

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИНИХ ПОЛІМЕРІВ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Гомеля М.Д.

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**з напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»**

**на тему: «Модернізація очисного обладнання газових викидів
Публічного акціонерного товариства "Київенерго" ТЕЦ-5 »**

Виконав:

студент ІV курсу, групи ЛЕ-51
Космина Микола Миколайович

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент
Носачова Ю. В.

Консультант з розділу «охорона праці»:

Доцент, к.т.н., доцент
Ковтун І. М.

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ЛЕ51. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	58	
3	A1	ДП ЛЕ51. 01.019 ТС		1	
4	A1	ДП ЛЕ51. 02.019 ТС		1	
5	A1	ДП ЛЕ51. 03.019 ТС		1	
6	A1	ДП ЛЕ51. 04.019 ТС		1	
7	A1	ДП ЛЕ51. 05.019 ТС		1	

				ДП ЛЕ51 07.019.00	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Космина М.М.			Лист	Листів
Керівн.	Носачова Ю.В.			1	1
Консулт.	Ковтун І.М.			Відомість дипломного проекту КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51	
Н/контр.					
Зав.каф.	Гомеля М.Д.				

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Модернізація очисного обладнання газових
викидів Публічного акціонерного товариства "Київенерго"
ТЕЦ-5»

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИНИХ ПОЛІМЕРІВ
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – **6.040106**
«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Гомеля М.Д.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Космині Миколі Миколайовичу

1. Тема проекту «Модернізація очисного обладнання газових викидів Публічного акціонерного товариства "Київенерго" ТЕЦ-5», керівник проекту: доцент, к.т.н., Носачова Ю. В., затверджені наказом по університету від «22» травня 2019 р. № 1323 - С
2. Термін подання студентом проекту: 10 червня 2019 року
3. Вихідні дані до проекту: Витрата димових газів - 441,33 м³/с; швидкість димових газів - 10,101 м/с; температура димових газів - 146,1 °С; концентрація SO₂ - 3091 мг/м³; концентрація SO₃ - 380 мг/м³; концентрація NO₂ - 17,91 г/с.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, техніко-економічне обґрунтування проекту, технологічна частина, технічні і гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу: генеральний план підприємства, характеристики димових газів, технологічна схема, план цеху на відмітці +0.000, поздовжній розріз цеху.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	15.04 – 19.05	
2	Обґрунтування технологічної схеми	20.05 – 23.05	
3	Виконання розрахунків	24.05 – 31.05	
4	Оформлення посньювальної записки	01.06 – 04.06	
5	Виконання креслень	05.06 – 09.06	

Студент

Космина М.М.

Керівник проекту

Носачова Ю.В.

Анотація

Дипломний проект на тему: «Модернізація очисного обладнання газових викидів Публічного акціонерного товариства "Київенерго" ТЕЦ-5»

Пояснювальна записка складається із 58ст. 3 табл, 10 рисунків, 3 додатків, 4 креслень на А1.

Містить наступні розділи: вступ, техніко-економічне обґрунтування проекту, технологічна частина(характеристики димових газів), технічні і гідравлічні розрахунки очисних споруд, будівельна частина, охорона праці, висновки, перелік посилань, додатки.

Метою роботи є розробка та удосконалення методів очищення димових газів та ТЕЦ.

В дипломному проекті було виконано технологічний і гідравлічний розрахунок очисного обладнання, а також розрахований матеріальний баланс. Розроблені креслення генерального плану підприємства, технологічної схеми, плану очисних споруд, поздовжнього перерізу.

ДИМОВІ ГАЗИ, РЕЦИРКУЛЯЦІЯ, АБСОРБЕР, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, КРИСТАЛІЗАТОР, СЕПАРАТОР, СУЛЬФАТ АМОНІЮ

					ДП ЛЕ51 07.00.019ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>			
<i>Розроб.</i>		Космина М.М.			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Носачова Ю.В.					
<i>Реценз.</i>					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

Annotation

Diploma project on the theme: "Modernization of the gas treatment equipment of Kyiv Central Heating and Power Plants Public Utility «Kyivteploenergo»

Explanatory note consists of 58p. 3 tables, 10 figures, 3 appendices, 4 drawings on A1.

Contains the following sections: introduction, feasibility study, technological part (characteristics of flue gases), technical and hydraulic calculations of treatment facilities, construction part, labor protection, conclusions, list of references, annexes.

The aim of the work is to develop and improve methods for cleaning flue gases and CHP.

In the diploma project the technological and hydraulic calculation of the treatment equipment was performed, as well as the calculated material balance. Drawings of master plan of the enterprise, technological scheme, plan of sewage treatment plants, longitudinal section are developed.

GAS, RECYCLING, ABSORBER, PURPOSE, CRYSTALIZER,
SEPARATOR, SULFATE AMONIUM

					ДП ЛЕ51 07.00.019ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Космина М.М.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Носачова Ю.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1 Характеристики димових газів.....	13
2.2 Розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення димових газів.....	13
2.3 Розрахунок гранично-допустимих викидів.....	16
2.4 Розрахунок матеріального балансу.....	16
2.5 Теоретичні дані про хімічні та фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі.....	18
2.5.1 Абсорбція.....	19
2.5.2 Спалювання.....	23
2.5.3 Випарювання та кристалізація.....	24
ЗТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	31
3.1 Розрахунок промивача СІОТ.....	31
3.2 Розрахунок абсорбера.....	31
3.3 Розрахунок випарного апарату.....	37
3.4 Розрахунок сепаратора.....	37
3.5 Вибір баків.....	40
3.6 Вибір котла.....	40
3.7 Вибір кристалізатора.....	40
4 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	42
4.1 Об'ємно-планувальне вирішення будівлі.....	42
4.2 Вибір конструктивних елементів.....	42
4.3 Розміщення очисних споруд.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
5.1 Повітря робочої зони.....	47

