

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет

Інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра

Хімічної інженерії та екології

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітнього ступеня

бакалавр

(бакалавр, магістр)

спеціальності

161 Хімічні технології та інженерія

(шифр і назва спеціальності)

на тему **Виробництво сульфатної кислоти потужністю 80 тис. т/рік з розробкою стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду**

Виконав: здобувач вищої освіти групи

ХТ-17з

Гричана І. В.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник **Золотарьова О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру **Суворін О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент **Суворін О. В.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Севєродонецьк – 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені Володимира Даля

Факультет _____ Інженерії _____

Кафедра _____ Хімічної інженерії та екології _____

Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)

Спеціальність _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

_____ О. В. Суворін

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гричаній Ірині Валеріївні

1. Тема проекту:

Виробництво сульфатної кислоти потужністю 80 тис. т/рік з розробкою стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

Керівник проекту _____ Золотарьова Олена В'ячеславівна, к.пед.н. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 54/15.25

2. Строк подання студентом проекту – 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: літературні, патентні та регламентні дані.

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

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Вибір допоміжного обладнання. 7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці. Висновки. Анотація. Список використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Технологічна схема виробництва (1 аркуш).
2. Креслення моногідратного абсорбера (1 аркуш).
3. Таблиця матеріального балансу (1 аркуш)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-9	Золотарьова О.В., доцент кафедри ХІЕ		
з нормоконтролю	Золотарьова О.В., доцент кафедри ХІЕ		

7. Дата видачі завдання – 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	27.03.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	27.03.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	03.04.2021	
4	Опис технологічної схеми	10.04.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	17.04.2021	
6	Вибір і розрахунок основного апарату	24.04.2021	
7	Вибір допоміжного обладнання	08.05.2021	
8	Контроль роботи, норми та правила обслуговування основного апарату	15.05.2021	
9	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	15.05.2021	
10	Охорона праці	22.05.2021	
11	Висновки. Анотація. Список використаної літератури	22.05.2021	

12	Креслення технологічної схеми	29.05.2021	
13	Креслення моногідратного абсорбера	29.05.2021	
14	Таблиця матеріального балансу	29.05.2021	

Здобувач вищої освіти _____

І. В. Горобець

Керівник проекту _____

О. В. Золотарьова

ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	8
<i>1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва</i>	11
<i>1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва</i>	11
<i>1.2 Фізико-хімічні основи процесу абсорбції сульфур (VI) оксиду</i>	14
<i>2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції</i>	17
<i>3 Опис технологічної схеми</i>	21
<i>4 Матеріальні і теплові баланси</i>	23
<i>4.1 Матеріальний баланс стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду</i>	23
<i>4.2 Тепловий баланс стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду</i>	29
<i>5 Вибір і розрахунок основного апарату</i>	33
<i>5.1 Опис конструкції та принцип дії моногідратного абсорбера</i>	33
<i>5.2 Розрахунок моногідратного абсорбера</i>	33
<i>6 Вибір допоміжного обладнання</i>	37
<i>7 Контроль роботи, норми та правила обслуговування основного апарату</i>	38
<i>7.1 Автоматизація стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду</i>	38

7.2	<i>Порушення технологічного режиму стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду та способи їх усунення</i>	41
8	<i>Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища</i>	46
8.1	<i>Способи утилізації огарків</i>	46
8.2	<i>Утилізація селенового шламу</i>	51
8.3	<i>Очистка відхідних газів від SO₂ і туману сульфатної кислоти</i>	52
8.4	<i>Очистка стічних вод</i>	55
9	<i>Охорона праці</i>	57
9.1	<i>Шкідливі виробничі фактори на проєктованому виробництві</i>	58
9.2	<i>Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів</i>	61
9.2.1	<i>Вентиляція</i>	61
9.2.2	<i>Освітлення виробничих приміщень</i>	64
9.2.3	<i>Заходи електробезпеки</i>	68
9.3	<i>Заходи пожежної безпеки</i>	70
	<i>Висновки</i>	73
	<i>Анотація</i>	74
	<i>Список використаної літератури</i>	76

ВСТУП

Сульфатна кислота є одним з основних продуктів хімічної індустрії, вона в великих кількостях споживається багатьма галузями, в тому числі й самою хімічною. В цьому смислі дійсно відповідає загальноприйнятій назві «сульфатна кислота – хліб хімічної промисловості».

Значна кількість сульфатної кислоти використовується нафтопереробною промисловістю для очищення бензину, гасу та інших нафтових мастил від домішок, які при зберіганні нафтопродуктів обсмолюються та забруднюють їх; в виробництві мінеральних добрив (суперфосфату, амоній сульфату, при екстракції фосфатної кислоти); в виробництві солей та кислот (магній, ферум (II), калій, алюміній, хром, манган сульфатів); в органічному синтезі при виробництві вибухових речовин, спиртів, етерів, хімічних волокон, барвників; в харчовій промисловості для очищення патоки та глюкози; в виробництві цинку, магнію, міді, кобальту, нікелю, золота та інших металів.

Сульфатна кислота відома дуже давно. Перші згадки про неї є в працях персидського алхіміка Абу-Бекр Альрассес, що відносяться до 940 року. Спочатку цю кислоту отримували методом сухої перегонки залізного купоросу, тому вона й мала назву «купоросне масло». В XV столітті сульфатну кислоту стали одержувати спалюванням залізного купоросу з селітрою в судинах великого об'єму. Потім газ, що отримували в результаті реакції, поглинали водою.

Перший завод з виробництва сульфатної кислоти був побудований в Англії в 1740 році. Цей завод мав невеликий обсяг виробництва та працював з нітрозним способом. Сірку спалювали з селітрою в металевих судинах. Відхідний газ абсорбували водою в скляних ретортах. Пізніше цю суміш стали спалювати в залізних свинцевих камерах. Згодом спосіб отримав

розповсюдження в інших країнах під назвою «камерного», а кислоту стали називати «камерною». Утворену суміш газів декілька раз повертали на поглинання, в результаті підвищувалася концентрація одержуваної кислоти. В подальшому суміш газів змішували з водяною парою й отримували ще більш концентровану кислоту.

Подальше удосконалення процесу проходило по лінії роздільного одержання сульфур (IV) оксиду та нітроген оксидів, а потім в спеціальних камерах їх змішували. Суміш газів абсорбували водою. Такий спосіб дозволив виробляти велику кількість кислоти. Крім того, з'явилася можливість використовувати інші сульфурвмісні види сировини – сірчаний колчедан і сульфіди інших металів.

В подальшому нововведенням було впровадження в схему поглинання високих башт. Це дозволило за інших однакових умов на одній і тій же площі отримувати незрівнянно більшу кількість кислоти. Тому камерний спосіб згодом отримав назву «баштовий». Вперше в баштовому процесі був використаний залізний колчедан в якості промислової сировини.

В 1831 році з'явився інший спосіб – контактний. Він був запропонований інженером П. Філіпсом у Англії. В цьому випадку сульфур (IV) оксид при нагріванні пропускався крізь платинову сітку, де він легко окислювався до сульфур (VI) оксиду, котрий потім поглинався водою. Така кислота отримала назву «контактною».

Наступні дослідження процесу привели до відкриття інших каталізаторів, а саме були випробувані такі каталізатори, як ферум і хром оксиди, а також кераміка, глина та ін. Однак всі ці речовини мали невелику каталітичну активність. Із усіх перелічених каталізаторів найбільшу активність мала платина. Але застосування платинового каталізатора обмежувалося двома причинами:

великою вартістю та його швидким отруєнням оксидами металів, гідроген сульфуром та паром води, котрі присутні в газах.

На початку 1900 року німецький хімік Р. Книтч встановив причини отруєння платиного каталізатора та запропонував способи очищення газу сульфур (VI) оксиду від сторонніх домішок.

Згодом в ряді країн з'явилося декілька схем виробництва контактної сульфатної кислоти. З усіх запропонованих схем найбільш раціональною була Петербурзька, що отримала назву тентелевська.

У сучасних умовах схема контактного виробництва сульфатної кислоти є провідною. Вона дозволяє отримувати моногідрат і олеум високих концентрацій та чистоти. Баштова кислота використовується тільки в випадку, коли її чистота не регламентується. Частіше вона використовується на місці виробництва, головним чином, для одержання добрив.

Тенденція збільшення виробництва контактної кислоти щорічно підвищується в зв'язку зі збільшенням попиту основними споживачами. Задоволенню цих потреб сприяє збільшення об'єму виробництва кислоти, поліпшення її якості, а також пошук дешевої сульфурвмісної сировини [1].

Метою дипломного проекту є проектування виробництва сульфатної кислоти потужністю 80 тис. т/рік з розробкою стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду.

1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва

Першою стадією виробництва сульфатної кислоти за будь-яким способом є одержання сульфур (IV) оксиду (сірчастого газу) шляхом спалювання сульфурвмісної сировини:



Після очистки сульфур (IV) оксид окислюється в сульфур (VI) оксид. Переробка сульфур (IV) оксиду в сульфатну кислоту здійснюється двома способами: нітрозним і контактним.

Нітрозний метод одержання сульфатної кислоти полягає в тому, що сульфур (IV) оксид за допомогою нітроген оксидів (NO_2 і N_2O_3) в присутності води окислюється до сульфатної кислоти. Цей процес схематично можна представити рівнянням



Нітроген оксиди при окислюванні відновлюються до NO , який знову окислюється до NO_2 і N_2O_3 киснем, що присутній в зоні реакції. Таким чином, в процесі окислювання SO_2 оксиди відіграють роль носіїв кисню.

Істотним недоліком нітрозного способу є неповне повернення нітроген оксидів назад в процес: частина їх втрачається з газами, що викидаються в атмосферу. Ці втрати поповнюються введенням в сульфатнокислотну установку нітратної кислоти, яка розкладається, утворюючи нітроген оксиди. Витрата нітратної кислоти на 1 т одержуваної сульфатної кислоти становить 10-15 кг (100%-вої HNO_3). Але викидання нітроген оксидів в атмосферу призводить до того, що умови праці та життя робітників на

території заводу та в прилеглий до нього місцевості стають в санітарно-гігієнічному відношенні неприпустимими. Саме тому будівництво нових баштових систем зараз припинено до тих пір, поки не буде можливе більш повне уловлювання нітроген оксидів та повернення їх знову в технологічний процес [2].

Контактний спосіб має в порівнянні з нітрозним способом ряд переваг. Сутність контактного способу одержання сульфатної кислоти полягає в тому, що сульфур (IV) оксид порівняно легко приєднує кисень в присутності каталізаторів. Тому сульфур (IV) оксид з домішкою кисню повітря продувають через шар каталізатора, що знаходиться в контактному апараті, в якому підтримується необхідна температура (450-480°C). При контакті з поверхнею каталізатора сульфур (IV) оксид і кисень, що містяться в газовій суміші, вступають в реакцію



Ця реакція протікає з виділенням тепла, достатнього для підтримування потрібної температури в контактному апараті, тобто немає необхідності витратити для цієї мети паливо (процес здійснюють автотермічно). Таким чином, при контактному способі одержання сульфатної кислоти досягають прискорення реакції окислювання сульфур (IV) оксид в сульфур (VI) оксид, поєднуючи застосування підвищеної температури та каталізатора.

Отриманий таким чином оксид в сульфур (VI) взаємодіє з водою, при цьому утворюється сульфатна кислота



На практиці в заводських умовах при контактному способі сульфур (VI) поглинається не водою, а концентрованою сульфатною кислотою, котра добре його розчиняє.

В якості каталізатора використовується ванадієва контактна маса.

Перевага контактного способу виробництва сульфатної кислоти в порівнянні з нітрозним полягає насамперед в тому, що він дає можливість отримувати сульфатну кислоту і олеум будь-якої концентрації.

З огляду на вищевикладене в дипломному проекті вибирається контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти [3].

Для виробництва сульфатної кислоти використовують сульфурвмісні речовини. Це можуть бути як природні матеріали, так і відходи інших виробництв, а також газуваті продукти випалювання сульфідів кольорових металів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Схема сировини для виробництва сульфатної кислоти

На сьогоднішній день в якості сировини переважно використовується залізний колчедан – поширена природна мінеральна сировина. Запаси самородної сірки в природі невеликі. Однак з погляду сучасних вимог щодо підвищення ефективності виробництва сульфатної кислоти та охорони довкілля самородна сірка – один із найкращих видів природної сировини. Внаслідок її спалювання добувають газ з великим вмістом SO_2 , який практично не потребує спеціального очищення. Проте найдешевшу сульфатну кислоту виробляють на заводах, що використовують відходи інших виробництв як сировину, – коксохімічних, нафтопереробних, кольорової металургії. Ефективність такої сировини очевидна ще й тому, що її використання дає змогу зменшувати викиди в атмосферу речовин, які згубно впливають на рослини, тварин і людей [4].

В даному дипломному проєкті в якості сировини вибирається залізний колчедан.

1.2 Фізико-хімічні основи процесу абсорбції сульфур (VI) оксиду

Газоподібний сульфур (VI) оксид найбільш повно абсорбується 98,3%-вою сульфатною кислотою, при меншій або більшій концентрації H_2SO_4 здатність її поглинати SO_3 погіршується. Над кислотою, що містить менше 98,3%мас. H_2SO_4 , в газовій фазі знаходяться пари води, над кислотою, що містить більше 98,3%мас. H_2SO_4 – сульфур (VI) оксид. Повнота абсорбції сульфур (VI) оксиду в значній мірі залежить і від температури сульфатної кислоти: чим нижче температура, тим вище ступінь абсорбції.

