

D = 1200 мм, D1 = 1480 мм, D2 = 1150 мм, $D_б$ = 1360 мм

Інші розміри по табл. 14.11:

S1 = 8 мм, S2 = 20 мм, S3 = 20 мм, d2 = 35 мм, $d_б$ – М30,

число болтів – 8.

Висота опори із креслення H = 1500 мм.

Позначення опори:

Опора 2 – 1200 – 63 – 32 – 1500 ОСТ 26 – 467 – 78

Перевірочний розрахунки опори.

Максимальне наведене навантаження на опору виникає умовах гідровипробування:

$$Q_{max} = G_г = 0{,}32 \text{ МН}$$

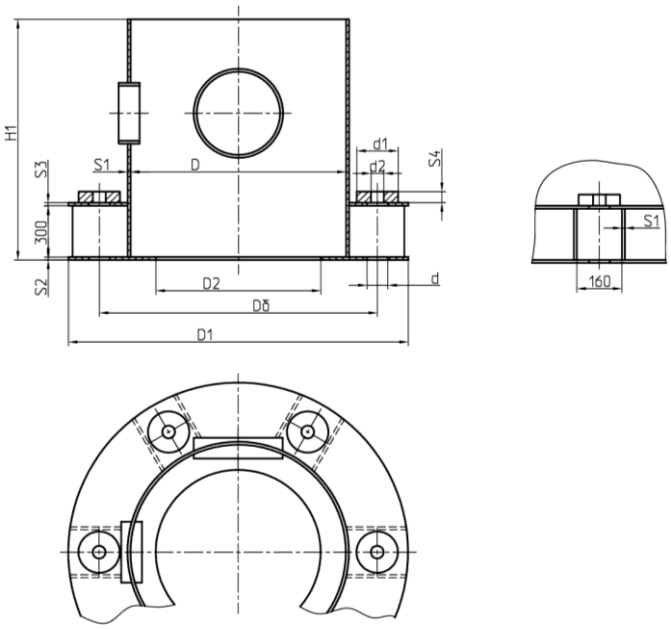

Рисунок 10. Опора циліндрична

Розрахункова температура в опорній обичайці:

$$t_{R1} = \max\{t_к - \Delta t;\ 20^0 C\ \} \qquad (3.8)$$

де Δt = 210 ^{0}C – перепад температури уздовж опорної обичайки по мал. 14.26.

$t_к$ = 30 ^{0}C – температура корпуса.

$$t_{R1} = \max\{30 - 210;\ 30^0 C\ \} = \max\{-190;\ 30^0 C\ \} = 30\ ^0 C$$

Міцність зварного шва опори з корпусом:

$$\sigma = \frac{1}{\pi \cdot D \cdot a_1} \cdot \left(\frac{4 \cdot M_y}{D} + P_и \right) \le \varphi_c \cdot \min\{[\sigma_0];\ [\sigma_к]\} \qquad (3.13)$$

де a_1 = 8 мм – розрахункова товщина зварного шва;

M_y – згинальний момент;

$P_и$ – максимальна стискаюча сила;

φ_c = 0,7 – коефіцієнт міцності звареного шва;

$[\sigma_0] = 154$ МПа – допустиме напруження для матеріалу опори;

$[\sigma_к] = 184$ МПа – допустиме напруження для матеріалу корпуса.

$$\sigma = \frac{1}{3{,}14 \cdot 1200 \cdot 8} \cdot (0 + 320000) \le 0{,}7 \cdot \min\{154;\ 184\}$$

$\sigma = 10{,}6$ МПа $\le 107{,}8$ МПа

Умова міцності зварного шва виконується.

Ширина нижнього опорного кільця:

$$b_1 = 0{,}5 \cdot (D_1 - D_2) = 0{,}5 \cdot (1480 - 1150) = 165 \text{ мм} \qquad (3.14)$$

Умова використання обраного кільця:

$$b_1 \ge b_{1R} = \frac{1}{\pi \cdot D_б \cdot [\sigma_{бет}]} \cdot \left(\frac{4 \cdot M_z}{D_б} + P_z \right) \qquad (3.15)$$

де $[\sigma_{бет}] = 8$ МПа – допустиме напруження стиснення для бетону марки 300.

$$b_1 \ge b_{1R} = \frac{1}{3{,}14 \cdot 1360 \cdot 8} \cdot (0 + 320000)$$

165 мм > 9,4 мм

Умова виконується.