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Пожежна безпека.....	48
5.3 Виробниче освітлення.....	49
5.4 Електробезпека.....	49
5.5 Захист від шуму та вібрації.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТКИ.....	55

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Теплоелектроцентралі використовують для забезпечення опалення та водопостачання промислових об'єктів і житлових будинків, та є основним джерелом постачання тепло- та електроенергії. Зазвичай ТЕЦ працюють на вугіллі, мазуті або природному газі. І хоча використання природного газу є найбільш доцільним з екологічної точки зору в порівнянні з іншими традиційними паливними ресурсами, це все одно викликає цілий ряд проблем для навколишнього природного середовища. Одними з таких проблем є забруднення повітря викидами діоксиду сірки, окису вуглецю та оксидами азоту.

В наш час одним з головних завдань, не лише виробників, а й науковців, залишається раціональне поводження з енергоресурсами, прийняття правильних екологічних рішень та удосконалення та модернізація старих технологій очищення викидів промислових підприємств, зокрема підприємств паливної галузі.

Метою бакалаврського дипломного проекту є модернізація очисного обладнання газового викиду на СП "Київські ТЕЦ" КП "Київтеплоенерго". На даний момент, до очисного обладнання підприємства відносяться: електрофільтри та циклони.

За допомогою модернізованої технологічної схеми: промивач СІОТ – абсорбер з насадкою – реактор – випарний апарат – кристалізатор – сепаратор досягається більший рівень очищення газових викидів в атмосферне повітря і як наслідок – менший вплив підприємства на довкілля. Побічним продуктом, запропонованої технологічної схеми, є сульфат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, який має дуже низький рівень токсичності та навіть може використовуватись як товарний продукт в якості добрив. Також перевагою модернізованої системи є повернення близько 20% димових газів перед входом на очисні споруди назад до котла. Це зумовлено рециркуляцією газу та, як наслідок, призводить до зниження вмісту окису азоту на 40-45 %.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Діоксид сірки належить до шкідливих забруднюючих речовин навколишнього природного середовища. Він є результатом роботи теплових електростанцій (ТЕС) та теплових електростанцій (ТЕЦ), при згорянні вугілля, мазуту, або як в нашому випадку природного газу. При потрапленні у атмосферу, викиди мають змогу утворювати опади зі зниженим рН, так звані «кислотні дощі», які негативно впливають на рослинний і ґрунтовий покрив, а також можуть викликати загострення астматорних захворювань у людей.

Діоксид азоту, рівень якого також необхідно знижувати, відіграє негативну роль при потрапленні в навколишнє середовище. Виходячи з медичних досліджень, наявність його в атмосферному повітрі провокує зниження опору організму до різних захворювань, знижує гемоглобін, викликає захворювання легень та хвороби органів дихання.

При спалюванні традиційних видів палива відбуваються також викиди у вигляді твердих частинок, що потрапляють в атмосферу, утворюючи аерозолі. Ці аерозолі можуть бути як нетоксичними, так і токсичними. Газові викиди також можуть бути нетоксичними (CO_2 і H_2O) і токсичними (NO_2 , SO_2 , NO). Парниковий ефект утворюють триатомні гази, такі як: H_2O , NO_2 , SO_2 і належать до парникових газів. Виходячи з усіх можливих впливів аерозольних та газових викидів, можна констатувати, що в біосфері з'являються небезпечні для навколишнього середовища явища: парниковий ефект, погіршення прозорості атмосфери, утворення опадів і кислотних дощів.

В процесі очищення димових газів передбачається використання обладнання, що покращує техніко-економічні показники та виробничу програму праці. Автоматична лінія, запропонована для очищення газових викидів, забезпечує максимальну економічну ефективність процесу. Оскільки ми маємо велику кількість спалювання газів за рік, було вигадано максимально кращу схему для очищення димових газів. Оскільки діоксид сірки та діоксид азоту є продуктами викиду з ТЕЦ, найкращим рішенням для зменшення їх викиду це процеси абсорбції та кристалізації.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристики димових газів

Таблиця 2.1 – Характеристики димових газів та їх концентрації.

Характеристики	Параметри	Одиниці вимірювання
Витрата димових газів	441,33	м ³ /с
Швидкість димових газів	10,101	м/с
Температура димових газів	146,1	°С
Концентрація SO ₂	3091	мг/м ³
Концентрація SO ₃	380	мг/м ³
Концентрація NO ₂	17,91	г/с

Дані характеристики були зібрані безпосередню на ТЕЦ-5. Виходячи з цих параметрів було запроваджено технологічну схему, що використовує комбінований варіант очищення димових газів.

2.2 Розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення димових газів

Для того, щоб вибрати найбільш прийнятну технологію очищення димових газів, необхідно враховувати: характеристику димових газів, що поступають на очисні споруди; методи побічних продуктів; місцеві метеорологічні умови довкілля.

Вибір методу очищення ґрунтується на основі кількості надходження димових газів до котла, характеристик місця викиду очищених промислових димових газів та поводження їх в атмосферному повітрі, рішень з органами Держнагляду на етапі прийняття рішення про спорудження та впровадження

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очисних споруд або про реконструкцію підприємства, порівняння техніко-економічних показників.

Якщо звернути увагу на те, що спалювання природного газу – це процес економічно затратний, була запроваджена система, в якій деяка кількість пального відводиться на рециркуляцію. Це допомагає сильно підвищити ефективність згоряння палива, зменшенню швидкості згоряння та розтягування зон горіння. Це, у свою чергу, дає можливість збільшити рівень охолоджуваності, яку забезпечують екрани топки.