При обробці отриманої газової суміші, що містить сульфур (VI) оксид, кислотою концентрацією менше 98,3%мас. H_2SO_4 частина SO_3 поєднується з парами води, утворюючи туман сульфатної кислоти, який погано вловлюється в

звичайній абсорбційній апаратурі, та в основному уносятся відхідними газами в атмосферу. Чим нижче концентрація сульфатної кислоти і вище її температура, тим більше виділяється з неї парів води, утворюється більше туману та більше втрати SO_3 . При обробці контактного газу кислотою, концентрація якої більше 98,3%мас. H_2SO_4 , сульфур (VI) оксид поглинається не повністю, оскільки з цієї кислоти виділяється SO_3 . В цьому випадку відхідні гази також уносять в атмосферу частину SO_3 , який з вологою повітря утворює туман сульфатної кислоти.

Таким чином, в обох розглянутих випадках абсорбція сульфур (VI) оксиду погіршується і виділяється туман H_2SO_4 , причому характер його неоднаковий. При абсорбції SO_3 менш концентрованою кислотою (<98,3%мас. H_2SO_4) туман утворюється безпосередньо в абсорбері і видний біля самої кромки вихлопної труби. В потоці газу, що рухається від входу в абсорбер до виходу з нього, частки туману укрупнюються, і він стає білого кольору. При зрошенні абсорбера більш концентрованою сульфатною кислотою (> 98,3%мас. H_2SO_4) туман утворюється після змішування відхідних газів з вологою атмосферного повітря і стає помітним на деякій відстані від кромки труби. В момент утворення частки туману мають дуже малі розміри і колір туману, спочатку блакитний, який переходить в білий після укрупнення часток.

На рис. 1.2 показані залежності ступеня абсорбції сульфур (VI) оксиду в моногідратному абсорбері від концентрації і температури зрошувальної кислоти. Для кислоти концентрацією менше 98,3%мас. H_2SO_4 враховувалися втрати сульфур (VI) оксиду у вигляді туману сульфатної кислоти, що утворюється із парів води і SO_3 , і в вигляді H_2SO_4 (випаровування сульфатної кислоти). При більшій концентрації зрошувальної кислоти враховувались тільки втрати у вигляді SO_3 (неповнота абсорбції) і у вигляді парів H_2SO_4 (випаровування кислоти). З цього рисунка видно, що 98,3%-ва H_2SO_4 має більш високу абсорбційну здатність. Зі зниженням і підвищенням концентрації сульфатної

кислоти ступінь абсорбції кислоти зменшується тим більш різко, ніж вище температура кислоти.

На рис. 1.3 показана залежність ступеня абсорбції сульфур (VI) оксиду в олеумному абсорбері, що зрошується 20%-вим олеумом, від температури при різному вмісті SO_3 в газі. З цих даних видно, що з підвищенням температури ступінь абсорбції сульфур (VI) оксиду сильно зменшується і при певній температурі абсорбція повністю припиняється. Максимальний вміст SO_3 в одержуваному олеумі при заданому вмісті SO_3 в газі, що надходить на абсорбцію, залежить від температури абсорбції сульфур (VI) оксиду, оскільки вміст SO_3 визначається рівноважним тиском SO_3 над олеумом.

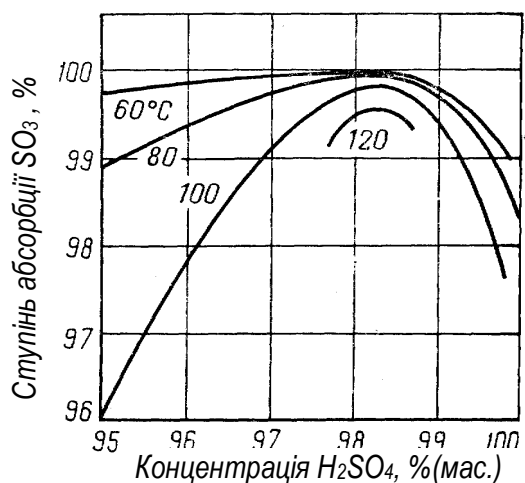


Рисунок 1.2 – Залежність ступеня абсорбції SO_3 в моногідратному абсорбері від концентрації кислоти при різних температурах

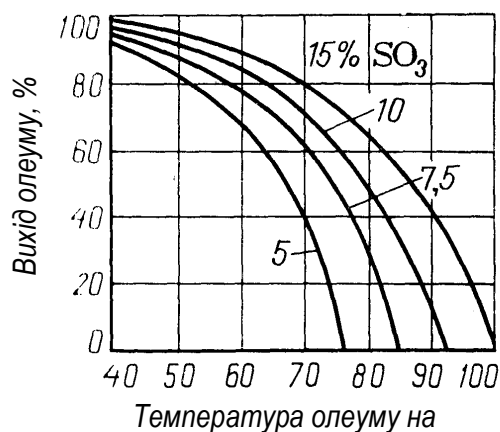
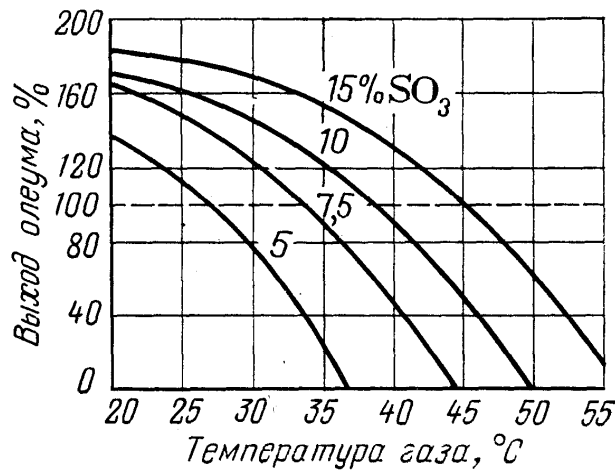


Рисунок 1.3 – Залежність ступеня абсорбції SO_3 в олеумному абсорбері від температури при різному вмісті SO_3 в газі

Кількість олеуму, що можна отримати в системі, залежить також від температури перед сушильною баштою, оскільки вона визначає вміст парів в газі, який надходить в сушильну башту, і, отже, кількість води, поглиненої в ній. На рис. 1.4 представлена залежність виходу олеуму від температури газу перед



сушильною баштою при різній концентрації в SO₃ газі [5].

Рисунок 1.4 – Залежність виходу олеуму від температури газу перед сушильною баштою при різній концентрації в SO₃ газі

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сірчаний колчедан представляє собою в основній своїй масі природну сполуку FeS₂, що знаходиться в вигляді піриту або марказиту. Вміст сульфур у сірчаному колчедані коливається в межах 30-50% мас., а феруму – 36-45% мас. В якості домішок в сірчаному колчедані зустрічаються сполуки міді, цинку, плюмбуму, арсену, нікелю, кобальту, селену, телуру, кварц, оксид алюмінію та ін. Сірчаний колчедан має жовтуватий або жовтувато-сірий колір, щільність його ~ 5 г/см³, насипна вага складає 2,2 – 2,4 т/м³.

Існують наступні сорти сірчаного колчедану: 1) рядовий колчедан, що видобувається в рудниках у вигляді кусків 50-400 мм; 2) флотаційний колчедан,

що отримують в якості відходу при флотаційному збагаченні руд; 3) піритний концентрат, що одержують при вторинній флотації колчедану з відділенням пустої породи; 4) вуглистий колчедан [6].

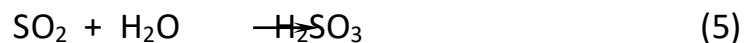
Для проектного виробництва сульфатної кислоти в якості сировини вибирається флотаційний колчедан марок КСФ-2 та КСФ-3 за ГОСТом 444-75 (табл. 2.1) [7].

Сульфур (IV) оксид (SO_2) – безбарвний газ із різким запахом, сильно подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Він в 2,26 разів легше повітря, при атмосферному тиску легко перетворюється в рідину, коли температура знижується до $-10,1^{\circ}C$, і замерзає при $-73^{\circ}C$. Відносна молекулярна маса – 64,063 г/моль. Сульфур (IV) оксид добре розчиняється в воді: в одному об'ємі води при $20^{\circ}C$ розчиняється 40 об'ємів. Реакція розчинення в воді екзотермічна, тому при цьому виділяється 34,4 кДж/моль тепла. Розчинність SO_2 в воді знижується з підвищенням температури [8].

Таблица 2.1 – ГОСТ 444-75. Колчедан серный флотационный. Технические условия

Найменування показника	Норми для марок				
	КСФ-0	КСФ-1	КСФ-2	КСФ-3	КСФ-4
1. Зовнішній вигляд	Сипкий порошок. Не допускаються сторонні включення (куски породи, руди, дерева)				
2. Вміст сульфідної сірки, %, не менше	50	48	45	42	38
3. Сумарний вміст свинцю і цинку, %, не більше	не нормується	1	1	1	1
4. Вміст миш'яку, %, не більше	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
5. Вміст фтору, %, не більше	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
6. Вміст вологи, %, не більше	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
7. Масова частка хлору, %, не більше	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

При розчиненні сульфур (IV) оксиду в воді утворюється сульфітна кислота:

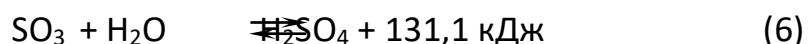


Сульфітна кислота – нестійка сполука і може існувати тільки в розчині. Розчинність сульфур (IV) оксиду в сульфатній кислоті менше, ніж у воді. З підвищенням концентрації сульфатної кислоти розчинність сульфур (IV) оксиду в ній зменшується, досягаючи мінімального значення, а потім знову збільшується.

Сульфур (VI) оксид (SO_3) – безбарвний газ, який на повітрі миттєво вступає в реакцію з парами води. При цьому утворюється туман сульфатної кислоти. Відносна молекулярна маса сульфур (VI) оксиду – 80,062 г/моль.

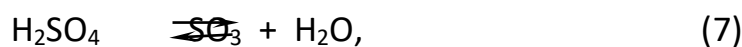
При температурі 44,75°C сульфур (VI) оксид існує в газоподібному стані. Зі зниженням температури перетворюється на безбарвну рідину. Також існує твердий сульфур (VI) оксид, причому він утворює три кристалічні модифікації (α , β , γ). Кожній модифікації відповідають наступні температури плавлення: 16,8; 31,5; 60,2 °C.

З водою газоподібний сульфур (VI) оксид реагує активно. При цьому утворюється сульфатна кислота й виділяється велика кількість тепла:



Безводна сульфатна кислота H_2SO_4 (моногідрат) – важка, оліїста рідина з густиною 1,8305 г/см³ (при 20°C), кипить при 279,6°C і тиску 760 мм рт. ст., кристалізується при 10,37°C, має молекулярну масу 98,078 г/моль. При

нагріванні вище 200°C безводна сульфатна кислота частково розкладається за схемою



утворюючи азеотропну суміш, яка містить 98,3%мас. H_2SO_4 і 1,7% мас. H_2O і має температуру кипіння 338,8°C. Сульфатна кислота змішується з водою в будь-яких співвідношеннях, утворюючи гідрати ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) з виділенням великої кількості тепла (937,84 кДж/кг H_2SO_4). З SO_3 сульфатна кислота утворює дві сполуки: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ і $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{SO}_3$. Розчин SO_3 в H_2SO_4 в межах 18-65%мас. називається олеумом [8].

Якість сульфатної кислоти повинна відповідати нормам ГОСТ 2184-77 (табл. 2.2) [9].

Таблиця 2.2 – ГОСТ 2184-77. Кислота серная техническая. Технические условия

Найменування показника	Норма						
	Контактна			Олеум		Баштова	Регено-рована
	поліпшена	технічна		поліпшений	технічний		
I сорт		II сорт					
1	2	3	4	5	6	7	8
Масова частка моногідрату (H_2SO_4), %	92,5-94,0	не менше 92,5		не нормується		не менше 75	не менше 91
Масова частка вільного сірчаного ангідриду (SO_3), %, не менше	—	—	—	24	19	—	—
Масова частка заліза (Fe), %, не більше	0,006	0,02	0,1	0,006	не нормується	0,05	0,2
Масова частка залишку після прожарювання, %, не більше	0,02	0,05	не нормується	0,02	0,02	0,3	0,4
Масова частка оксидів азоту (N_2O_3), %, не більше	0,00005	не нормується		0,0002	не нормується	0,05	0,01
Масова частка нітросполук, %, не більше	не нормується						0,2

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Масова частка миш'яку (As), %, не більше	0,00008	не нормується	0,00008	не нормується
Масова частка хлористих сполук (Cl), %, не більше	0,0001	не нормується		
Масова частка свинцю (Pb), %, не більше	0,001	не нормується	0,0001	не нормується
Прозорість	Прозора без розведення	не нормується		
Колір, см ³ розчину порівняння, не більше	1	6	не нормується	

В якості каталізатора для окиснення сульфур (IV) оксиду в сульфур (VI) оксид використовується ванадієва контактна маса – сульфованадат на діатоміті (СВД), який має наступний склад: $V_2O_5 \cdot 3K_2O \cdot 6SO_3 \cdot 35SiO_2$. Маса СВД має високу механічну міцність. Гранули СВД мають світло-коричневий колір, насипна щільність складає 570-600 г/л. Середній діаметр гранул контактної маси СВД 5 мм, довжина – 7-15 мм. Кільцеподібна контактна маса СВД має зовнішній діаметр 8-10 мм, внутрішній діаметр 2,5-3 мм, висоту 8-10 мм. Температура запалювання – 380-420 °С [3].