Тоді напруження зминання в бетоні:

$$\sigma_{бет} = [\sigma_{бет}] \cdot \frac{b_{1R}}{b_1} = 8 \cdot \frac{9{,}4}{165} = 0{,}46 \text{ МПа} \qquad (3.16)$$

Товщина нижнього опорного кільця:

$$S_2 \geq \max\left\{\chi_1 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{бет}}{[\sigma]}} + C;\ 1{,}5 \cdot S_1\right\} \qquad (3.17)$$

де χ_1 – коефіцієнт по мал. 14.28.

По мал. 14.28 при $b_2 / b_7 = 73/304 = 0{,}24$ $\qquad \chi_1 = 0{,}95$

$$S_2 \geq \max\left\{0{,}95 \cdot 73 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0{,}46}{154}} + 2;\ 1{,}5 \cdot 8\right\} = \max\{8{,}6;\ 12{,}0\} = 12 \text{ мм}$$

Прийнята товщина S_2 = 20 мм.

Товщина верхнього кільця:

$$S_3 \geq \max\left\{\chi_2 \cdot \sqrt{\frac{F_б \cdot [\sigma_б]}{[\sigma]}} + C;\ 1{,}5 \cdot S_1\right\} \qquad (3.18)$$

де χ_2 – коефіцієнт по мал. 14.29.

При $b_6 / b_5 = 160/73 = 2{,}19$ та e_1/b_6 =36/160 = 0,225 $\qquad \chi_2 = 1{,}0$

$F_б$ – площа поперечного перерізу шпильки;

$[\sigma_б] = 160$ МПа – допустиме напруження для матеріалу шпильки.

$$S_3 \geq \max\left\{1{,}0 \cdot \sqrt{\frac{0{,}785 \cdot 30^2 \cdot 160}{154}} + 2;\ 1{,}5 \cdot 8\right\} = \max\{17{,}1;\ 12\} = 17{,}1 \text{ мм}$$

Прийнята товщина S_3 = 20 мм.

Приймаємо кількість шпильок $Z_б$ = 8.

Внутрішній діаметр різьби шпильки:

$$d_б \geq 2{,}3 \cdot \sqrt{\frac{0{,}44 \cdot P_x \cdot D_б}{Z_б \cdot [\sigma_б] \cdot D_б}} + C \qquad (3.19)$$

$$d_б \geq 2{,}3 \cdot \sqrt{\frac{0{,}44 \cdot 320000 \cdot 1360}{8 \cdot 160 \cdot 1360}} + 2 = 26{,}1 \text{ мм}$$

Приймаємо болти з різьбою М30.

4 БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування компонування основного та допоміжного обладнання

Вивчення технологічної схеми функціонального зв'язку приміщень дозволяє встановити раціональну послідовність розташування відділень і приміщень цеху, і ця схема є вихідною базою для проектування плану будівлі. Процес очищення газів та отримання кислоти на заводах протікає у промивному та сушильно-абсорбційному відділеннях. Основне обладнання цих відділень (електрофільтри, промивні та сушильно-абсорбційні вежі) встановлюють на позначці 7 - 8 м над рівнем підлоги.

Електрофільтри, промивні та сушильно-абсорбційні вежі мають вертикальний технологічний процес та обслуговуються з майданчиків на різних рівнях. Обладнання розміщують зазвичай на свіжому повітрі. Для зміцнення технологічного обладнання влаштовують залізобетонні постаменти (поверхівки). Сітка колон постаментів – 6х6м.

Устаткування можна встановлювати на окремі постаменти для незалежного осідання фундаментів. Простір під постаментами використовують для встановлення насосів, збірників кислоти, для підсобних приміщень, трансформаторних підстанцій, ремонтних майстерень, побутових приміщень. [15]

Підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості застосовують хімічну технологію та випускають продукцію наступних класів:

продукцію неорганічної хімії та гірничо-хімічну сировину;

- полімери, пластичні маси, хімічні волокна;
- лакофарбові матеріали;
- синтетичні барвники та органічні продукти;
- продукти органічного синтезу (нафтохімія, коксохімія, лісохімія);
- хімічні реактиви та особливо чисті речовини;
- медикаменти та хіміко-фармацевтичні вироби;
- гумотехнічні та азбестові вироби.