Зважаючи на малу концентрацію золи, було доцільно не встановлювати зололовлювач, оскільки його наявність сильно збільшила гідравлічний опір системи.

Була використана установка для очищення димових газів від SO_2 аміачно-кислотним методом.

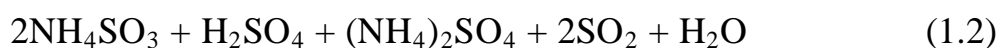
Одним з найбільш розповсюджених та найчастіше вживаних методів зниження рівня оксидів азоту є рециркуляція продуктів згоряння в зону випалу. Зовнішня рециркуляція задалегідь охолоджених газів ефективніша за внутрішню. Для організації рециркуляційного процесу, димові гази з температурою від 300 до 400°C після проходження водяного економайзера відбираються димососом та за допомогою вентилятору подаються в топочну камеру. Підмішуючи 20-25% димових газів, досягається зменшення вмісту окису азоту на 50%. Як і зменшення температури горіння, рециркуляція газу призводить до зниженню вмісту кисню, розтягування горючих зон та зменшенню швидкості горіння.

Також слід зазначити, що організація рециркуляція пов'язана зі складнощами транспортування запиленних газів. Воно потребує встановлення допоміжних димососів.

Далі димовий газ подається на очисні споруди. В нашому випадку це установки для очистки від SO_2 аміачно-окислювальним методом. Надходячи до промивача СІОТ, газ охолоджується зі 180°C до 60°C. Водночас, в промивачі відбувається до уловлювання часток SO_3 . Далі газ надходить в

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

абсорбер, що зрошується сульфїт-бісульфїтним розчином в який подається аміак. Відпрацьований розчин поступає в реактор, куди додається аміак для переводу бісульфїта амонію в сульфїт амонію. В реакторі відбувається окислення сульфїта амонію в сульфат амонію.



Після проходження хімічних реакцій розчин через підігрівач проходить у випарний апарат, де відбувається процес випарювання і згодом в кристалізаторі з'являються кристали. Для відділення твердої фази від рідкої суміш надходить на центрифугування. Під дією повітря, через трубу-сушилку в сепараторі відділяється сульфат амонію, що йде на виробництво добрив.

Технологічна схема очищення димових газів приведена в рисунку 2.1

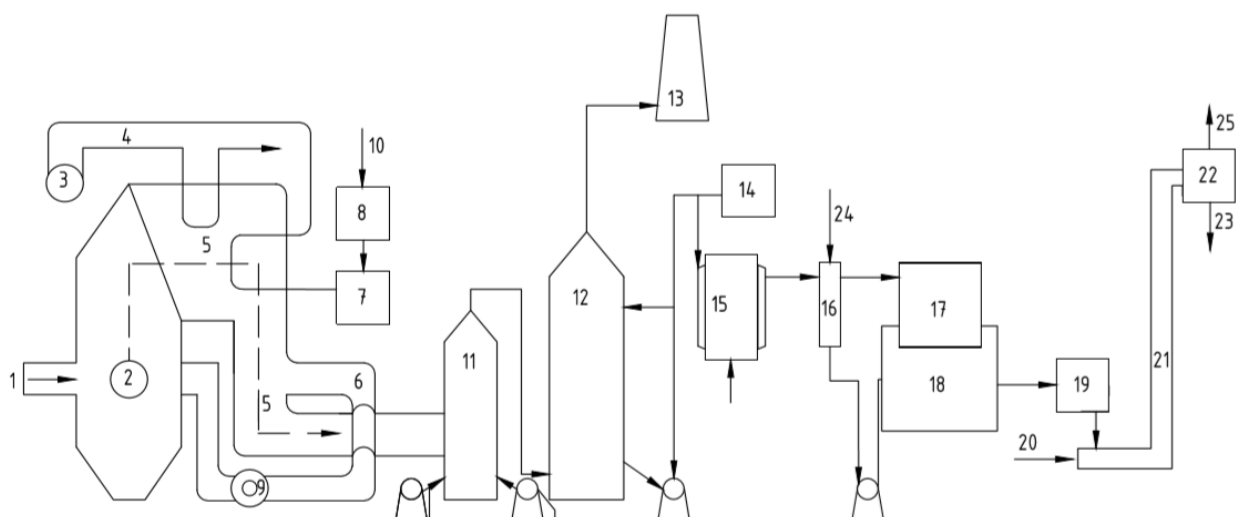


Рис. 2.1 – Технологічна схема очищення димових газів :

1 – надходження палива через трубопровід з повітрям; 2 – пальник; 3 – барабан; 4 – паронагрівач та вихід пари; 5 – рух димових газів; 6 – відвід 20% димових газів на рециркуляцію; 7 - насос; 8 – бак води; 9 – вентилятор; 10 – подача води; 11 – промивач СІОТ; 12 – абсорбер з насадкою; 13 – димова труба; 14 – бак NH_4 ; 15 – реактор; 16 – підігрівач; 17 – випарний апарат; 18 – кристалізатор; 19 – центрифуга; 20 – повітря; 21 - труба-сушилка; 22 – сепаратор; 23 - сульфат амонію; 24 – пар; 25 – очищений димовий газ.

						ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
							15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.3 Розрахунок гранично допустимих викидів (ГДВ)

Значення гранично допустимих викидів (ГДВ), г/с для нагрітої газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела з круглим отвором або групи таких близько розташованих одиночних джерел у випадках, коли фонові концентрації суміші, що розглядається, — $C_{\text{ф}}$ — встановлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру і постійна на території району, що розглядається, визначається за формулою:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_{\text{ф}}) * H^2}{AFmn\eta} \sqrt[3]{V * \Delta T} \text{ г/с} \quad (2.1)$$

де A — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок, $\text{с}^2/3^\circ\text{C}$; F — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері; m, n — безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду; H — висота джерела викиду над рівнем землі, м; ΔT — різниця між температурою газоповітряної суміші $T_{\text{г}}$ що викидається, та температурою навколишнього повітря $T_{\text{н}}$, $^\circ\text{C}$; V — об'єм газоповітряної суміші, $\text{м}^3/\text{с}$

$$\text{ГДВ}_{\text{SO}_2} = \frac{(0.5 - 0,0226) * 33^2}{160 * 1 * 0,828 * 1,003 * 1} \sqrt[3]{18,31 * 50} = 37.98 \text{ Г/с};$$

$$\text{ГДВ}_{\text{NO}_2} = \frac{(0.085 - 0,0642) * 33^2}{160 * 1 * 0,828 * 1,003 * 1} \sqrt[3]{18,31 * 50} = 1.54 \text{ Г/с};$$

2.4 Розрахунок матеріального балансу

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Витрата димових газів	$\text{м}^3/\text{с}$	411,33
Концентрація SO_2	$\text{мг}/\text{м}^3$	3091

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Концентрація SO ₃	мг/м ³	380
Концентрація NO ₂	г/с	17,91

Блок-схема матеріального балансу для представленої технологічної схеми очищення димових газів представлена на рисунку 2.2

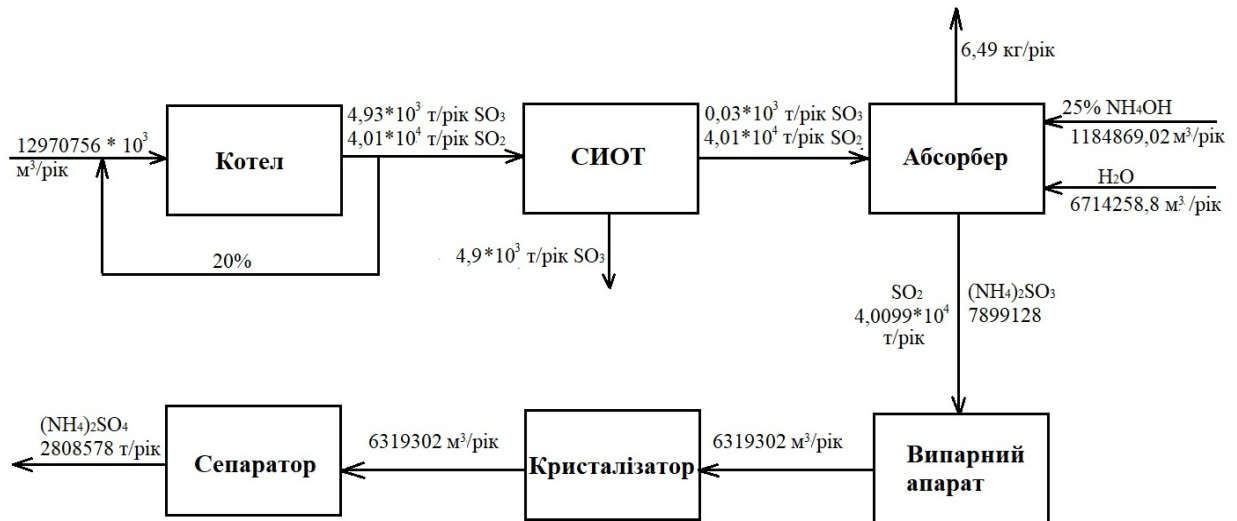


Рис. 2.2 – Блок-схема матеріального балансу

Матеріальний баланс розраховується за блок-схемою, показаною на рис.2.2.

Розраховуємо об'ємну витрату газу за рік:

$$V_p = V_r * 365 * 24 \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (2.2)$$

де V_p – об'ємна витрата газу за годину

$$V_p = 1480680 * 365 * 24 = 12970756 * 10^3 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Розраховуємо масу діоксиду сірки і триоксиду сірки на вході в промивач СИОТ:

$$m = C_{\text{вх пилю}} * V_p \text{ т/рік} \quad (2.3)$$

$$m_{\text{SO}_3} = 380 * 12970756 * 10^3 = 4,93 * 10^3 \text{ т/рік};$$

$$m_{\text{SO}_2} = 3091 * 12970756 * 10^3 = 4,01 * 10^4 \text{ т/рік}.$$

Видалення SO₃ в промивачі, враховуючи ефективність апарату:

$$m_1 = C * \eta, \quad (2.4)$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, η – 0.9938 ефективність апарату

$$m_1 = 4,93 * 10^3 * 0,9938 = 4,9 * 10^3 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок абсорбера та кількості додавання реагентів. Оскільки об'єм додавання рідини дорівнює 7899128 м³/рік на зрошення, то:

$$V = V_3 * \eta \text{ м}^3/\text{рік}; \quad (2.5)$$

де η_a – ефективність абсорбера, V_3 – об'єм на зрошення.

$$V_{\text{аміак}} = 7899128 * 0,15 = 1184869,2 \text{ м}^3/\text{рік};$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 7899128 * 0,85 = 6714258,8 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

На шляху у випарний апарат кількість SO₂, враховуючи ефективність:

$$M = C_{\text{so}_2} * \eta_{\text{вп}} \text{ т/рік}; \quad (2.6)$$

де $\eta_{\text{вп}}$ – ефективність випарного апарату,

$$M_{\text{SO}_2} = 4,01 * 10^4 * 99,99 = 4,0099 * 10^4 \text{ т/рік.}$$

Кількість утвореного (NH₄)₂SO₃ складає:

$$m_2 = V_{\text{аміак}} + V_{\text{H}_2\text{O}} \text{ м}^3/\text{рік}; \quad (2,6)$$

$$m_2 = 6714258,8 + 1184869,2 = 7899128 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Розрахунок кількості (NH₄)₂SO₄

$$m_3 = m_2 * 0,2 \text{ м}^3/\text{рік}; \quad (2.7)$$

$$m_3 = 7899128 * 0,2 = 6319302 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сухий сульфід амонію складає 2808578 т/рік, оскільки щільність (NH₄)₂SO₄ дорівнює 1.77 г/см³.