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

На сьогоднішній день у виробництві сульфатної кислоти контактним способом найбільш розповсюдженою є технологічна схема з використанням принципу подвійного контактування – подвійної абсорбції (ПК – ПА).

Подрібнений флотаційний колчедан рівномірно подається в завантажувальну камеру печі киплячого шару (поз. 1). Повітря, необхідне для випалу, подається в нижню частину печі. Воно приводить в стан кипіння суміш огарку та колчедану, що згорає. З печі утворений газ SO_2 поступає в котел-утилізатор (поз. 3), де охолоджується до 400-450°С. Усе надлишкове тепло тут використовується для утворення пари. Після котла-утилізатора газ очищається

від крупних часток пилу в циклонах (поз. 4), а потім від дрібного в електрофільтрах (поз. 5). Огарок з печі та пил з котла-утилізатора, циклона та електрофільтра видаляється системою транспорту. Очищення газу SO₂ від селену, арсену та інших домішок проводиться на стадії очистки, що складається з двох промивних башти (поз. 6 і 7), двох мокрих електрофільтрів (поз. 8 і 9) і сушильної башти (поз. 10).

Перша порожниста промивна башта (поз.6) працює у випарному режимі: циркулююча кислота охолоджує газ, при цьому тепло витрачається на випаровування води з кислоти, що поступає на зрошування. Концентрація зрошувальної кислоти в першій башті складає 35-45%мас. H₂SO₄ і підтримується на цьому рівні за рахунок передачі 5-10%-вої H₂SO₄ з другої промивної башти (поз.7). Кислота з другої башти (поз. 7) поступає в збірник кислоти (поз. 18) і після охолодження повертається на зрошування.

Після другої промивної башти газ проходить послідовно дві пари електрофільтрів (поз. 8 і 9), потім сушильну башту (поз. 10), зрошувану 93-94%-вою H₂SO₄ при 28-30°C. За рахунок поглинання пари води з газу зрошувальна кислота розбавляється й нагрівається, тому для зниження температури, її охолодження проводять в повітряному холодильнику (поз. 22). Для підтримування концентрації кислоти до неї додають кислоту з моногідратного абсорбера та знов подають на зрошування. Перед сушильною баштою (поз. 10) газ SO₂ розбавляють повітрям до вмісту в ньому 9%об. SO₂ відповідно до технологічного режиму роботи контактного апарату. Після сушильної башти газ SO₂ при 28-30°C проходить бризкоуловлювач (поз. 11) і нагрівається в трьох трубчастих теплообмінниках (поз. 13) і при температурі 440°C поступає на перший шар контактного апарату (поз. 14), де окислюється на 68-69%; його температура підвищується до 586°C. Пройшовши теплообмінник (поз. 13), газ поступає на другий шар каталізатора, де ступінь контактування досягає 87,5%, а температура газу зростає від 482 до 522°C. В теплообміннику (поз. 13) температура газу знижується до 450°C і він направляється на третій шар контактного апарату (поз. 14). Тут ступінь окиснення SO₂ в SO₃ досягає 94,9%, а температура підвищується до 466°C.

Пройшовши теплообмінники (поз. 13), газ при температурі 100°C поступає на абсорбцію першого ступеня: спочатку в олеумний абсорбер (поз. 21), потім в моногідратний (поз. 20). Після моногідратного абсорбера та фільтра-бризкоуловлювача газ підігрівається до 436°C в системі теплообмінників (поз. 13) і поступає на четвертий шар каталізатора, причому концентрація в ньому SO₂ складає 0,77-0,84%об. Тут ступінь окиснення SO₂ досягає 97,4%. В теплообміннику (поз. 13) температура газу знижується від 442 до 429°C. На п'ятому шарі ступінь окиснення газ SO₂ досягає 98%.

Після п'ятого шару контактного апарату газ при температурі 430°C, пройшовши теплообмінники (поз. 13), віддає своє тепло та поступає на абсорбцію другого ступеня в моногідратному абсорбері (поз. 17). Частина сульфатної кислоти передається в збірник кислоти (поз. 18). Непоглинений газ, що містить 0,02-0,03%об. SO₂, викидається в атмосферу через вихлопну трубу [5].

4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Матеріальний баланс стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

Вихідні данні [10]:

- продукція випускається у вигляді олеуму з концентрацією 20%мас. SO₃звільн.;
- склад 20%-вого олеуму, %мас.: SO₃ – 85,3% і H₂O – 14,7;
- олеумний абсорбер зрошується олеумом, що містить 20%мас. SO₃звільн., який за один цикл закріплюється на 1%мас.;
- в олеумний абсорбер поступає з газом 919 кг SO₃ на 1000 кг колчедану;
- з сульфатною кислотою зі стадії сушіння вноситься 119,3 кг H₂O на 1000 кг колчедану;
- моногідратний абсорбер зрошується 98%-вою H₂SO₄, яка за один цикл закріплюється на 0,5%мас.;

- в сушильну башту подається 94%-ва H_2SO_4 в кількості 22400 кг на 1000 кг колчедану; кислота, що виходить з башти, має концентрацію 93,5%мас.

Розрахунок виконується на 1000 кг колчедану.

Кількість води, що необхідно ввести в процес

$$\frac{919 \cdot 147}{853} = 158 \text{ кг.}$$

А з урахуванням води, що поступає зі стадії сушіння, кількість введеної води буде складати:

$$158 - 119,3 = 38,7 \text{ кг.}$$

Сульфатна кислота з концентрацією 98%мас., що поступає в моногідратний абсорбер, містить 80%мас. SO_3 і 20%мас. H_2O . Для перетворення 158 кг води у 98%мас. H_2SO_4 необхідно

$$\frac{158 \cdot 80}{20} = 632 \text{ кг } SO_3.$$

Ці 632 кг SO_3 у вигляді 98%-вої H_2SO_4 передаються у збірник олеуму.

Кількість SO_3 , що поглинається в абсорбері

$$919 - 632 = 287 \text{ кг} \quad \text{або} \quad \frac{287}{919} \cdot 100 = 31,2\% \text{ ії.}$$

Визначаємо кількість 20%-вого олеуму, що поступає на зрошування олеумного абсорбера. Знаючи, що олеум (21%мас. $\text{SO}_{3\text{вільн.}}$), який витікає із абсорбера містить 85,5%мас. SO_3 та 14,5%мас. H_2O , позначимо кількість 20%-вого олеуму, що поступає в абсорбер, через x , знаходимо

$$\frac{0,853x + 287}{x + 287} = 0,855 \quad \text{і} \quad x = 20800 \text{ кг} \quad \text{або} \quad 11,12 \text{ м}^3.$$

В цій кількості 20%-вого олеуму міститься:

$$\text{SO}_3 \quad 0,853 \cdot 20800 = 17740 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 0,147 \cdot 20800 = 3060 \text{ кг}.$$

Аналогічно визначається кількість 98%-вої H_2SO_4 , що подається на зрошування моногідратного абсорбера. 98,5%-ва сульфатна кислота, що витікає із моногідратного абсорбера, містить 80,4%мас. SO_3 та 19,6%мас. H_2O . Позначивши кількість 98%-вої H_2SO_4 через x , знаходимо

$$\frac{0,8x + 632}{x + 632} = 0,804 \quad \text{і} \quad x = 31000 \text{ кг} \quad \text{або} \quad 17,3 \text{ м}^3.$$

В цій кількості 98%-вої H_2SO_4 міститься:

$$\text{SO}_3 \quad 31000 \cdot 0,8 = 24800 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 31000 \cdot 0,2 = 6200 \text{ кг}.$$

В 98,5%-вій H_2SO_4 , що витікає з моногідратного абсорбера, міститься:

$$\text{SO}_3 \quad 24800 + 632 = 25432 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 6200 \text{ кг.}$$

Для складання зведеного матеріального балансу стадії абсорбції необхідно врахувати вміст SO_3 і H_2O в сушильній кислоті. 94%-ва H_2SO_4 , що подається на сушильні башти, містить 76,73%мас. SO_3 та 23,27%мас. H_2O . Кількість цієї кислоти – 22400 кг, в ній міститься:

$$\text{SO}_3 \quad 22400 \cdot 0,7673 = 17170 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 22400 \cdot 0,2327 = 5230 \text{ кг.}$$

В 93,5%-вій H_2SO_4 , що виходить із сушильної башти, міститься:

$$\text{SO}_3 \quad 17170 \text{ кг};$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 5230 + 119,3 = 5349,3 \text{ кг.}$$

Складаємо матеріальний баланс збірників кислоти моногідратного абсорбера і сушильної башти.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс збірників кислоти моногідратного абсорбера та сушильної башти

Прихід	кг	Витрата	кг
93%-ва H_2SO_4 із сушильної башти		94%-ва H_2SO_4 в сушильну башту	
SO_3	17170	SO_3	17170
H_2O	5349,3	H_2O	5230
Всього	22519,3	Всього	22400
98,5%-ва H_2SO_4 із моногідратного абсорбера		98%-ва H_2SO_4 в моногідратний абсорбер	
SO_3	25432	SO_3	24800

H ₂ O	6200	H ₂ O	6200
Всього	31632	Всього	31000
Вода	38,7	98%-ва H ₂ SO ₄ в збірник	
		олеумного абсорбера	
		SO ₃	632
		H ₂ O	158
		Всього	790
Разом	54190	Разом	54190
в тому числі		в тому числі	
SO ₃	42602	SO ₃	42602
H ₂ O	11588	H ₂ O	11588

Складаємо матеріальний баланс збірника олеумного абсорбера.

Таблиця 4.2 – Матеріальний баланс збірника олеумного абсорбера

Прихід	кг	Витрата	кг
21%-вий олеум із олеумного абсорбера		20%-вий олеум в олеумний абсорбер	
SO ₃	18027	SO ₃	17740
H ₂ O	3060	H ₂ O	3060
Всього	21087	Всього	20800
98%-ва H ₂ SO ₄ із моногідратного збірника		Продукція у вигляді 20%-вого олеуму	
SO ₃	632	SO ₃	919
H ₂ O	158	H ₂ O	158
Всього	790	Всього	1077
Разом	21877	Разом	21877
в тому числі		в тому числі	
SO ₃	18659	SO ₃	18659
H ₂ O	3218	H ₂ O	3218

На рис. 4.1 зображена схема матеріальних потоків стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду.



Рисунок 4.1 – Схема матеріальних потоків
стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

Годинні матеріальні баланси олеумного та моногідратного абсорберів представлені нижче.

Таблиця 4.3 – Годинний матеріальний баланс олеумного абсорбера

Прихід	кг/годину	Витрата	кг/годину
SO ₃ в газі	10350	SO ₃ в газі	7120
Олеум (20%-вий SO ₃ вільн.)	262000	Олеум (21%-вий SO ₃ вільн.)	262230
в тому числі		в тому числі	
SO ₃	223800	SO ₃	227030
H ₂ O	38200	H ₂ O	38200
Разом	272350	Разом	272350

Таблиця 4.4 – Годинний матеріальний баланс моногідратного абсорбера

Прихід	кг/годину	Витрата	кг/годину
SO ₃ в газі	7120	98,5%-на H ₂ SO ₄	355995
98%-ва H ₂ SO ₄	348875		
Разом	355995	Разом	355995

Годинна потужність виробництва складає

$$\frac{8000 \cdot 1000}{329 \cdot 24} = 10132 \text{ т/рік},$$

де 80000 – задана потужність виробництва, т/рік;

329 – ефективний фонд роботи виробництва, доба.

Коефіцієнт перерахунку кількісних величин матеріального балансу, складеного на 1000 кг колчедану, на годинну потужність дорівнює

$$\hat{E} = \frac{10132}{1077} = 9,4,$$

де 1077 – кількість отриманої продукції в вигляді 20%-вого олеуму, кг

Отримане значення коефіцієнту перерахунку перемножуємо на розрахункові дані матеріального балансу, складеного на 1000 кг колчедану, та заносимо їх в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Матеріальний баланс стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду на годинну потужність

Прихід			Витрата		
Статті	кг/годину	%мас.	Статті	кг/годину	%мас.
Збірники кислоти моногідратного абсорбера і сушильної башти					
93%-ва H ₂ SO ₄ із сушильної башти			94%-ва H ₂ SO ₄ в сушильну башту		
SO ₃	161398	76	SO ₃	161398	77
H ₂ O	50283,4	24	H ₂ O	49162	23
Разом	211681,4	100	Разом:	210560	100
98,5%-ва H ₂ SO ₄ із моногідратного абсорбера			98%-ва H ₂ SO ₄ в моногідратний абсорбер		
SO ₃	239061	80	SO ₃	233120	80
H ₂ O	58280	20	H ₂ O	58280	20
Разом	297341	100	Разом:	291400	100
Вода	363,78	100	98%-ва H ₂ SO ₄ в збірник олеумного абсорбера		
			SO ₃	5941	80
			H ₂ O	1485	20
			Разом:	7426	100
РАЗОМ:	509386		РАЗОМ:	509386	
Збірник олеумного абсорбера					

21%-вий олеум із олеумного абсорбера			20%-вий олеум в олеумний абсорбер		
SO ₃	169454	85	SO ₃	166756	85
H ₂ O	28764	15	H ₂ O	28764	15
Разом:	198217,8	100	Разом:	195520	100
98%-ва H ₂ SO ₄ із моногідратного збірника			Продукція у вигляді 20%-вого олеуму		
SO ₃	5941	80	SO ₃	8639	85
H ₂ O	1485	20	H ₂ O	1485	15
Разом:	7426	100	Разом:	10124	100
РАЗОМ:	205644		РАЗОМ:	205644	
Олеумний абсорбер					
20%-вий олеум зі збірника олеумного абсорбера			21%-вий олеум в збірник олеумного абсорбера		
SO ₃	166756	85	SO ₃	169454	85
H ₂ O	28764	15	H ₂ O	28764	15
Разом:	195520	100			
SO ₃ в газі	2697,8	100			
РАЗОМ:	198218		РАЗОМ:	198218	
Моногідратний абсорбер					
98%-ва H ₂ SO ₄ із збірника моногідратного абсорбера			98,5%-ва H ₂ SO ₄ в збірник моногідратного абсорбера		
SO ₃	233120	80	SO ₃	239061	80
H ₂ O	58280	20	H ₂ O	58280	20
Разом:	291400	100			
SO ₃ в газі	5941				
РАЗОМ:	297341		РАЗОМ:	297341	

4.2 Тепловий баланс стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

Вихідні дані [10]:

- температура газу на вході в олеумний абсорбер – 80°C, на виході – 50°C;
- температура газу на вході в моногідратний абсорбер і на виході з нього – 50°C;
- температура кислот, що зрошують абсорбери – 40°C;
- газ, що входить в олеумний абсорбер, містить 7% об. SO₃.