Технологічне обладнання – визначальний елемент забудови більшості хімічних та нафтохімічних підприємств. Його можна поділити на 5 груп :

- машинне обладнання (насоси, компресори, повітродувки, холодильні машини та ін.);
- апарати, в яких здійснюються хімічні процеси (реактори);
- апарати, в яких здійснюються масообмінні процеси - колони;
- ємності;
- теплообмінники.

Машинне обладнання розміщується, як правило, в опалювальних будинках, у той час як умови експлуатації колонного обладнання дозволяють встановлювати його на відкритих майданчиках, на етажерках, спеціальних постаментах, а особливо велике - на власних фундаментах; тільки в окремих випадках у суворих кліматичних умовах частина такого обладнання потребує укриття.

Винесення технологічного обладнання з опалювальних приміщень на відкриті майданчики, етажерки та під навіси - одна з найважливіших тенденцій у будівництві хімічних об'єктів.

Збільшення продуктивності апаратів істотно впливає на зниження питомої витрати території та капітальних витрат. Це дозволяє встановити насоси, компресори та ін машини порізно, відкрито, наблизивши їх до основного технологічного обладнання і відповідно зменшити протяжність комунікацій.

Аналіз процесів, номенклатури устаткування, що застосовується, а також принципів його комбінування показує, що в хімічній технології визначилася система структурних одиниць, кожна з яких - складова частина важлива і може функціонувати самостійно.

4.2 Проведення монтажних та ремонтних робіт основного технологічного обладнання

Перед монтажом апарати випробують пневматично при робочому тиску відповідно до вкацівок на кресленні і технічних вимогах на монтаж. Пропуски і перепуски із одной порожнини апарату в іншу не допускаються. Апарати піддають випробуванням на пробний тиск у слідуючих випадках: якщо який небудь апарат перед пуском в роботу знаходився у бездіяльності більше 1 року за виключенням випадків із складською консервацією при якій огляд судин перед пуском при зберіганні більш ніж 3 роки обов`язкове; якщо апарат отримав ушкодження при транспортуванні на місце встановлення; якщо монтаж апарату проводили з використанням сварки або пайки корпусних елементов, що працюють під тиском. Апарати випробують пробним тиском тільки пневматично. Після гідравлівчних випробувань апратуру ретельно просушують.

Монтаж апаратів, що поставляються на монтажний майданчик у зібраному вигляді складється із строповки, кантовки у вертикальне положення, установки в проектне положення вивірці і закріпленні на опорі. Вівірка апарату повинна забезпечити проектне положення по відношенню до осей фундаментна, проекктне положення штуцерів апарату у плані, необхідну висотну відмітку установки, вертикальність корпусу. [11]

Зміщення апарату у плані допускається на величину не більше 10 мм; розміщення апарату заміряють металевой рулеткой і коректирують здвигом апарату. Допускається відхилення від проектного направлення штуцерів у плані не більше 1˚. Розміщення штуцерів коректують поворотом апарату навколо осі на нерухомій опорі, для чего апарат підіймають, заздалегіть намітивши кут повороту. Після установки апарату на опору виконують контрольну перевірку його положення по висоті використовуючі для цього невелір.

Вертикальність корпусу вимірюють теодолітом-тахеометром або відвісом по зовнішній циліндричной поверхні корпусу . Виміри проводять у двух вертикальних площинах, що знаходяться під кутом 90˚ одной до іншої.

Підйом і установку у проектне положення колон з тонкостінними обичайками виконують дуже обережно недопускаючи зіткнення колон з посторонніми предметами для запобігання вмятин та деформацій тарілок.

Для строповки використовують спеціальні пристої “вуха”. Вони використовуються при стропуванні за кришку і кількість вух зазвичай дорвінює трьом.

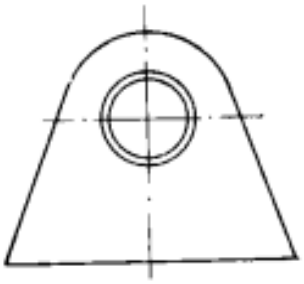

Рисунок 11. Пристрій для строповки “вухо”

Підйом методом ковзання потребує забезпечити горизонтальне переміщення опори апарату. При монтажі опора апарата може підвішуватись краном та ковзати практино на підвіскі.