2.5 Теоретичні дані про хімічні та фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі

Технологічна схема очищення димових включає в себе такі процеси, як абсорбція, спалювання і кристалізація.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5.1 Абсорбція

Абсорбція — поглинання речовини з газового чи рідкого середовища усім об'ємом рідини чи твердого тіла. Наприклад, газу — рідиною (аміаку — водою) або рідини — твердою речовиною. В результаті фізико-хімічної взаємодії фаз вилучається компонент, що переходить із газової суміші в рідку фазу, при цьому газова суміш збіднюється вилученим компонентом, а рідка фаза відповідно ним збагачується. Початкову газову фазу можна розглядати як механічну газову суміш, що складається з інертних компонентів та речовини, що поглинається абсорбентом. Інертними називаються компоненти газової фази, які майже не поглинаються рідиною, і вони є газовою фазою - носієм стосовно компонента, що переноситься в рідку фазу і нею поглинається. А от абсорбент є рідкою фазою - носієм, що складається з поглинача та розчиненого в ньому компонента газової фази. Абсорбат - компонент, що поглинається із газової суміші рідиною - абсорбентом, а от частину поглиненого компонента в абсорбенті називають абсорбтивом.

Відзначимо, що фізична абсорбція в реальних процесах (в чистому вигляді) зустрічається рідко, набагато частіше одночасно із процесом фізичної абсорбції протікають хемосорбційні взаємодії фаз, а в багатьох процесах, пов'язаних з виробництвом неорганічних кислот, хемосорбційні процеси є основними.

Фізична абсорбція – це процес контактування газової й рідкої фази, при якому відбувається фізичне розчинення абсорбата в абсорбенті й вони не вступають в хімічну взаємодію між собою. Якщо ж компонент, який поглинається, вступає в хімічну реакцію з абсорбентом, то цей процес називається хемосорбція.

Процеси абсорбції протікають у спеціальних апаратах – абсорберах. Основним призначенням абсорбера є створення умов для протікання самого процесу абсорбції. Що означає - організацію активної взаємодії між собою газової й рідкої фаз та утворення розвиненої поверхні фазового контакту.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головною особливістю процесів абсорбції є те, що в ній дифузія речовини, яка може поглинається абсорбентом, проходить в одному напрямку з газової в рідку фазу, при цьому рушійною силою процесу є різниця робочої й рівноважної концентрацій абсорбату саме у газовій фазі.

У багатьох абсорбційних установках і процесах паралельно з абсорбцією в окремих апаратах проводять також і десорбцію.

Якщо абсорбцію розглядати саме як процес прямого переходу речовини, що поглинається, з газової або парової фази в рідку, то безпосередньо десорбцію розглядають навпаки, як зворотний процес перенесення речовини з рідкої фази в газову фазу. Десорбцію використовують з метою виділення з абсорбенту поглиненої речовини в чистому вигляді, з метою зниження експлуатаційних і енергетичних витрат для регенерації абсорбенту й повторного його використання на абсорбційній установці.

Десорбція і абсорбція є суто масообмінними процесами та їм притаманні усі основні та головні ознаки дифузійних процесів: перенесення речовин проходить між газовими й рідкими фазами; передача речовини з однієї фази в іншу відбувається під дією рушійних сил у напрямку досягнення рівноважного стану між ними; взаємодіючим фазам властиві оберненість та вибірковість, що дозволяє змінювати швидкість і напрямок протікання процесу вибором відповідного абсорбенту або зміною основних або побічних параметрів процесу. При збільшенні тиску та зниженні температури збільшується швидкість процесу абсорбції, але при підвищенні температури й зниженні тиску зростає швидкість зворотного до абсорбції процесу - десорбції. Умови процесів поглинальної взаємодії фаз в газорідинній системі характеризуються їх статикою та кінетикою.

Кінетика процесу абсорбції - це зміна швидкості перенесення речовини з газової фази в рідку фазу що залежить від фізико-хімічних властивостей компонента і абсорбента. При цьому завжди враховують умови контакту взаємодіючих фаз в абсорбері, напрям відносного руху фаз, а також параметри тиску та температури.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статика процесу абсорбції характеризує умови досягнення рівноважного стану в системі газовий компонент - рідка фаза залежно від вмісту компонента у газовій фазі - носії та приймаючій рідкій фазі, а також від фізико-хімічних властивостей компонента і поглинача та фізичних параметрів системи (температури й тиску).

У технологічних абсорбційних установках застосовують такі принципові схеми взаємодії потоків: одноступінчасті й багатоступінчасті протитечійні, прямотечійні, з рециркуляцією газу або рідини.

При взаємодії протиточного потоку абсорбент подається в апарат зверху і під дією гравітаційних сил рухається вниз, взаємодіючи з контактними пристроями з потоком газу, що рухається вгору. При протиточній взаємодії потоків, абсорбований компонент видаляється в найбільшій мірі від газової фази, і може бути досягнута досить низька концентрація PR в очищеному газі і видаляється з верху колони. Крім того, зазвичай досягається найвища кінцева концентрація PR в абсорбенте, абстрагованому з дна колони, тому протиточне поглинання використовується для отримання висококонцентрованих розчинів. У схемах з протиточним поглинанням питома витрата абсорбенту, звичайно, нижче, ніж в інших схемах, однак, кількість контактних елементів помітно більше. При прямотечійній абсорбції газовий потік і абсорбент рухаються паралельно в одному напрямку (наприклад, зверху донизу при низхідному потоці або знизу догори при висхідному потоці).