Визначаємо годинну продуктивність газу, що надходить на стадію абсорбції

$$\frac{2697,8 \cdot 22,4}{80 \cdot 0,07} = 10791 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Прихід теплоти в олеумний абсорбер

Теплота, що вноситься газом

$$10791 \cdot 1,42 \cdot 80 = 1225880 \text{ кДж/годину},$$

де 1,42 – теплоємність газової суміші, кДж/(м³ · °С).

Теплота, що вноситься олеумом:

$$262000 \cdot 1,38 \cdot 40 = 10792704 \text{ кДж/годину},$$

де 1,38 – теплоємність 20%-вого олеуму, кДж/(кг · °С).

Виділення теплоти за рахунок абсорбції SO₃ олеумом. В олеумному абсорбері поглинається 3230 кг SO₃. Приймаємо орієнтовно, що поглинання відбувається при 60°С. За довідковими даними при розчиненні рідкого сірчаного ангідриду в 20%-вому олеумі виділяється тепла 23,25 кДж/моль SO₃. Теплота конденсації газоподібного SO₃ дорівнює 481,85 кДж/кг SO₃. Кількість теплоти, що виділяється при абсорбції

$$\frac{3230}{80} \cdot 23250 + 3230 \cdot 481,85 = 2495100 \text{ кДж/год}.$$

Загальний прихід теплоти

$$Q_{\text{в}} = 10791 + 1225880 + 2495100 = 14513684 \text{ кДж/год} .$$

Витрата теплоти з олеумного абсорбера

З газами, що виходять із абсорбера

$$\left(10791,2 - \frac{3230 \cdot 22,4}{80} \right) \cdot 1,42 \cdot 50 = 701963 \text{ кДж/год} .$$

Втрати теплоти в навколишнє середовище 2% від приходу теплоти:

$$14513684 \cdot 0,02 = 290271 \text{ кДж/год} .$$

Теплота, що уноситься олеумом, є різницею між приходом теплоти і витрати її

$$14513684 - 701963 - 290271 = 13521448 \text{ кДж/годину}.$$

Знаходимо температуру олеуму, що виходить із абсорбера

$$\frac{13521448}{198218 \cdot 1,37} = 50 \text{ } ^\circ\text{Ñ}.$$

Складаємо годинний тепловий баланс олеумного абсорбера.

Таблиця 4.6 – Тепловий баланс олеумного абсорбера

Прихід	кДж/годину	Витрата	кДж/годину
З газом	1225880	З газом	701963
З олеумом	10792704	Тепловтрати	290271
Теплота абсорбції	2495100	З олеумом	13521448
Разом:	14513684	Разом:	14513684

Прихід теплоти в моногідратний абсорбер

За рахунок газу, що надходить в моногідратний абсорбер, вноситься стільки теплоти, скільки уноситься з газом із олеумного абсорбера, тобто 701963 кДж.

Теплота, що вноситься з 98 %-вою сульфатною кислотою.

$$291400 \cdot 1,46 \cdot 40 = 17017760 \text{ кДж/годину,}$$

де 1,46 – теплоємність кислоти, кДж/(кг · °С).

Виділення теплоти за рахунок абсорбції SO₃. В моногідратному абсорбері поглинається 7120 кг SO₃. Припускаємо, що поглинання відбувається при 60°С. При змішуванні води і рідкого SO₃ з утворенням 98%-вої H₂SO₄ виділяється 101,4 кДж/моль SO₃. Крім того, необхідно враховувати теплоту конденсації SO₃, що дорівнює 481,85 кДж/кг.

Кількість теплоти, що виділяється при абсорбції

$$\frac{7120}{80} \cdot 101400 + 7120 \cdot 481,85 = 12455200 \text{ кДж/годину}$$

Загальний прихід теплоти

$$Q_{\text{пр}} = 701963 + 17017760 + 12455200 = 30174923 \text{ кДж/годину.}$$

Витрата теплоти з моногідратного абсорбера

З газами, що виходять з абсорбера

$$\left(10791 - \frac{10350 \cdot 22,4}{80} \right) \cdot 1,42 \cdot 50 = 560403 \text{ кДж/годину.}$$

Втрати теплоти в навколишнє середовище складають 2% від приходу теплоти

$$30174923 \cdot 0,02 = 603498 \text{ кДж/годину.}$$

Теплота, що уноситься кислотою, розраховується за різницею

$$30174923 - 560403 - 603498 = 29011022 \text{ кДж/годину.}$$

Знаходимо температуру моногідрату, що виходить з абсорбера

$$\frac{29011022}{1,46 \cdot 31632} = 67 \text{ } ^\circ\text{Ñ.}$$

Складаємо годинний тепловий баланс моногідратного абсорбера.

Таблиця 4.7 – Тепловий баланс моногідратного абсорберу

Прихід		Витрати	
Статті	кДж/годину	Статті	кДж/годину
З газом	701963	З газом	560403
З кислотою на зрошування	17017760	З кислотою	29011022
Теплота абсорбції SO ₃	12455200	Втрати в навколишнє середовище	603498
Разом:	30174923	Разом:	30174923

5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

5.1 Опис конструкції та принцип дії моногідратного абсорбера

Моногідратний абсорбер представляє собою сталевий циліндричний корпус (поз. 1), футерований кислототривкою цеглою (поз. 2). В нижній частині башти знаходиться колосникова решітка (поз. 15), яка підтримує насадку з керамічних кілець Рашига (поз. 11). В нижній частині укладаються декілька рядів більш крупних кілець (розмірами 150 × 150 мм), основний об'єм насадки складають кільця розміром 50 × 50 мм. Для розподілення зрошувальної кислоти в башті застосовуються зрошувальні плити зі стаканчиками (поз. 9).

Для зрошування використовують сульфатну кислоту з концентрацією 98%мас. Газ поступає в башту через нижню газову коробку (поз. 12), проходить

колосникову решітку, підіймається вверх протитечією зрошувальній кислоті, омиваючи насадку, і виводиться через штуцер Б в кришці башти. Для спостереження за розбризкуванням кислоти в башті є оглядові вікна (поз. 10), люки для завантаження і вивантаження насадки (штуцер Г). Кислота виводиться з башти знизу (штуцер В) [3].

5.2 Розрахунок моногідратного абсорбера

Вихідні дані [5]:

1. Продуктивність, т/рік H_2SO_4	80000
2. Концентрація SO_3 в газі, %об.	7
3. Концентрація H_2SO_4 , що зрошує абсорбер, %мас.	98
4. Температура, °C	
газу на вході в абсорбер	50
кислоти на вході	40
5. Тиск парів води в газі, Па (мм рт.ст.)	
на вході в абсорбер P'_1	4735 (35,6)
на виході із абсорберу P'_2	10,1 (0,076)
6. Розрідження в системі P_p , Па (мм рт.ст.)	2926 (22)
7. Барометричний тиск P , Па (мм рт.ст.)	101,08 (760)
8. Швидкість газу в насадці, м/с	0,8

Поверхня насадки розраховується за формулою [2]

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta P}, \quad (8)$$

де Q – кількість абсорбованих парів води, кг/годину;

K – коефіцієнт швидкості абсорбції, кг/(м² · година · мм рт.ст);

ΔP – середня рушійна сила абсорбції, Па.

Кількість парів води, що поглинаються із газу, визначається за рівнянням [2]

$$Q = \frac{V \cdot (P'_1 - P'_2) \cdot M_{H_2O}}{(P - P'_1 - P_p) \cdot RT}, \quad (9)$$

де V – об'єм сухого газу, приведений до н.у., м³/годину.

Якщо прийняти ступінь окислювання 0,98 і повноту поглинання SO₃ в абсорберах 0,99, то

$$V = \frac{5940 \cdot 22,4}{98 \cdot 0,07 \cdot 0,98 \cdot 0,99} = 19995 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже,

$$Q = \frac{19995 \cdot (35,6 - 0,076) \cdot 18}{(760 - 22 - 35,6) \cdot 22,4} = 813 \text{ кг/год}.$$

Коефіцієнт швидкості абсорбції парів води розраховується за формулою [2]

$$K = K_0 \cdot \omega^{0,8}, \quad (10)$$

де K_0 – коефіцієнт, що залежить від концентрації і температури кислоти і

віднесений до швидкості газу 1 м/с;

ω – фіктивна швидкість газу в абсорбері, м/с.

$$\begin{aligned} K &= K_0 \cdot \omega^{0,8} = 0,037 \cdot 0,8^{0,8} = 0,031 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{година} \cdot \text{мм рт.ст}) = \\ &= 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{година} \cdot \text{Па}) \end{aligned}$$

Рухайна сила абсорбції розраховується за формулою [2]

$$\Delta P = \frac{(P'_1 - P'_2) - (P''_1 - P''_2)}{2,3 \lg \frac{P'_1 - P'_2}{P''_1 - P''_2}} \quad (11)$$

Рівноважний тиск парів води над 98%-вою сульфатною кислотою при 40°C складає 0,002 мм рт. ст. Підставивши значення $P'_1 = 35,6$, $P''_1 = 0,076$, $P'_2 = P''_2 = 0,002$ в рівняння (5.4), отримаємо

$$\Delta P = \frac{(35,6 - 0,002) - (0,076 - 0,002)}{2,3 \lg \frac{35,6 - 0,002}{0,076 - 0,002}} = 5,8 \text{ мм рт. ст.} = 771,4 \text{ кПа.}$$

Таким чином, поверхня насадки

$$F = \frac{1360}{2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 771,4} = 4485 \text{ м}^2.$$

Оскільки насадка абсорберу зазвичай використовується не повністю, то вводиться коефіцієнт запасу 1,20. Тоді поверхня насадки буде складати

$$F = 1,2 \cdot 4485 = 5382 \text{ м}^2$$

Якщо вибрати насадку у вигляді правильно укладених кілець розміром 50×50 (поверхня 1 м³ такої насадки дорівнює 110 м³), то загальний об'єм насадки буде дорівнювати

$$V_1 = \frac{5382}{110} = 49 \text{ м}^3.$$

Внутрішній діаметр моногідратного абсорбера визначається з рівняння [2]

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}}, \quad (12)$$

де V_1 – об'єм газу при температурі 40°C і тиску 760 мм рт. ст.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 19995 \cdot (273 + 40) \cdot 760}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 3600 \cdot 273 \cdot (760 - 22)}} = 10,4 \text{ м}$$

6 ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вибір допоміжного обладнання стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду виробництва сульфатної кислоти наведений в табл. 6.1 [5, 6].