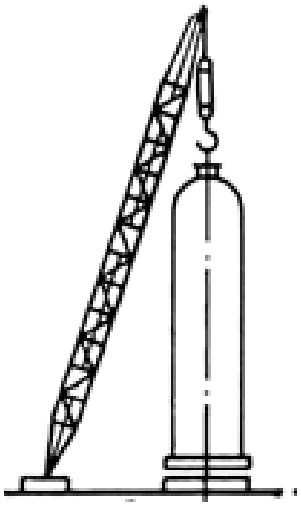

Рисунок 12. Монтаж апарату методом відриву опори апарату від землі

Цей спосіб більш простий та менш затратний при підготовкі. Також важливо відмітити, що вантажопідємність підйомних механізмів повинна бути дорівнювати або бути більшою за вагу апарата.

Ремонт.

Цільнозварні колони при ремонті не демонтуються. Демонтуються лише внутрішні пристрої колон. Після підготовчих операцій (пропарювання, промивання) відкриваються люки колони. Люки потрібно відкривати у строгій послідовності, починаючи з верхнього, коли колона знаходиться під парою, для запобігання струму повітря через колону при одночасному відкритті верхнього та нижнього люка.

Після пропарювання колона промивається водою та провітрюється. Провітрювання необхідно для охолодження колони та доведення концентрацій продуктів до допустимих значень. Після закінчення провітрювання потрібно провести аналіз проб повітря, взятих з колони на різних висотних відмтках. До робіт усередині колони дозволяється приступати лише тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів та парів не перевищує гранично допустимих санітарних норм.

Тарілки розбираються всередині колони, виносяться через люки на обслуговуючі майданчики та транспортуються для чищення та ремонту. Спуск секцій тарілок провадиться за допомогою крана - укосини. Кран - укосина через систему напрямних роликів і блоків з'єднується з лебідкою, встановленої землі на необхідної 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. [13]

Виявлення дефектів корпусу, що вимагає високої кваліфікації, включає візуальний огляд для визначення загального стану корпусу та ділянок, схильних до найбільшого зносу; вимірювання залишкової товщини корпусу за допомогою ультразвукових дефектоскопів, шляхом мікрометрування та контрольного просвердлювання отворів; перевірку на щільність зварних швів та роз'ємних з'єднань тощо.

За характером виявленого дефекту встановлюють зміст та спосіб монтажу корпусу. Нещільні зварні шви вирубують, зачищають та заварюють

відповідним електродом. Дуже важливе правильне перекривання нового та старого швів.

Зношені штуцера і люки вирізують і замінюють новими з обов'язковою установкою кілець, що зміцнюють. Бажано, щоб зміцнюючі кільця нових штуцерів мали трохи більший діаметр, ніж старі: це дозволяє приварювати їх у новому місці. Ремонту піддають всі штуцери, сигнальні отвори на кільцях, що зміцнюють яких під час експлуатації були заглушені пробками.

При кожному ремонті вимірюють фактичну товщину стінки корпусу корпусного колонного апарату. Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізують, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь звальцьовану по радіусу колони. Зварювання роблять встик. Вирізання великих ділянок корпусу може призвести до послаблення перерізу та порушення стійкості. Тому до вирізування дефектної ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються усередині або зовні.[11]

Проміжні обичайки легко замінюють в такий спосіб. Встановлюють підйомні щогли, що утримують верхню, неушкоджену частину колони, відокремлюють цю частину від ушкодженої ділянки газорізання і опускають на землю. Пошкоджену частину колони крокують і за допомогою тих же щогл опускають на землю. Заздалегідь підготовлену нову частину колони піднімають і стикують з нижньою частиною колони, потім піднімають її верхню частину. Після перевірки частин, що монтуються, заварюють обидва стикові шви.

5 АТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1 Опис контрольованих параметрів під час проведення технологічного процесу

Абсорбери як об'єкти управління є складними об'єктами, для них характерна наявність великих інерційностей із запізненням практично по всіх каналах регулювання. Яскраво виражений розподіл параметрів, що вимагає при автоматизації застосування розподіленого контролю температури по висоті абсорбера, а іноді й розподілених регулюючих впливів. Абсорбери мають властивість самовирівнювання, тобто. здатністю приходити до нового режиму, що встановився, після зняття обурення без втручання регулятора. Це багатоємнісні об'єкти, динаміка яких описується диференціальними рівняннями не нижче другого порядку.