Пряме поглинання використовується в установках для поглинання абсорбентами високорозчинних газів. Зазвичай в таких установках немає необхідності досягати високих концентрацій PR в газі, його видаляють з установки, тому питома витрата абсорбенту в установці прямого потоку набагато вище. Перевагою прямолінійних поглиначів є їх невелика висота, оскільки в таких пристроях потрібна тільки одна теоретична пластина. Одноразове поглинання використовується в установках для санітарної

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очистки.

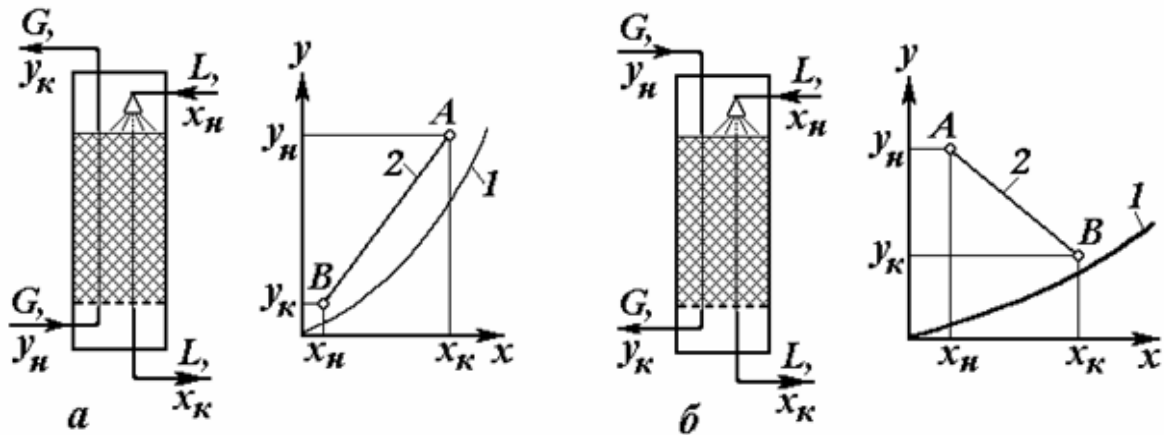
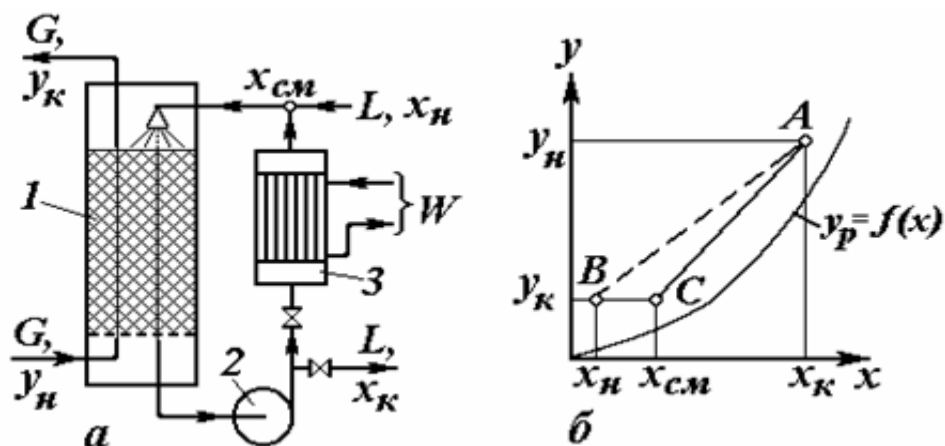


Рисунок 2.3 - Схеми і діаграми процесів однокомпонентної абсорбції: а - протитечійної; б - прямотечійної: 1 - крива рівноваги; 2 - робоча лінія процесу

Змішані і перехресні струми взаємодіючих фаз під час поглинання спостерігаються на чашкоподібних контактних пристроях, коли рідина рухається в пластині від одного пристрою переливу до іншого, і газ пропускається через шар рідини у вертикальному напрямку: на деталях і кришки пластин або в напрямку потоку рідини, на клапані і струменевих пластинах. Ефективність взаємодії фаз на контактних елементах зі змішаним та поперечним потоком, звичайно, нижча, ніж ефективність протиточних пристроїв.

Установки з рециркуляцією рідини і газу. При необхідності збільшують щільність зрошення або регулюють температуру в процесі абсорбції використовуюваного абсорбційного блоку з рециркуляцією газу або рідини .



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 2.4 - Схема абсорбційної установки з однократною рециркуляцією абсорбенту: а - схема установки; б - зображення процесу на у - х діаграмі: 1 - абсорбер; 2 - насос циркуляційний; 3 - теплообмінник

Схема абсорбції з рециркуляцією рідини передбачає повернення частини насиченого і охолодженого абсорбенту в поглинач. У цьому випадку досягаються наступні переваги процесу абсорбції: можна знизити температуру процесу шляхом видалення тепла розчинення газу з розширеного теплообмінника; збільшує щільність зрошення колони, допомагає поліпшити щільність поливних форсунок і збільшити швидкість поглинання коефіцієнт масопереносу. Важливим показником процесу абсорбції є кратність циркуляції, яка характеризує об'ємне чи масове відношення витрати циркулюючого абсорбенту до витрати свіжого абсорбенту.