Таблиця 6.1 – Вибір допоміжного обладнання

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Кількість
поз. 18	Збірники олеуму та моногідрату	Призначені для забезпечення циркуляції олеуму та моногідрату. Представляють собою вертикальні циліндричні резервуари зі сталі, що футеровані всередині кислототривкою плиткою. Місткість – 40 м ³	6
поз. 19	Холодильник кислоти	Призначений для охолодження олеуму і моногідрату, що надходять на зрошення насадки відповідних абсорберів	3

7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ ТА ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

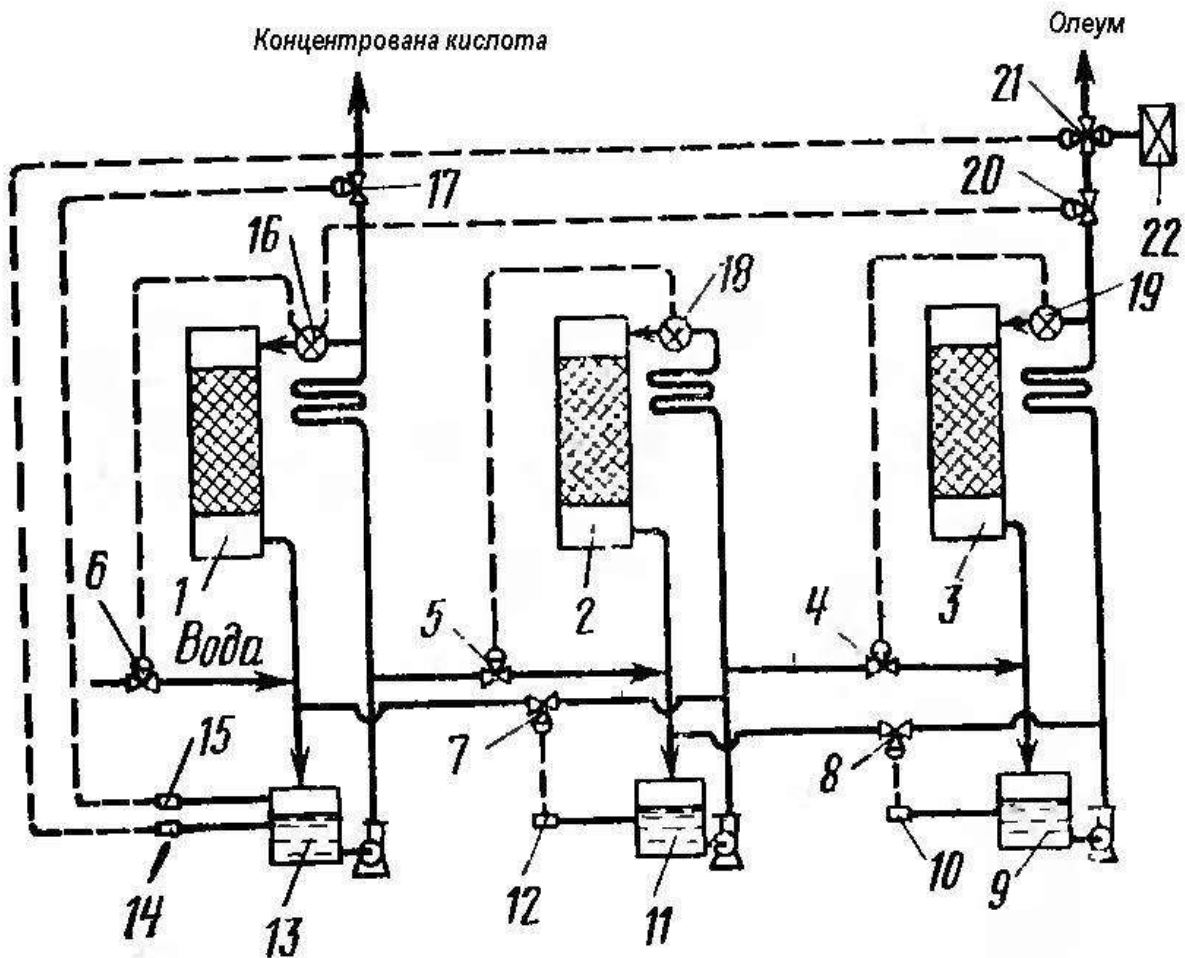
7.1 Автоматизація стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

Сушильна башта відноситься до стадії очистки газу. Однак у зв'язку з тим, що вода, що поглинається з газу в сушильних баштах, надходить з сушильною кислотою на стадію абсорбції сульфур (VI) оксиду та витрачається на утворення сульфатної кислоти, а для підвищення концентрації сушильної кислоти застосовують моногідрат, цикли ці дуже тісно пов'язані. Тому, маючи на увазі взаємну циркуляцію названих кислот, у виробництві часто сушильну башту відносять до стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду. Автоматизація передбачає регулювання взаємного обміну кислот і відкачування на склад продукції.

Схема автоматичного регулювання стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду, що забезпечує автоматичне підтримання необхідної концентрації кислоти у всій системі, а також автоматичну видачу продукції на склад, представлена на рис. 7.1.

Задана концентрація олеуму підтримується шляхом впливу регулятора (поз. 19) на клапан (поз. 4), що змінює кількість моногідрату, який надходить до збірника олеуму (поз. 9). Так само регулюється концентрація моногідрату і сушильної кислоти регулятори (поз. 16, 18) впливають на клапани (поз. 5, 6).

Кількість олеуму, що перекачується на склад, регулюється за допомогою регулятора (поз. 14), який впливає на клапан (поз. 21). В олеумному абсорбері (поз. 3) поглинається більше SO_3 , ніж потрібно для випуску всієї продукції у вигляді олеуму (60-70%об. SO_3 замість необхідних 31%об), тому для розведення олеуму моногідрату не вистачає. Така невідповідність усувається завдяки тому, що в результаті впливу регулятора рівня (поз. 10) на клапан



- 1 – сушильна башта; 2 – моногідратний абсорбер; 3 – олеумний абсорбер;
 4- 8, 17, 20, 21– регулюючі клапани; 9, 11, 13 – збірники кислоти;
 10, 12, 14, 15 – регулятори рівня; 16, 18, 19 – регулятори концентрації;
 22 – диспетчерський пункт

Рисунок 7.1 – Схема автоматизації стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду

(поз. 8) надлишок олеуму перетікає зі збірника (поз. 9) до збірника (поз. 11) і розбавляється там до концентрації моногідрату.

Якщо кількість вологи, що надходить з газом в сушильну башту, більше, ніж необхідно для випуску всієї продукції у вигляді олеуму, концентрація сушильної кислоти може знизитися до гранично допустимого значення

(93%мас. H_2SO_4). Тоді регулятор концентрації (поз. 16) подає імпульс клапану (поз. 20) на закриття, при цьому підвищується рівень кислоти в збірнику (поз. 9). Коли рівень кислоти досягає регулятора (поз. 16), він передає імпульс на відкриття клапану (поз. 17), в результаті частина продукції приділятиметься з системи у вигляді сушильної кислоти. При нестачі води концентрація сушильної кислоти підтримується на верхній допустимій межі (93%мас. H_2SO_4) в результаті впливу регулятора (поз. 16) на клапан (поз. 6), що регулює подачу води в систему. У цьому випадку вся продукція видається у вигляді олеуму через клапан (поз. 21).

Установлена концентрація сушильної кислоти підтримується шляхом передачі моногідрату зі збірника (поз. 11) до збірника (поз. 13) в результаті впливу регулятора рівня (поз. 12) на клапан (поз. 7).

Схема автоматичного регулювання не змінюється і в тому випадку, якщо ступінь абсорбції сульфур (VI) оксиду в олеумному абсорбері стає менше 31% (наприклад, внаслідок порушення ходу технологічного процесу), але при цьому частина продукції буде видаватися у вигляді концентрованої сульфатної кислоти.

Описана схема автоматичного регулювання повністю зберігається, якщо для збільшення випуску олеуму сульфатну кислоту вводять не з циклу. При цьому низькоконцентровану сульфатну кислоту з першої сушильної башти відводять з системи як продукцію, а замість води в систему подають сульфатну кислоту.

Таким чином, співвідношення кількості олеуму і концентрованої сульфатної кислоти, що перекачуються на склад, визначається вмістом води в газі, що надходить в сушильну башту, та підтримується автоматично. При відсутності потреби в олеумі за командою з диспетчерського пункту (поз. 22) закривається клапан (поз. 21) і вся продукція видається у вигляді 93%-вої

сульфатної кислоти. для цього в систему автоматично вводиться необхідну кількість води.

При окремих неполадках в роботі стадії (підвищення вологості газу, зниження ступеня абсорбції в олеумному абсорбері, припинення зрошення олеумного абсорберу та ін.) Не потрібне втручання обслуговуючого персоналу. Прилади автоматичного контролю та регулювання забезпечують підтримування встановлених параметрів процесу та відповідний розподіл продукції на олеум і концентровану сульфатну кислоту. Нижче наведені дані про точність підтримування основних параметрів процесу при ручному управлінні і автоматичному регулюванні [8]:

Регульовані параметри	Управління	
	ручне	автоматичне
Моногідрат:		
концентрація, % мас. H_2SO_4	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$
рівень в збірнику, см	± 30	$\pm 3,5$
Олеум:		
концентрація, % мас. H_2SO_4	± 2	$\pm 0,15$
рівень в збірнику, см	± 40	$\pm 6,2$
Сушильна кислота:		
концентрація, % мас. H_2SO_4	± 1	$\pm 0,25$
рівень в збірнику, см	± 20	$\pm 7,5$
витрата, т/годину	не змінюється	$\pm 0,3$

7.2 Порушення технологічного режиму стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду та способи їх усунення

В табл. 7.1 приводяться основні порушення норм технологічного режиму, що можуть відбуватися на стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду, причини відхилення від норми, а також способи усунення причин.

В процесі роботи контактної системи можливі випадки вимушеної зупинки при раптовому відключенні електроенергії чи води, виході зі строю компресора, підстанції електрофільтрів та іншого обладнання.

В усіх випадках аварійної зупинки виробництва повинні виконуватися правила, що забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу та збереження обладнання.

При аварійній зупинці контактної системи на стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду необхідно:

1. Виключити рубильники моторів.
2. Відключити засувками відключені насоси.
3. Зупинити подачу моногідрату на укріплення сушильної кислоти та сушильної кислоти чи води на розбавлення моногідрату.
4. Перевірити рівень кислоти в циркуляційних збірниках. При зупинці більше однієї години зупинити подачу води на холодильники.
5. Перевірити герметичність апаратів системи та усунути виділення газу, протікання кислоти.
6. Перевірити готовність до пуску обладнання та контрольно-вимірювальних приладів стадії [11].

Таблиця 7.1 – Можливі порушення технологічного режиму стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду, причини їх виникнення та способи усунення причин

Порушення режиму	Причини виникнення	Способи усунення
1	2	3
Різко збільшилася концентрація кислоти, що	1) Знизилася поглинання в олеумному абсорбері	1) Збільшити кількість води, що подається на зрошувальні

<p>зрошує моногідратний абсорбер</p>	<p>внаслідок високої температури або концентрації зрошувального олеуму</p> <p>2) Недостатня кількість олеуму, що поступає на зрошування олеумного абсорбера</p> <p>3) Незадовільне розподілення кислоти по насадці</p>	<p>холодильники. Розбавити олеум моногідратом до встановленої концентрації</p> <p>2) Перевірити роботу насоса; при несправності насосу перейти на резервний. При зниженні рівня в циркуляційному збірнику додати в збірник олеуму моногідрат</p> <p>3) Перевірити правильність розподільних пристроїв для зрошення, замінити несправні розпилювачі кислоти</p>
--------------------------------------	--	--

Продовження табл. 7.1

1	2	3
<p>Збільшилася температура кислоти, що зрошує абсорбери</p>	<p>1) Недостатнє зрошення абсорберів</p> <p>2) Погано охолоджується кислота із-за забруднення зрошувальних холодильників або недостатньої подачі води на них</p>	<p>1) Довести зрошення до норми. Очистити зрошувальні холодильники. Збільшити подачу води</p> <p>2) Прочистити холодильники олеуму. Збільшити подачу води на них</p>
<p>Олеум розбавлений нижче норми</p>	<p>1) Висока температура зрошувального олеуму</p> <p>2) Великий приток моногідрату в збірник олеуму</p> <p>3) Погано розподіляється олеум по перетину абсорбера</p> <p>4) Висока температура газу перед сушильною баштою</p>	<p>1) Прочистити холодильники олеуму. Збільшити подачу води на них</p> <p>2) Припинити подачу моногідрату до закріплення олеуму</p> <p>3) Налагодити роботу зрошувальних пристроїв</p> <p>4) Збільшити подачу води на холодильники</p>
<p>Моногідрат розбавлений нижче норми</p>	<p>1) В моногідратний збірник надходить надлишок сушильної кислоти або води</p> <p>2) Погано абсорбується SO₃</p>	<p>1) Припинити подачу сушильної кислоти або води до закріплення моногідрату</p> <p>2) Перевірити роботу розподільних пристроїв</p>

		3) Збільшити подачу води на зрошувальні холодильники
Концентрація олеуму вище норми	Недостатній приток моногідрату для розбавлення олеуму	Збільшити подачу моногідрату в збірник олії ума
Концентрація моногідрату вище норми	Недостатній приток сушильної кислоти або води в збірник моногідрату	Збільшити подачу сушильної кислоти або води на розчинення моногідрату
Заморожена секція зрошувального холодильника або моногідрату	Значно підвищилася (вище норми) концентрація кислоти, що зрошує олеумний або моногідратний абсорбери. Перевищена подача води на холодильники.	1) Тимчасово, до розморожування, припинити подачу води на холодильники 2) Знизити концентрацію циркулюючої кислоти і нижнього значення норми

Продовження табл. 7.1

1	2	3
З'явився туман у відхідних газах після абсорбера	1) Недостатнє або нерівномірне зрошення кислоти по насадці абсорбера, особливо в моногідратному абсорбері 2) Висока концентрація або температура зрошувальних кислот 3) Концентрація кислоти, що зрошує моногідратний абсорбер, стала нижче 98% мас. H_2SO_4	1) Перевірити роботу насосів і зрошувальних пристроїв та усунути виявлені порушення; при необхідності, перейти на резервний насос 2) Відрегулювати циркуляцію сушильної кислоти та моногідрату, що направляються на розбавлення моногідрату та олеуму 3) Підвищити концентрацію моногідрату, що подається на зрошення, до норми
Система почала «газити» при нормальній температурі і концентрації зрошувальної температури	1) Погано розподіляється кислота по перетину башти 2) Погано здійснюється сушка газу в сушильних баштах або мають місце підсмоктування в газоходах після сушильної башти	1) Налагодити роботу зрошувальних пристроїв 2) Покращити сушку газу, доводячи концентрацію сушильної кислоти до норми. Усунути підсмоктування в газоходах після сушильної башти
Система безперервно	1) Обрушилася насадка в	1) Відключити абсорбер на

«газять» при нормальному режимі роботи стадії абсорбції	башті 2) Кислота зрошує насадку башти з одного боку	ремонт 2) Налагодити розподілення кислоти по перетину абсорбера
Припинилося зрошення однієї з башт	1) Не працює насос 2) Протікає холодильник кислоти	1) У випадку пропускання кислоти в холодильник олеуму збільшити подачу води на холодильники моногідратного абсорбера і відключити несправну секцію холодильника, після чого включити насос 2) При пропусканні кислоти в холодильник моногідратного абсорбера зупинити насос і відключити несправну секцію холодильника, після чого включити насос і пустити систему

Продовження табл. 7.1

1	2	3
Припинилося зрошення двох абсорберів	Відключена електроенергія або припинена подача кислоти на зрошення із-за виходу з ладу насосів	1) При відключенні електроенергії відключити мотори насосів 2) При виході з ладу насосів включити резервні 3) При припиненні зрошення моногідратного абсорберу вище 10 хв. відключити систему

8 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1 Способи утилізації огарків

На сьогоднішній день у світі в результаті випалу колчедану в виробництві сульфатної кислоти утворюється близько 18-20 млн. т огарку, що представляє

собою цінну сировину, в першу чергу, для металургійної промисловості. Склад утворених огарків залежить від природи використовуваної сировини і окислювального агента, температури випалу та конструкції печей.