Метою управління процесом абсорбції є:

- підтримка сталості заданої концентрації видобутого компонента у збідненому газі;

- дотримання матеріального та теплового балансу абсорбційної установки;

- одержання насиченого абсорбенту заданого складу.

У ряді випадків метою процесу абсорбції є отримання насиченого абсорбенту заданого складу.

Концентрацію здобутого компонента в збідненому газі можна визначити по різниці кількостей компонента, що приходить з сировиною і поглинається з неї абсорбентом в одиницю часу.

На процес абсорбції вирішальний вплив має рушійна сила, яка визначається відносним розташуванням робочої та рівноважної лінії процесу.

Рисунок 13. Структурна схема

Положення робочої лінії залежить від початкової та кінцевої концентрацій компонента в обох фазах, а положення рівноважної лінії - від температури і тиску в апараті. З цього випливає, що концентрація видобутого компонента в збідненій суміші залежить від його початковий концентрацій в газовій і рідкій фазах, витрати газової суміші, що надходить, від відносної витрати абсорбенту, а також від температури і тиску в адсорбері.[16]

5.2 Розроблення системи автоматизованого керування роботою обладнання

Зміна витрати газової суміші та початкових концентрацій видобутого компонента у фазах є вихідні величини попередніх технологічних апаратів, а, отже, являють собою основні обурення процесу абсорбції. Регулюючою дією є витрати свіжого абсорбенту (FRC), обіднього газу та насиченого абсорбенту.

Основними керуючими впливами, що підтримують кількість концентрації компонента (QR), що видобувається в збідненому газі, є зміна витрати свіжого абсорбенту (FR), що здійснюється регулятором витрати. Така схема забезпечує прийнятну якість регулювання тільки при рівномірній подачі вихідного продукту і постійних початкових концентраціях компоненту, що видобувається в газовій і рідкій фазах.

Температура в абсорбері залежить від температур теплоємностей і витрат газової та переважно рідкої фаз, а також від інтенсивності виділення тепла в процесі абсорбції та втрат тепла в навколишнє середовище. Більшість цих величин коливається у часі, що призводить до порушення теплового балансу та зміни температури в абсорбері. Підвищення температури уповільнює перебіг процесу. Щоб уникнути цього для інтенсифікації процесу абсорбент перед подачею на рис.8 його в абсорбер 1 охолоджують на холодильнику 2.

Охолодження абсорбенту можна підтримувати за температурою на виході з холодильника (TRC) , при цьому регулятор впливає на клапан, що змінює витрату хладогенту.