2.5.2. Спалювання

Суть методу спалювання палива в два етапи полягає в тому, що в первинну зону горіння подається менше повітря, ніж теоретично, що призводить до зниження максимальної температури в зоні факела, зменшення вмісту кисню в ядрі пальника, зниження швидкості реакції утворення оксидів азоту. Масштабна перевірка спалювання палива в два етапи на котлоагрегатах вітчизняного та зарубіжного виробництва дозволяє зробити наступний висновок: при спалюванні природного газу та мазуту, поетапний процес згоряння може бути організований шляхом подачі меншої розрахункової кількості повітря на окремі пальники (або до ряду пальників) та надлишкового повітря до пальників, розташованих вище; або шляхом створення спеціальних пальників для спалювання в два етапи. Двоступеневе (або багатостадійне) спалювання палива є дешевим, надійним і практично універсальним методом зниження виходу оксидів азоту при спалюванні природного газу, мазуту і вугілля.

Цей спосіб горіння перевіряли протягом двох-трьох років в умовах експлуатації на котлах ТП-100 і може бути рекомендований до використання. У той же час перспективним є розроблений в Європі паливний пальник для

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спалювання вугілля в три етапи. Подача води або пари в зону горіння. Подача води або пари в зону горіння призводить до зменшення утворення оксидів азоту, оскільки водяна пара впливає на кінетику їх утворення. Крім того, така подача пари інтенсифікує реакцію горіння і забезпечує спалювання монооксиду вуглецю внаслідок додатковості радикалу гідроксилу OH. Цікавим методом і практичного мало затратним є використання подачі водяної пари, так як вона впливає на кінетику утворення оксидів азоту і знижує їх утворення. Подача води чи водяної пари в зону згорання для зниження утворення оксидів азоту викликає значне зацікавлення із наступних міркувань: Споживання - це складова є порівняно невеликою і не вимагає будівництва трубопроводів великого діаметру, як це необхідно під час постачання та переробки газу, що означає, що процедура є відносно дешевою; Позитивний вплив води або пари в зоні горіння полягає не тільки в зменшенні утворення оксидів азоту, але і при спалюванні монооксиду вуглецю і 3,4-бензапірена. Можливість використання при спалюванні твердого палива.

Використання пальників спеціальної конструкції. Що стосується використання спеціальних пальників з пониженим утворенням оксидів азоту, то треба звернути увагу на такі конструкції:

- пальники двохстадійного спалювання розроблені інститутом технічної теплофізики і АН України для промислових котлів;
- пальники двохстадійного спалювання для котлів ПТ ВМ ;
- пальники двохстадійного спалювання промислових енергоблоків ;
- пальники з рециркуляцією для котлів промислових енергоблоків;
- щілинні подові і пальники промислових і опалювальних котлів.

2.5.3 Випарювання і кристалізація

Випарювання – це процес концентрування рідких розчинів практично нелетких речовин шляхом часткового видалення розчинника при кипінні рідини. У процесі випарювання розчинник видаляється з усього обсягу розчину, в той же час при температурах нижче температури кипіння випарювання рідини відбувається тільки на поверхні розчину. Випарювання

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується для збільшення концентрації розбавлених розчинів або для вилучення розчиненої речовини з них кристалізацією. У біотехнологічних галузях промисловості, зокрема в харчовій і фармацевтичній промисловості, для концентрування розчинів, цукрових і вітамінних сиропів, фруктових і овочевих соків, молока, вершків і т.п. Як правило, водні розчини випаровуються в цих галузях.

Тепло для випаровування може подаватися будь-яким теплоносієм, що використовується під час нагрівання. Однак у більшості випадків водяна пара використовується в якості нагрівального агента, що називається нагріванням або первинним. В якості первинної пари використовують або пар, отриманий з парогенератора, або паровий випуск, або парову турбіну, проміжний відбір пари. Пара, що утворюється при випаровуванні киплячого розчину, називається вторинною. Тепло, необхідне для випаровування розчину, зазвичай надходить через стіну, що відокремлює теплоносієм від розчину. Процеси випаровування проводять під вакуумом, при підвищеному або при атмосферному тиску. Вибір тиску пов'язаний з властивостями випаровуваного розчину і можливістю використання теплоти вторинного пара.

Випаровування під вакуумом має ряд переваг перед випаровуванням при атмосферному тиску, хоча теплота випаровування розчину трохи збільшується зі зменшенням тиску і, відповідно, споживання пари на 1 кг розчинника (води) дещо збільшується. Випаровування під вакуумом дозволяє проводити процес при більш низьких температурах, що є важливим у випадку концентрування розчинів речовин, схильних до розкладання при підвищених температурах. Крім того, розрідження збільшує корисну різницю температур між нагрівальним агентом і розчином, що зменшує поверхню нагріву апарату (інші умови є рівними). У випадку тієї ж корисної різниці температур, при випаровуванні під вакуумом можна використовувати нагрівальний агент з більш низькими робочими температурами і тисками. Використання вакууму дозволяє використовувати нагрівальний агент, відмінний від первинної пари, вторинний пар самої установки випаровування, зменшує витрату первинної

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пари. У той же час, коли використовується вакуум, вартість випарного агрегату зростає, оскільки додаткові витрати покладаються на вакуумні пристрої (конденсатори, пастки, вакуумні насоси), а також експлуатаційні витрати. Випаровування під високим тиском дозволяє використовувати вторинний пар як для випаровування, так і для інших потреб, не пов'язаних з процесом випаровування, наприклад, в якості нагрівачого агента в водонагрівачах.