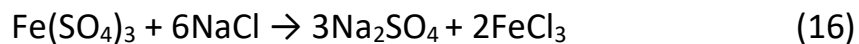
Основними компонентами колчеданного огарка є ферум, присутній головним чином у вигляді Fe_2O_3 , купрум, цинк, плюмбум та ін. Одним з найбільш раціональних способів утилізації огарка є переробка його в чавун із попутним виділенням кольорових металів (купруму та цинку).

Крім того, огарок може бути використаний при виробництві цементу, де він застосовується в якості мінералізуючої добавки, та в сільському господарстві в якості купрумвмісного добрива.

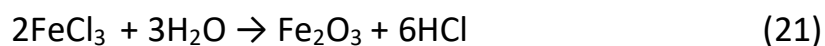
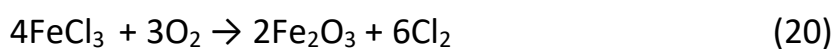
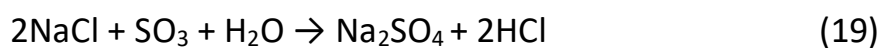
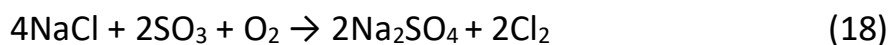
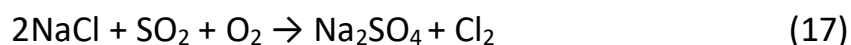
Основним методом переробки огарків в кольорові метали та залізни окатиші є хлоруючи випал, який дозволяє видобувати до 95-96% міді і отримувати агломерат, який використовується в доменній плавці. В якості хлоруючого агента може бути використаний натрій хлорид, хлор і гідроген хлорид або суміш хлору з повітрям. При використанні натрій хлориду на першій стадії відбувається окислювання сульфідів за реакціями:



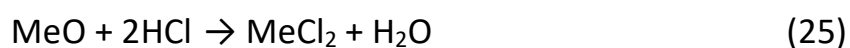
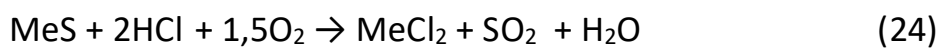
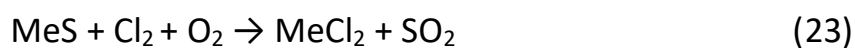
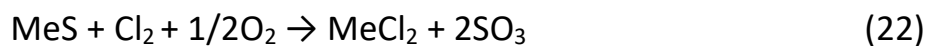
Крім того, відбувається утворення ферум (III) хлориду шляхом взаємодії його сульфату з натрій хлоридом

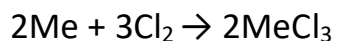


Далі при взаємодії SO_2 , SO_3 , кисню та водяної пари з компонентами шихти утворюються хлоруючі газоподібні реагенти:



Ці агенти хлорують оксиди та сульфідні металів, що присутні в огарку:





(26)

На практиці використовують надлишок натрій хлориду, який перешкоджає сублімації купрум (II) хлориду за рахунок утворення з ним подвійної солі, а також надає сприятливу дію на ступінь видобування аргентуму та ауруму з перколяційних розчинів.

Як видно з наведених вище рівнянь, в огарку разом з сульфатним сульфуром необхідна присутність сульфідного сульфуру, що в деяких випадках досягається шляхом подшихтування колчедану до вихідної суміші.

Технологія переробки огарків методом хлоруючого випалу полягає в наступному. Огарок спочатку подрібнюють і розсіюють. Гранули розміром 4 мм змішують з натрій хлоридом (8-20 мас.%) і в разі необхідності з піритом. Приготовану шихту випалюють в циклонних, подових або інших печах при 550-600°C. Далі твердий осад, що містить хлориди металів, обробляють розчином сульфатної кислоти, а гідроген хлорид і сульфур (VI) оксид з відхідних газів уловлюють в абсорбційних баштах, зрошуваних водою, з отриманням розчину хлоридної та сульфатної кислоти. При кислотному вилуговуванні в розчин переходять купрум, цинк, кобальт, талій, кадмій і аргентум. З цього розчину осаджують купрум разом з аргентумом і аурумом шляхом цементації його скрапом. Далі цементний купрум піддається переплавці, очищенню, литтю анодів і електролітичному рафінуванню. З розчину після відділення купруму шляхом вакуум-кристалізації осаджують глауберову сіль ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), а потім випалом – натрій сульфат.

Маточник після вакуум-кристалізації містить (г/л): 0,8 кобальту, 65 цинку, 10 феруму та невеликі кількості мангану. Спочатку з нього виділяють ферум шляхом окислювання хлором і обробкою кальцій карбонатом при 50°C і

pH = 3. Від розчину відокремлюють ферумгіпсовий осад, кобальт виділяють шляхом окислювання його сполук хлором з наступним осадженням кальцій гідроксидом. Утворення $\text{Co}(\text{OH})_3$ відбувається при 50°C і pH = 4, для нейтралізації розчину використовують цинк оксид. Разом з кобальтом осідають також манган і цинки гідроксиди. Для отримання металевого кобальту отриманий осад розчиняють в сульфатній кислоті із подальшим переосадженням гідроксидів, прожарюють при 1100°C і піддають відновлювальній плавці. Після остаточного очищення від мангану (окислювальна плавка), знесірчення (під шаром кальцій карбїду) і видалення феруму отримують металевий кобальт складу (в мас.%): Co – 97,72-99,22; Fe – 0,5-2,0; Cu – 0,20; C – 0,03; S ~ 0,05.

Видобування кадмію, талію й індію проводять амальгамним методом із розчинів перед осадженням цинку.

При комплексній переробці огарків низькотемпературним хлоруючим випалом досягається наступний ступінь видобування металів (%): ферум в кек і агломерат – 80; сульфур у натрій сульфат – 40; купрум – 80; цинк в цинк оксид – 80; плюмбум – 40; аргентум – 65; кадмій – 40; кобальт – 50; талій – 17.

В Іспанії фірмою Metalquimica del Nervion розроблений процес екстракції цинку з продуктів хлоруючого випалу за допомогою амінів. Процес складається з наступних стадій: хлоруючий випал; вилуговування спека; видалення сполук купруму шляхом цементації; екстракція сполук цинку вторинним аміном; реекстракція сполук цинку водою з розчину вторинного аміну; екстракція сполук цинку з водного розчину з допомогою ди-(2-етилгексил)-фосфатної кислоти для відділення від домішок Cu, Co, Cd, As і хлорид-іонів; реекстракція сполук цинку розчинами сульфатної кислоти з одержанням електроліту; електроліз реекстракта з подальшою плавкою і розливанням цинкових катодів.

Також розроблений високотемпературний хлоруючий випал огарков, або метод сублімації (1000°C). На відміну від низькотемпературного процесу, хлориди металів сублімуються під час випалу та потім уловлюються й розчиняються у воді з наступним розділенням. Після видалення лужних металів і агломерації використовується в металургії. Проведення процесу в оптимальних умовах дозволяє досягти наступного ступеня видобування металів в розчин (%): Cu – 79; Zn – 75; Au – 78; Ag – 68; залізний концентрат містить (мас.%): Fe – 56, Zn – 0,15.

Інший шлях утилізації піритових огарків – сульфатуючий випал піритної сировини з подальшою гідрометалургійною переробкою огарка.

Розроблено та випробувано в напівпромисловому масштабі процес гідрометалургійної переробки огарків, одержуваних шляхом сульфатизуючого випалу піритових концентратів. Огарки мають склад (мас.%): Fe – 53,99; $S_{\text{заг}}$ – 3,6; Cu – 0,29; Zn – 0,89; кобальт – 0,012; Au – 2,2 г/т і Ag – 21 г/т. На першій стадії виконують чотиріступінчасте вилуговування водою при оптимальному співвідношенні P : T = 1,6 : 1 в змішувачах при температурі 60°C. Після розділення фаз отримують розчин складу (г/л): Cu – 1,8; Zn – 5,9; Fe – 7,77; Co – 0,06. Ступінь видобування металів в розчин становить (%): Cu – 85,0; Zn – 91,0; Fe – 2,0; Co – 68,3. Купрум виділяють з цих розчинів шляхом його селективної адсорбції – десорбції на амфоліті АНКБ-1. Для осадження цинку та кобальту розчин обробляють содою з подальшим прожарюванням осаду і отриманням оксидів.

Видобування благородних металів (Au і Ag) виконують шляхом обробки осаду, одержуваного на стадії вилуговування, 1%-вим хлоридокислим розчином тіокарбаміду (pH = 1,5-2). Далі Au і Ag видобувають із розчинів сорбцією їх на смолі КБ-2-10П і активованому вугіллі БАУ. Ступінь видобування цинку з огарка становить 85%, аурому – 78%, аргентуму – 51%. Залізний кек відповідає за складом кондиціонованих залізного концентрату (мас.%): Fe – 60;

Cu – 0,03; Zn – 0,08; Co – 0,0036; S – 0,33; As – 0,09; Au – 0,55 г/т і Ag – 11 г/т.

Огарок можна також використовувати в якості вихідної сировини для виробництва мінеральних пігментів (залізний сурик, мумія, охра). Для одержання мінеральних пігментів високої якості огарок необхідно очистити від сполук сульфуру, котрі викликають корозію металевої апаратури, і розмолоти. Водорозчинні сполуки сульфуру видобувають з огарка промиванням водою, а повне видалення сульфуру – шляхом його випалу при температурі 800-900°C. Після випалу продукт, який практично повністю складається з Fe₂O₃ (90-95%), розмелюють і змішують з наповнювачем. В якості наповнювачів використовуються алебастр, крейда, глина (15-20 мас. %). Залежно від послідовності операцій і природи наповнювача можна отримати різні мінеральні пігменти зі стабільними властивостями. Так, наприклад, отримання залізного сурику складається з наступних стадій: розділення огарка за фракціям шляхом розсіювання і розмелу фракції 0,5-2 мм; промивка водою при 60-80°C з метою видалення водорозчинних сполук сульфуру та металів; випал при 850-900°C з метою повного видалення нерозчинних сполук сульфуру та вологи; охолодження шихти й розмел; змішування з наповнювачем.

Таким чином, найбільш раціональним способом переробки огарків виробництва сульфатної кислоти є низькотемпературний хлоруючий випал, що дозволяє комплексно отримувати кольорові й рідкі метали та переробляти ферумвмісний залишок на чавун, причому видобування тільки одного купруму з огарків, що містять > 0,5 мас. % Cu, є економічно виправданим за рахунок її реалізації. Іншими областями застосування огарка є сільське господарство, скляна та цементна промисловість. Менш раціональний шлях використання огарка – в якості добавки до вихідної залізної руди без його попередньої обробки, оскільки при цьому втрачаються кольорові та дорогоцінні метали.

Огарки, отримані сульфатизуючим випалом піритної сировини, можуть бути успішно перероблені гідрометалургійними способами. Одним із прийнятних методів утилізації огарків є одержання з них різних мінеральних пігментів.

8.2 Утилізація селенового шламу

Домішки сполук селену (0,002-0,02%), які містяться в колчедані при випалі колчедану переходять в газову фазу у вигляді SeO_2 , який вловлюється сульфатною кислотою на стадії очистки випалювального газу. Під впливом SO_2 селен (IV) оксид, що міститься в розчині сульфатній кислоті, відновлюється до металевого селену. Останній адсорбується на огарковому пилу та разом з сульфатною кислотою частково осідає на стадії очистки, накопичуючись в відстійниках і збірниках кислоти в вигляді так званого бідного селенового шламу (до 5% Se). При подальшому очищенні випалювального газу від бризок і туману сульфатної кислоти в мокрих електрофільтрах відбувається виділення багатого селенового шламу (до 50% Se).

У виробництві сульфатної кислоти проводиться тільки попередня обробка цих шламів з отриманням усередненого продукту, що містить 10-12%мас селену. Технологія виділення проста. Метод обробки бідного шламу не відрізняється від процесу обробки багатого і складається з наступних операцій: розведення шламу водою і підігріву розчину гострою парою для довідновлення селену; фільтрування отриманої пульпи і промивання її 5%-вим розчином соди; сушки шламу при 90-100°C і приготування усередненого шламу, що містить 10-12%мас. селену.