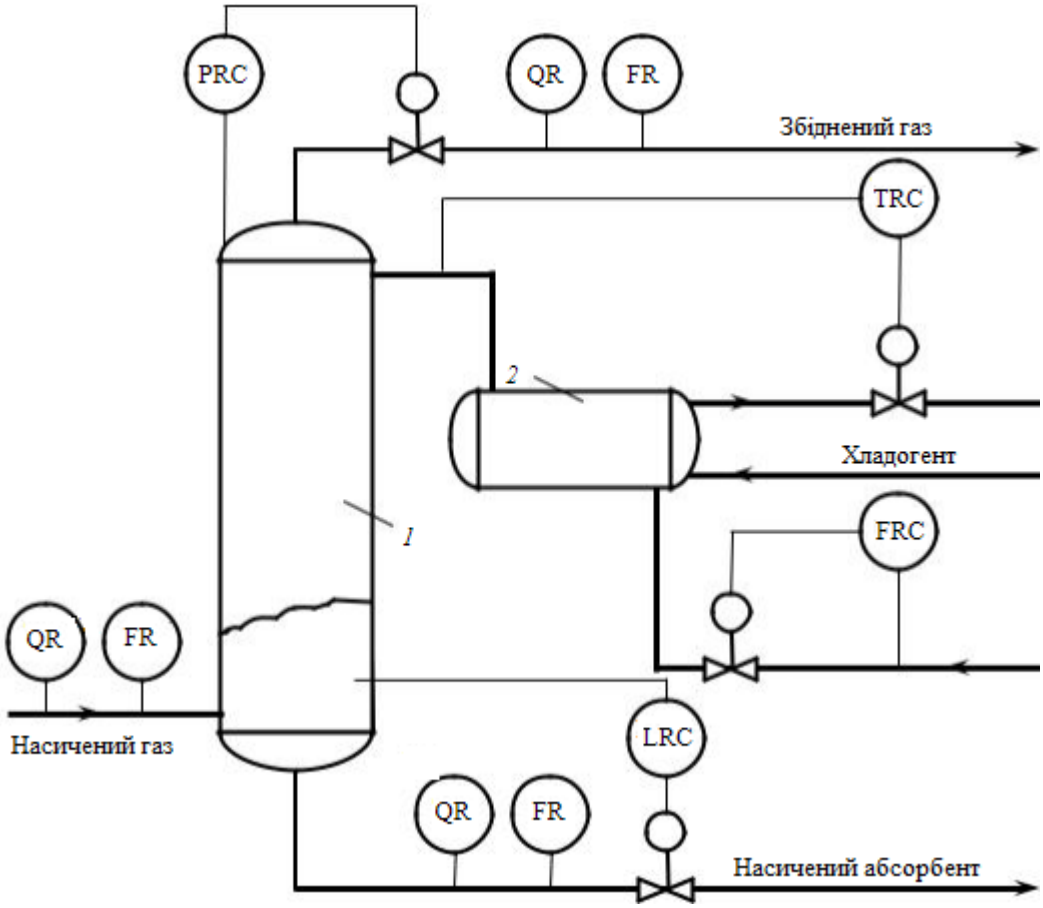

Рисунок 14. Схема стабілізації процесу абсорбції

Підвищення тиску в абсорбері сприяє вилученню цінних компонентів вихідної газової суміші. Підтримка заданого значення тиску (PRC) у верхній частині колони вимагає застосування регулятора тиску, що діє на клапан, встановлений на трубопроводі збідненого газу абсорбера.

Для запобігання проскакуванню газової суміші з абсорбера в лінію насиченого абсорбенту в кубі абсорбера, збирають деяку кількість рідини, рівень якої підтримується регулятором (LRC), керуючим клапаном, встановленим на лінії відведення насиченого абсорбенту в десорбери. Автоматизація цих процесів забезпечує дотримання матеріального балансу абсорбера.

При експлуатації установки контролю підлягають витрати та температури всіх матеріальних потоків, склади вихідної газової суміші та обіднього газу, рівень у кубі абсорбера, тиск та перепад тиску в ньому.[16]

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва

Абсорбер – це апарат колонного типу, а тому основна умова безпечної експлуатації колонних апаратів – забезпечення їхньої герметичності. Передумовами порушення їхньої герметичності можуть бути: збільшення тиску, недостатня компенсація, зростання лінійних розмірів, корозія корпусу, механічні пошкодження.

Тиск може підвищитися при перевантаженні колонних апаратів робочою сумішшю, порушенні температурного режиму процесу, забиванні отворів у розподільчих пристроях, потраплянні в колони води із сировиною.

У разі неприпустимого підвищення тиску колони обладнають системою захисного автоматичного блокування, зворотними клапанами лінії подачі сировини і реагентів, запобіжними пристроями, скидають надлишок парів на факел.

Механічні пошкодження можуть викликатись вібрацією, що порушує герметичність фланцевих з'єднань. У колонах передбачають компенсацію лінійних теплових розширень.

Процеси абсорбції широко застосовують у хімічній промисловості для очищення газів та парів рідинами. Основна небезпека експлуатації апаратів, призначених для цих процесів – вибух газів. Вибухонебезпечна концентрація може утворитися внаслідок порушення технологічного режиму та попадання повітря в систему, якщо відбудеться порушення герметичності або несправність гідрозатвору. Для запобігання цій небезпеці всі апарати забезпечуються системами автоматичного контролю та регулювання основних показників технологічного режиму: витрата газів, рівень води, тиск, температура тощо.

Велику небезпеку становить припинення подачі апарати для конденсації парів. Несподіване підвищення тиску може призвести до вибуху. Для захисту апарату від руйнування при вибуху незалежно від робочого тиску він має

розривну запобіжну мембрану. Крім того, передбачена система блокування витрати води на конденсацію з подачею в апарат суміші газів.

Абсорбер повинен відповідати вимогам безпеки протягом усього періоду експлуатації. При виникненні навантажень, що призводять до небезпечних для працюючих дозволів окремих деталей або складальних одиниць абсорбер повинен бути оснащений пристроями, що запобігають виникненню руйнівних навантажень, а деталі та складальні одиниць повинні бути огороджені або розташовані так, щоб їх частини не створювали травмонебезпечних ситуацій.

Конструкцією абсорбера та його окремих частин має бути виключена можливість їх падіння, перекидання та мимовільного зміщення за всіх передбачених умов експлуатації та монтажу.

Абсорбер повинен бути пожежо-, вибухобезпечним в умовах експлуатації. Повинно бути виключено накопичення зарядів статичної електрики в кількості, що становить небезпеку для працюючого, і можливість вибуху та пожежі.

Абсорбер не повинен бути джерелом шуму та вібрації. Конструкція абсорбера повинна бути такою, щоб концентрація шкідливих речовин у робочій зоні, а також їх викид у природне середовище в процесі експлуатації не перевищували допустимих значень.

Ущільнення абсорбера, призначені для робіт з пожежо- та вибухонебезпечними середовищами, повинні перешкоджати утворенню горючих та вибухонебезпечних сумішей у робочому та неробочому стані абсорбера.

6.2 Розрахунок потенційно небезпечного фактора

Захисне заземлення – це заземлення частин електроустановок з метою забезпечення електробезпеки. Захисне заземлення застосовують в електроустановках до 1 кВ змінного струму з ізольованою нейтраллю в трифазних трипровідних мережах із ізольованим виведенням однофазного струму, а також в електроустановках постійного струму з ізольованою середньою точкою при підвищених вимогах безпеки. ін). У таких електроустановках застосовують захисне заземлення у поєднанні з контролем ізоляції мережі та захисним відключенням. Живлення електроустановок за таких умов рекомендують виконувати короткими кабельними або повітряними лініями, для яких ємнісні струми незначні. [17]

У якості штучних заземлювачів застосовують сталеві кутки, що забиваються в землю вертикально, або сталеві некондиційні труби, товщина стінок не менше 3,5 мм і довжина 2,5 – 3 м. Їх забивають вертикально в землю на відстані 2,5 – 3 м один від одного друга та більше. Діаметр труби не має особливого впливу на величину опору розтіканню; найчастіше беруть труби із зовнішнім діаметром 6 см.

Здійснити розрахунок заземлювального пристрою для електроустановок напругою 380 В (насосне обладнання). Грунт - суглинок. Стрижні можна розмістити за контуром цеху, розміри прийняті 24х60 м. Глибина закладення стрижнів від поверхні землі Н = 0,5 м.

Рішення згідно ДСТУ 7237:2011 [17]:

Приймемо як заземлювачі стрижні довжиною l_c= 3 м із сталевих труб d = 50 мм. З'єднання заземлювачів зробимо на зварюванні сталевою смугою шириною b = 40 мм.

Удельное сопротивление грунта с учетом сезонных колебаний влажности для вертикальных стержней, Ом·м

$$\rho_{о.с.} = \psi_B \cdot \rho_o \ ,$$

де $\psi_В$ – коефіцієнт сезонності; ρ_0– питомий опір ґрунту; задаємося довжиною вертикальних електродів (стрижнів) з умови: для ручного забиття до 3 м, для віброзабивки - до 5 м;

$$\psi_B = 1{,}5$$

$$\rho_0 = 100\, Ом \cdot м$$

Опір розтіканню струму одиночного стрижня, Ом,

$$R_c = (\rho_{o.c.} / 2 \cdot \pi \cdot l_c) \cdot \{\ln(2 \cdot l_c / d) + 0{,}5 \ln[(4 \cdot t + l_c) / (4 \cdot t - l_c)]\} =$$

$$= (150 / 2 \cdot \pi \cdot 3) \cdot \{\ln(2 \cdot 3 / 0{,}05) + 0{,}5 \ln[(4 \cdot 2 + 3) / (4 \cdot 2 - 3)]\} =$$

$$= 7{,}96 \cdot (4{,}79 + 0{,}39) = 41{,}2$$

Відстань від поверхні землі до середини стрижня, м:

$$t = H + (1/2) \cdot l_c$$

$$t = 0{,}5 + 3/2 = 0{,}5 + 1{,}5 = 2\,м$$

де Н - відстань від поверхні землі до верху стрижня (глибина закладання стрижня), м.