Цей процес простий, не енергоємний і дозволяє отримати цінну вихідну сировина, що використовується для виробництва сполук селену, котрі знаходять широке застосування в електронній промисловості, для виробництва скла і т.д. Вихід селену складає 10-50 г/т спалюваного колчедану (в середньому 30 г/т). Якщо врахувати, що щорічно в світі переробляється близько 26-28 млн. т колчедану, то кількість попутно одержуваного селену складає 780-840 т / рік.

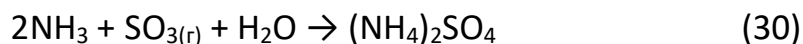
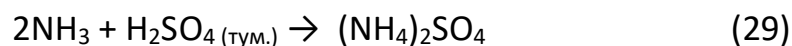
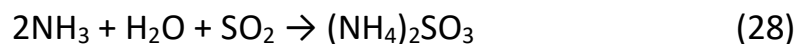
8.3 Очистка відхідних газів від SO_2 і туману сульфатної кислоти

Підприємства з виробництва сульфатної кислоти є потенційним джерелом викидів SO_2 і SO_3 з відхідними газами. Кількість і концентрація сполук сульфуру, що викидаються з газами, залежать від типу використовуваної сировини і апаратурного оформлення процесу.

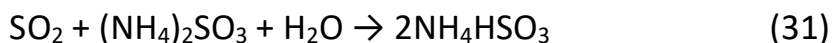
Розвиток аміачних способів очищення відхідних газів від SO_2 і SO_3 почалося з застосування водних розчинів аміаку, що дозволяють проводити очистку газу до 0,1 об.% SO_2 . Процес включав стадії абсорбції SO_2 аміачною водою та регенерації аміаку шляхом розкладання абсорбційного розчину амоній сульфід-гідросульфід. Основним недоліком процесу є накопичення в системі амоній сульфату за рахунок поглинання SO_3 та туману сульфатної кислоти і окислювання амоній сульфід-гідросульфід в сульфат киснем, що містяться в газах. Сполуки феруму каталізують цей процес, особливо на стадії регенерації, в результаті чого 30-50% SO_2 , що абсорбується, перетворюється в амоній сульфат.

Крім того, утворені солі амоній сульфід-гідросульфід уносяться з газом у вигляді дрібнодисперсного біло-блакитного туману високої щільності, що

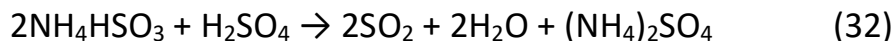
створює додаткові втрати SO_2 і NH_3 і забруднює атмосферу. Хімізм процесу може бути представлений у вигляді наступних рівнянь:



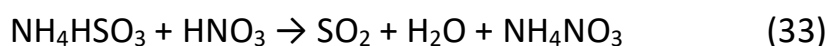
Наступним етапом розробки цього процесу було застосування вихідного водного розчину амоній сульфіту для абсорбції SO_2 і заміна стадії термічної десорбції NH_3 і SO_2 з абсорбційного розчину обробкою цього розчину кислотами, тобто

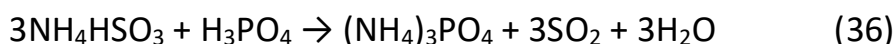
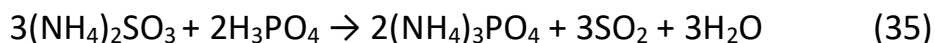
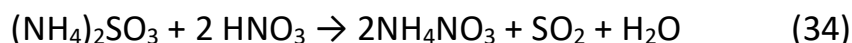


і далі



або





З реакцій (31) і (32) видно, що для видалення SO_2 з газу в вигляді амоній гідросульфїту, необхідний 1 моль NH_3 , а в вигляді сульфїту – 2 моль NH_3 , тобто з точки зору економїї NH_3 необхідно виводити розчин на регенерацію з максимальним вмістом NH_4HSO_3 . Однак досягти високого ступеня очищення за допомогою тїльки NH_4HSO_3 не представляється можливим внаслідок високого парціального тиску SO_2 над розчином NH_4HSO_3 . Отже, ідеальним вирішенням проблеми може бути двоступенева очистка газу: 1) обробка газу, що надходить на очистку, розчином з високим кількісним відношенням амоній гідросульфїту до сульфїту; 2) дообробка газу розчином з меншим відношенням гідросульфїту до сульфїту для досягнення високого ступеня очищення від SO_2 .

Для регенерації абсорбційного розчину найбільш раціональним є використання сульфатної кислоти. Зазвичай регенерацію розчину здійснюють в колонї насадкового типу; 100%-вий SO_2 , що виділяється, рециркулює в на стадію осушіння, а з 40%-вого розчину $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ отримують кристалічний товарний амоній сульфат. Можливою областю використання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ є отримання складно-змішаних добрив.

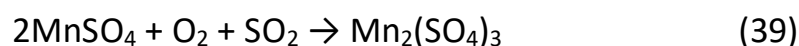
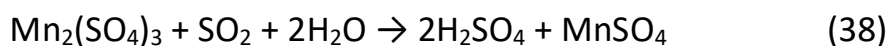
З інших методів очищення відхідних газів від SO_2 найбільш перспективних для виробництва сульфатної кислоти, слід зазначити процес Wellman-Lord, заснований на поглинанні SO_2 розчинами Na_2SO_3 з утворенням NaHSO_3 , який потім розкладається при нагріванні на SO_2 , H_2O і Na_2SO_3 . Останній виділяють з

розчину у вигляді товарного продукту або в вигляді маточного розчину направляють на стадію абсорбції. Як і в аміачних методах, SO₂ може бути використаний у виробництві сульфатної кислоти або перетворений в елементарну сірку. Натрій сульфід, що утворюється в процесі, безперервно виводиться з системи.

Заслужують на увагу такі методи утилізації SO₂, які дозволяють безпосередньо отримувати додаткову кількість сульфатної кислоти шляхом каталітичного окислювання SO₂, – кислотно-каталітичний і озono-каталітичний способи.

Кислотно-каталітичний процес заснований на каталітичному окислюванні SO₂ в розчинах сульфатної кислоти. В якості каталізаторів найчастіше використовують манган (IV) оксид, активоване вугілля або вугілля, оброблений HI, а також розчини, які містять елемент, здатний утворювати комплекси з SO₂, які стимулюють окислювання його в SO₃.

Метод з використанням манган (IV) оксиду в якості каталізатора можна представити у вигляді наступних рівнянь:



Метод дозволяє очистити газ від SO₂ на 85-90%.

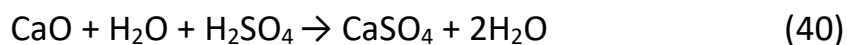
Відомий спосіб окислювання SO₂ за допомогою MnO₂, нанесеного на носій (пемза або керамічний матеріал). Регенерація MnO₂ здійснюється

окислюванням утворюється $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ повітрям або киснем в розчині H_2SO_4 . Відпрацьований розчин нейтралізують аміаком і з насиченого розчину кристалізується $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; маточний розчин направляється на абсорбцію. Вміст SO_2 в відпрацьованих газах не перевищує 0,01 об. %.

8.4 Очистка стічних вод

Витрата води на 1 т сульфатної кислоти становить 40-60 м³/т, однак основна її кількість витрачається на охолодження кислоти, в той час як витрата технологічної води становить близько 1,5 м³/т. Основна кількість кислих стоків утворюється за рахунок витоку та проток кислоти на стадіях мокрого очищення газу, абсорбції, осушіння і в процесах охолодження кислоти.

Для знешкодження цих стоків найбільш прийнятним рішенням є нейтралізація їх вапном або содою з подальшою рециркуляцією води і видаленням осадів. Основною стадією процесу є нейтралізація стоків до $\text{pH} \geq 6$ з автоматичним регулюванням процесу. Найбільш краща нейтралізація вапном:



В цьому випадку відбувається осадження іона SO_4^{2-} у вигляді кальцій сульфату. Після освітлення та охолодження вода може бути приєднана до загальної каналізаційної системи або направлена на рециркуляцію.

Одним із шляхів вирішення проблеми стоків є заміна водяного охолодження сульфатної кислоти повітряним, що сприяло би значному скороченню споживання води [12].

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Державна політика України в галузі охорони праці здійснюється згідно з міжнародною практикою і національним законодавством та базується на засадах пріоритетності життя і здоров'я людини відносно результатів виробничої діяльності. Отже, нормами життя мають стати дотримання законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, своєчасне виявлення і усунення наявних недоліків, посилення відповідальності за стан охорони праці та порушення встановлених норм і правил, що зумовлюють численні нещасні випадки, професійні захворювання і аварії на виробництві.

Законодавство про охорону праці складається з Закону України „Про охорону праці”, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Закон України „Про охорону праці" визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи, організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Закон встановлює пріоритет життя та здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства, тобто в першу чергу мають дотримуватись вимоги нормативно-правових актів про охорону праці, щоб працівник під час операцій виробничого циклу не отримував травм, не зазнавав погіршення стану здоров'я, професійних захворювань або зменшення працездатності, і лише потім має звертатись увага на результати виробничої діяльності підприємства.

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Кодекс законів про працю України (КЗпП України) визначає правові засади і гарантії здійснення громадянами України права розпоряджатися своїми здібностями до продуктивної і творчої праці.

КЗпП України регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи зростанню продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва і піднесенню на цій основі матеріального і культурного рівня життя трудящих, зміцненню трудової дисципліни і поступовому перетворенню праці на благо суспільства в першу життєву потребу кожної працездатної людини.

Правове регулювання охорони праці здійснюється главою XI "Охорона праці" та статтями інших глав КЗпП України: "Трудовий договір", "Робочий час", "Час відпочинку", "Праця жінок", "Праця молоді", "Професійні спілки", "Нагляд і контроль за додержанням законодавства про працю".

Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" визначає правову основу, економічний механізм та організаційну структуру загальнообов'язкового державного соціального страхування громадян від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які призвели до втрати працездатності або загибелі застрахованих на виробництві [13].

9.1 Шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві

В сульфатнокислотному виробництві можливі випадки отруєння сульфур (IV) оксидом і сульфур (VI) оксидом, туманоподібною сульфатною кислотою, при вдиханні пилу колчеданного та огаркового, хімічні опіки при контакті з сульфатною кислотою та олеумом, термічні опіки при контакті з гарячими поверхнями апаратури та комунікацій; не виключена також небезпека ураження електричним струмом (обслуговування електрофільтрів) [2].

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в проектованому виробництві, представлені в табл. 9.1, 9.2 [14].

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
Дисульфід феруму	Дисульфід заліза	FeS ₂	$\begin{array}{c} \text{S} - \text{S} \\ \backslash \ / \\ \text{Fe} \end{array}$	тверда речовина	1177-1188	–
Сульфур (IV) оксид	Діоксид сірки	SO ₂	O = S = O	газ	– 75,5	– 10,01
Сульфур (VI) оксид	Триоксид сірки	SO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} = \text{S} = \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	газ	16,83	44,9

Сульфатна кислота	Сірчана кислота	H ₂ SO ₄	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{O}-\text{S}-\text{O}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	рідина	10,38	337
-------------------	-----------------	--------------------------------	---	--------	-------	-----

Таблиця 9.2 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
			у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л	
			робочої зони	населеного пункту			
				C _{мр} *	C _{сд} **		
1	2	3	4	5	6	7	8
Дисульфід феруму	4	Пил потрапляючи через органи дихання може викликати фіброз легеневої тканини	4	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200»

Продовження табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Сульфур (IV) оксид	2	В легких випадках: викликає подразнення верхніх дихальних шляхів і очей, сльозотечу, чхання, першіння в горлі, кашель.	10	0,5	0,05	–	Протигаз марки «В» або «БКФ»

Сульфур (VI) оксид	2	При поразці середньої важкості: загальна слабкість, сухий кашель, біль у носі і горлі, нудота, болі в надчеревній ділянці, носові кровотечі. У важких випадках: гостра задуха, болісний кашель, набряк легенів, смерть.	1	0,3	0,1	–	Протигаз марки «БКФ»
Сульфатна кислота	2	<p>При вдиханні: подразнення верхніх дихальних шляхів, ускладнене дихання, набряк легенів.</p> <p>При потраплянні на шкіру: викликає важкі хімічні опіки.</p> <p>При потраплянні в очі: викликає хімічні опіки, сліпота</p>	1	0,3	0,1	100	<p>Костюм для захисту від кислоти з бавовняної тканини, що просочена кислото-штовхуючою пропиткою Кк, шолом, фартук вініловий кислото-лугостійкий, гумові чоботи К50Щ50, рукавички з полівінілхлориду КкЩ50, захисні окуляри з органічного скла</p>

9.2 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

9.2.1 Вентиляція

Шкідливими називаються речовини, що при контакті з організмом можуть викликати захворювання чи відхилення від нормального стану здоров'я, що виявляються сучасними методами як у процесі контакту з ними, так і у віддалний термін, в тому числі і в наступних поколіннях. Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру. За дією на людину вони діляться на токсичні і нетоксичні.

Нетоксичні речовини призводять до роздратування слизових оболонок дихальних шляхів, шкіри, очей. Так, дія нетоксичного пилу проявляється в порушенні життєдіяльності верхніх дихальних шляхів, легенів, шкіри, очей. Токсичні речовини, добре розчиняючись у біологічних середовищах здатні вступати з ними у взаємодію, викликаючи порушення нормальної життєдіяльності – отруєння. Шкода від отруєння залежить перш за все від тривалості дії, концентрації та виду речовини.