Попередня кількість заземлювачів:

$$\eta_{пр}\eta_c = R_c / R_з = 41{,}2 / 4 = 10$$

де $R_З = 4$ Ом

Довжина сполучної смуги по довжині контуру цеху, м:

$$l_п = 2 \cdot 24 + 2 \cdot 60 = 168,$$

$$\alpha = 168 / 10 = 16{,}8;$$

$$\alpha / l_c = 16{,}8 / 3 = 5{,}6$$

Питомий опір ґрунту для сполучної смуги, Ом· м:

$$\rho_{с.п.} = \psi_Г \cdot \rho_0 = 3 \cdot 100 = 300$$

де $\psi_Г = 3$

Опір розтіканню струму сполучної смуги, Ом:

$$R_{П} = (\rho_{с.п.}/2 \cdot \pi \cdot l_n) \cdot \ln[(2 \cdot l_n^2)/(b \cdot H)] = (300/2 \cdot \pi \cdot 168) \cdot \ln[(2 \cdot 168^2)/(0{,}04 \cdot 0{,}5)]$$
$$= 0{,}28 \cdot 14{,}85 = 4{,}2$$

Відповідо до [6] η_c=0,76, η_n =0,56

Результуючий опір заземлювального пристрою, Ом:

$$R_{з.у.} = (R_c \cdot R_n) / [(R_c \cdot \eta_n) + (R_n \cdot n_{пр} \cdot \eta_c)] = (41{,}2 \cdot 4{,}2) / [(41{,}2 \cdot 0{,}56) + (4{,}2 \cdot 10 \cdot 0{,}76)] = 3{,}15$$

Оскільки $R_{з.у} < R_з$, умова дотримується

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Під час виконання дипломного проекту був ознайомлений з проблематикою забруднення навколишнього середовища та їх наслідків і дійшов висновку, що проекти що сприяють збереженню навколишнього середовища мають достатньо високе значення.

Була розроблена технологічна схема яка включає в себе апарати та лінії зв`язків, що разом забезпечують процес очищення димових викидів ТЕС .

Розробка самого апарату дало змогу зрозуміти суть та принцип процесу очищення топочних газів. Підібрані ковпачкові тарілки як найбільш розповсюджені насадки у таких процесах.

Виконані конструктивні розрахунки та розрахунки на міцність і стійкість.

Монтаж та ремонт включають в себе основні норми експлуатації апарата.

Автоматизація спрощує процес керування колони та виключає людський фактор .

Дотримання правил безпеки є основним при роботі з колони обладнанням.

Ефективність проекту забезпечує поєднання різних рішень об`єднаних разом і які мають загальну ціль у зменшені забруднення довкілля.

Основним недоліком можна назвати потреба у достатньо великій площі та об`ємах матеріалів, що потрібні при таком методі очищення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лащинский А.А., Толчинский А.Р., Л., "Машиностроение", 1970 г., 752 стр. Табл. 476. Илл. 418. Библ. 218 назв.

2. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ние, 1981. – 382 с., ил

3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с., ил.

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. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

5. А. Н. Плановский, П. И. Николаев Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии. Изд. 2-е, перераб. и доп, . – Москва, Химия,1972, 494 с.

6.Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфіка ційної роботи / укладачі: В. І. Склабінський, Я. Е. Михайловський, Р. О. Острога, М. С. Скиданенко. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 53 с.

7. А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М., "Химия", 1973., 752с.

8. ГОСТ 14249 – 89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

9. Марочник сталей и сплавов. / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В. Г. Сорокина, М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

10.Технологические методы защиты окружающей среды от выбросов вредных соединений в энергетике и химическом производстве: учебное пособие / А.В. Ефимов, М.А. Цейтлин, А.Л. Гончаренко, В.Я. Горбатенко, Т.А. Есипенко, В.Ф. Райко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017, – 217 с.

11. Фармазов С.А. Ремонт и монтаж оборудывания химических и нефтепереработывающих заводов: Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Химия. 1988. 304 с.

12. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов втузов / М.Ф. Михайлев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд – ние, 1984. – 301 с., ил.

13. Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов – Л.: Химия, 1981. 368 с.

14. Фарамазов С.А Охрана труда при эксплуатации и ремонте оборудования химических и нефтеперерабатывающих предприятий. – М.: Химия, 1985, 224 с.

15. Спорягін, Е.О. Навчальний посібник до вивчення курсу «Основи проектування хімічних виробництв»/ Е.О. Спорягін,– Д.: РВВ ДНУ, 2012.–с

16. Автоматиката і автоматизація технологічних процесів. Підручник / Д.Б. Головко, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник . – К.: Либідь, 1997. – 232 с.

17. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

18. ГОСТ 6533 – 78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.