Гігієнічне нормування вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводять за гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Усі існуючі заходи та технічні засоби для їх реалізації, що направлені на захист працівників від впливу шкідливих газів, парів та пилу, можна поділити на три групи:

- направлені на запобігання появи шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- направлені на заміну чистим повітрям забрудненого та очищення останнього від шкідливих речовин;
- індивідуальні засоби захисту від впливу шкідливих речовин.

До основних заходів, направлених на запобігання появи шкідливих речовин у повітрі робочої зони, перш за все потрібно віднести такі, як

переважне використання технологічних процесів та обладнання, що виключають утворення шкідливих речовин або їх надходження у робочу зону. Тому при проектуванні нових технологічних процесів та обладнання необхідно добиватися виключення чи різкого зменшення виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони.

Велике значення для оздоровлення повітряного середовища має надійна герметизація обладнання та систем, в яких знаходяться шкідливі речовини, наприклад, нагрівних печей, газопроводів, трубопроводів, насосів, конвеєрів та інших, де через нещільні стики та технологічні щілини спостерігається витікання шкідливих речовин.

Важливе значення мають також механізація та автоматизація виробничих процесів, дистанційне керування ними. Ці заходи дозволяють вивести людей з небезпечної зони та ізолювати такі зони від решти виробничого середовища.

Серед заходів другої групи важливе місце посідає вентиляція виробничих приміщень.

Основне завдання вентиляції є підтримання чистоти повітря та необхідних кліматичних умов у приміщеннях, що забезпечується виведенням забрудненого чи нагрітого повітря з приміщень та заміною його свіжим. Залежно від способу переміщення повітря вентиляція буває природною, механічною та змішаною. Залежно від способу обміну повітря – припливною, витяжною та припливно-витяжною. За місцем дії – загальнообмінною, місцевою та комбінованою [13].

Виконаємо розрахунок вентиляції приміщення хімічної лабораторії стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду.

Вихідні данні для розрахунку:

- 1) Розміри приміщення, м: довжина – 8; ширина – 5; висота – 3,5 м.
- 2) Кількість працівників – 3.

3) Кратність повітрообміну – 6

В лабораторії передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням.

Кількість повітря, що подається в приміщення лабораторії, визначається за формулою [16]:

$$W = K \cdot V, \quad (41)$$

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$W = 6 \cdot 140 = 840 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Для видалення шкідливих виділень хімічні лабораторії обладнуються витяжними шафами. Кількість витяжних шаф (робочих місць) встановлюється залежно від штатного розкладу робітників лабораторії (з розрахунку на одного працівника одна шафа).

Кількість повітря, що видаляється від кожної витяжної шафи визначається за формулою [16]:

$$W_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} \cdot v_{\text{ш}} \cdot 3600, \quad (42)$$

де $F_{\text{ш}} = 0,6$ – площа робочого отвору витяжної шафи, м²;

$v_{\text{ш}} = 0,5$ – швидкість руху повітря, що видаляється через отвір витяжної шафи, м/с.

$$W_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 1080 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою [16]:

$$L = W_{\text{ш}} \cdot k, \quad (43)$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт підсмоктування повітря через нещільності витяжної шафи.

$$L = 1080 \cdot 1,15 = 1242 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

За розрахованими об'ємами повітря вибирається тип стандартного промислового вентилятору.

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70 (1-е виконання), що має наступні технічні характеристики:

Продуктивність	1350 м ³ /годину
Номер вентилятора	2,5
Напір	67 мм. вод. ст.
Частота обертання	2500 об/хв.
Тип електродвигуна	4АА63В2
Потужність	0,55 кВт

Кількість необхідних вентиляторів: 1 шт.

9.2.2 Освітлення виробничих приміщень

Якісне освітлення на робочому місці позитивно впливає на центральну нервову систему, знижує енерговитрати організму на виконання роботи, сприяє підвищенню працездатності людини та безпеки праці. Під час трудової діяльності втомлюваність очей залежить від якості освітлення на робочому місці, а також напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів: 1) природне – освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожуючих конструкціях; 2) штучне – здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювання або газорозрядними) і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення; 3) суміщене – одночасне поєднання природного і штучного освітлення.

Основним документом, який регламентує норми освітлення, є ДБН.В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. Природне освітлення поділяється на бокове, верхнє і комбіноване (верхнє і бокове). Бокове природне освітлення – природне освітлення приміщень крізь світлові прорізи у зовнішніх стінах. Верхнє природне освітлення – природне освітлення приміщень крізь ліхтарі, світлові прорізи, у місцях перепаду висот будинку. Комбіноване природне освітлення – поєднання верхнього і бокового природного освітлення.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне, чергове. Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки і евакуаційне. Робоче освітлення – освітлення, яке забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) в приміщеннях і в місцях виконання робіт поза будинками. Освітлення безпеки – освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення. Евакуаційне освітлення – освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення. Охоронне освітлення – освітлення вздовж межі території, що охороняється. Чергове освітлення – освітлення за відсутності основного робочого процесу.

Для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати, як правило, розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби.

Штучне освітлення може бути двох систем – загальне та комбіноване [15].

Виконаємо розрахунок загального штучного освітлення приміщення хімічної лабораторії стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду.

Для освітлення приміщення вибирається світильник типу Ш_о «Молочна куля» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні лабораторії визначається за формулою [16]:

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(H - h_p) \cdot [L/h]}, \quad (44)$$

- де $B = 5$ – ширина приміщення, м;
 $H = 3,5$ – висота приміщення, м;
 $h_p = 0,8$ – висота робочої поверхні, м;
 $[L/h] = 1,5$ – числове значення коефіцієнта світильника.

$$N_{\delta} = \frac{5}{(3,5 - 0,8) \cdot 1,5} \approx 2 \text{ ряди.}$$

Максимально припустима відстань між рядами світильників визначається з виразу [16]:

$$L_{\max} = \frac{\hat{A}}{N_p}, \quad (45)$$

$$L_{\max} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою [16]:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (46)$$

$$h = \frac{2,5}{1,5} = 1,7 \text{ м.}$$

Висота звисання світильників від стелі визначається за формулою [16]:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (47)$$

$$h_3 = 3,5 - 0,8 - 1,7 = 1 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [16]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (48)$$

де $E = 100$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;

$S = 40$ – освітлювана площа, м²;

- $F = 1000$ – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 100 Вт, лм;
- $K = 1,3$ – коефіцієнт запасу для лампи накаливання в приміщеннях з малим виділенням забруднень;
- $Z = 1,03$ поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника – Ш_о;
- $U = 0,38$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення $i = 4$.

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 40 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,38 \cdot 1,03} \approx 14 \text{ шт.}$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 9.1.

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визнається за формулою [16]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (49)$$

де $n = 14$ – розрахункова кількість ламп, шт;

$W = 100$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{14 \cdot 100 + 0,2 \cdot 14 \cdot 100}{1000} = 1,68 \text{ кВт.}$$

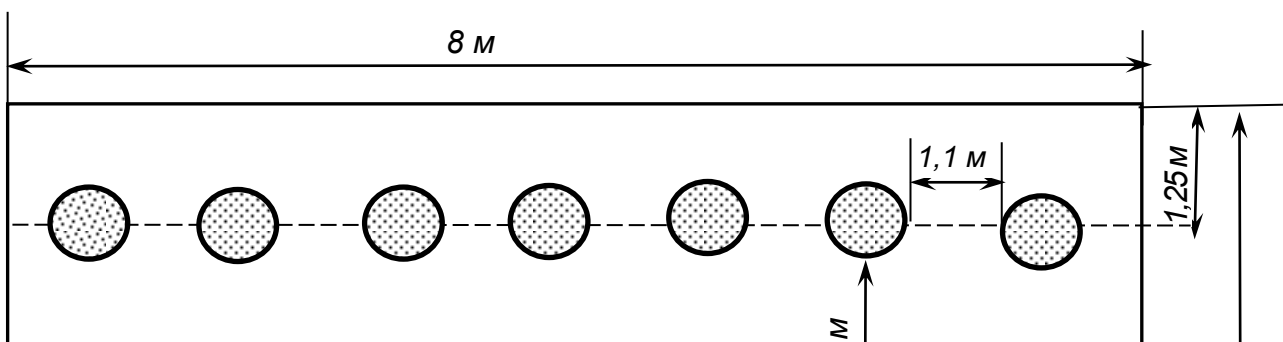


Рисунок 9.1 – Схема розміщення світильників

9.2.3 Заходи електробезпеки

Згідно з чинними нормативно-правовими актами (ГОСТ 12.1.009-76.ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения) електробезпека є системою організаційних та технічних заходів і засобів, що спрямовані на захист людей від шкідливої та небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля та статичної електрики.

Згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі Правила) відповідальність за організацію

безпечної експлуатації електроустановок покладається на роботодавця, який створює необхідні для цього служби, призначає відповідальних осіб, розробляє та затверджує інструкції, забезпечує перевірку знань з електробезпеки тощо.

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт та випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом. Ці працівники повинні мати відповідну професійну підготовку, групу з електробезпеки (I–V), підтверджену посвідченням установленої форми, і не мати медичних протипоказань і вікових обмежень щодо можливості виконання роботи в електроустановках.

Усі засоби і заходи електробезпеки прийнято поділяти на три групи: технічні, організаційні та електрозахисні. Технічних засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів.

До основних технічних засобів і заходів, що використовуються за нормального режиму роботи електроустановок, відносяться: захист від випадкового доторкання до струмовідних частин; блокувальні пристрої; засоби орієнтації та сигналізації; захисне розділення електричних мереж; застосування малої напруги; компенсація ємнісних струмів замикання на землю; вирівнювання потенціалів.

Електрозахисні засоби – це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і застосовуються під час виконання робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм.

Організаційні заходи і засоби щодо попередження електротравм регламентуються НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Вони включають професійний відбір, професійну підготовку, навчання і перевірку знань працівників з питань

електробезпеки, організацію безпечного виконання та нагляду за роботами в електроустановках, обмеження доступу в електроустановки, огляд, профілактичні, протиаварійні, приймально-здавальні випробування електроустановок, опосвідчення діючих електроустановок тощо [17].

9.3 Заходи пожежної безпеки

Пожежна безпека – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на попередження та гасіння пожежі.

Правовою основою діяльності в області пожежної безпеки є Кодекс цивільного захисту України та інші закони України, постанови Верховної Ради України, Укази і розпорядження Президента України, постанови і розпорядження Кабінету Міністрів України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого і регіонального самоврядування, прийняті в межах їхньої компетенції. Кодекс цивільного захисту визначає загальні правові, економічні і соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій області незалежно від виду їхньої діяльності і форм власності.

До нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки відносяться стандарти, правила пожежної безпеки, норми, положення, статuti, інструкції, переліки та інші документи, в яких містяться вимоги пожежної безпеки. В Україні створений Державний реєстр нормативних актів з питань пожежної безпеки.

Увесь комплекс заходів та засобів з пожежної безпеки об'єкта прийнято поділяти на три групи – системи попередження пожежі, пожежного захисту та організаційно-технічних заходів.

Система попередження пожежі – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на неуможливлення умов, необхідних для виникнення пожежі.

Система протипожежного захисту – це сукупність заходів та засобів, спрямованих на запобігання впливу на працівників небезпечних чинників пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї. Основними завданнями системи протипожежного захисту є обмеження розповсюдження і розвитку пожеж і вибухів за межі осередку, своєчасне виявлення та ліквідація пожежі, захист працівників та матеріальних цінностей від дії шкідливих та небезпечних чинників пожеж і вибухів.



Рисунок 9.2 – Структура системи протипожежного захисту

Увесь комплекс організаційно-технічних заходів можна поділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: створення пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому тощо.

До технічних заходів належать: дотримання правил і норм, визначених чинними нормативно-правовими актами при спорудженні та реконструкції приміщень, будівель й об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливого переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції) [15].

ВИСНОВКИ

Згідно з темою дипломного проекту було спроектовано виробництво сульфатної кислоти потужністю 80 тис. т/рік та розроблена стадія абсорбції сульфур (VI) оксиду.

Детальний огляд сучасних способів виробництва сульфатної кислоти та порівняння їхніх переваг і недоліків дали змогу вибрати найбільш ефективний та економічно доцільний – контактний спосіб, що здійснюється за системою подвійного контактування – подвійної абсорбції (ПК – ПА). В якості сульфурвмісної сировини був обраний флотаційний сірчаний колчедан.

В проекті подана повна характеристика вихідної сировини, допоміжних речовин, а також готової продукції. В пояснювальній записці представлено фізико-хімічні основи технологічного процесу абсорбції сульфур (VI) оксиду, наведений опис технологічної схеми виробництва сульфатної кислоти, виконані розрахунки матеріального та теплового балансу стадії абсорбції сульфур (VI) оксиду, конструктивний розрахунок моногідратного абсорбера, вибране допоміжне технологічне обладнання.

Оскільки виробництво сульфатної кислоти має тверді й рідкі відходи та здійснює газоподібні викиди в атмосферу, були детально розглянуті способи їх утилізації та очистки.

Запропонована в спроектованому виробництві система автоматизація стадії абсорбції сульфур (IV) оксиду дозволяє проводити технологічний процес в оптимальному режимі, а також отримувати продукт, що відповідає нормам ГОСТ 2184-77 «Кислота серная техническая. Технические условия».

В розділі «Охорона праці» наведені основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в спроектованому виробництві; розглянуті шкідливі виробничі фактори в виробництві сульфатної кислоти та заходи щодо їх попередження; виконані розрахунки штучного освітлення та вентиляції приміщення хімічної лабораторії спроектованого виробництва.