Вторинний пар, прийнятий в бік, називається екстра-парою. Вибір вищої пари під час випаровування при підвищеному тиску дозволяє краще використовувати тепло, ніж при випаровуванні під вакуумом. Але випаровування при підвищеному тиску підвищує температуру кипіння розчину; тому цей метод використовується тільки для випаровування термічно стабільних речовин. Крім того, для випаровування під тиском потрібні нагрівальні агенти з більш високою температурою. Під час випаровування при атмосферному тиску вторинна пара зазвичай не використовується і викидається в атмосферу. Таким чином, випаровування є найпростішим, але найменш економічним. Випрямлення при атмосферному тиску, а іноді і під вакуумом, здійснюється в одному випарнику - однокорпусних випарних установках. Однак найбільш поширені багатокорпусні випарники, що складаються з декількох випарників, або будівель, в яких вторинний пар кожної попередньої будівлі направляється як опалення до наступного будинку. У цьому випадку тиск у послідовно з'єднаних (уздовж випарюваного розчину) випадках зменшується так, щоб забезпечити різницю температур між вторинною парою від попереднього випадку і розчином, що закипає в цьому випадку, тобто створити необхідну рушійною силою процесу випаровування. У цих установках тільки перший корпус нагрівається первинною парою. Таким чином, у багатокорпусних випарних установках досягається значна економія первинної пари порівняно з єдиними установками тієї ж продуктивності. Економія первинної пари також може бути досягнута в одноступінчастих випарних установках з тепловим насосом. У таких

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установках вторинна пара на виході з апарату стискується за допомогою теплового насоса (наприклад, термокомпресора) до тиску, що відповідає температурі первинної пари, після чого вона знову повертається в апарат для випарювання розчину.

На виробництві закріплені переважно безперервно працюючі випарники. Тільки в малотоннажних зонах, а також в приміських районах в приміських районах міста, в яких відбуваються ротові вечори. Концерт піднявся на такому апараті, щоб побачити всі події, що відбуваються в країні. Те, що відбудеться найближчим часом, може призвести до того, що він вийде з-під контролю в квартирі, де я житиму найближчим часом. Вражаючі установки забезпечують більшу безпеку поверхні (час 2000 м² у шкіряному футлярі) і забезпечують високу температуру тепла.

У випарному апараті зазвичай виникають температурні втрати, які знижують різницю температур між гріючою парою та розчином випару. Вони складаються з температурної депресії Δ' , гідростатичної депресії Δ'' і гідравлічної депресії Δ''' . Температурна депресія Δ' дорівнює різниці між температурою кипіння розчину та температурою кипіння чистого розчинника за однакового тиску. Температура кипіння розчину завжди вища за температуру кипіння чистого розчинника. Значення Δ' залежить від природи розчиненої речовини та розчинника, концентрації розчину та тиску. Значення Δ' , отримані експериментальним шляхом, наводяться у довідниковій літературі. Зазвичай ці дані стосуються атмосферного тиску. Величину Δ' за будь-якого тиску можна отримати, користуючись рівнянням І.А. Тищенка.

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{\text{atm}}$$

Дане рівняння можна використовувати лише для розведених розчинів.

Гідростатична депресія обумовлена тим, що частина висоти нагрівальних трубок випарного апарату заповнена рідиною, над якою знаходиться паро-рідка емульсія; вміст парів у ньому різко зростає у напрямку до верхнього краю труб. Внаслідок гідростатичного тиску стовпчика рідини в

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубах температура кипіння шарів рідини, розташованих нижче, буде вище температури кипіння шарів, розташованих вище. Гідростатична депресія необхідна, коли прилади працюють під вакуумом.

Значення гідростатичної депресії не може бути точно розраховане через те, що рідина в трубах знаходиться у русі, причому Δ'' залежить від інтенсивності циркуляції та змінної густини паро-рідинної емульсії, яка заповнює більшу частину висоти кип'ятильних труб. Для вертикальних апаратів з циркуляцією випарюваного розчину Δ'' може бути прийнята в межах 1–3 °С.

При розрахунку багатокорпусних установок гідравлічну депресію враховують, приймаючи до уваги зниження тиску вторинної пари лише у паропроводах між корпусами. Температура кипіння розчину з урахуванням температурних втрат, зумовлених температурною та гідростатичною депресією, складає

$$t_{\text{еєі}} = T' + \Delta' + \Delta'',$$

де T' – температура вторинної пари.

Кристалізація являє собою процес вилучення речовини з розчину, розплаву або пари у вигляді кристалів. У промисловості переважно кристалізація з розчинів. Кристалічна структура твердої фази стабільна, оскільки структурні елементи (атоми, іони або молекули), що утворюють кристалічні решітки, розташовані найбільш компактно і мають мінімум вільної енергії. Тому аморфні речовини поступово кристалізуються (наприклад, кристалізація сахарози в карамелі та інші кондитерські маси при тривалому зберіганні). Зовні кристали є багатогранниками різної форми, з певною симетрією. Саме властивість симетрії формує основу для класифікації кристалів.

У разі масової кристалізації (в промисловому виробництві) кристали одного і того ж речовини відрізняються за розміром і зовнішнім виглядом (звичка). Однак кути між відповідними гранями у всіх кристалах цієї речовини залишаються тими ж. Ця властивість, пов'язана з особливостями внутрішньої

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

структури, називається законом сталості кутів (закон Хуей). Деякі речовини мають кілька кристалічних форм, які стійкі в певних інтервалах тиску і температури (явище поліморфізму). Перехід від однієї кристалічної форми до іншої супроводжується тепловим ефектом внаслідок перебудови кристалічної решітки. Багато речовин кристалізуються з включенням молекул води в кристалічну решітку, утворюючи так звані кристалічні гідрати.

У промисловості, використовуючи кристалізацію, речовини (сіль, цукор, глюкоза, лактоза) отримують в чистому і зручному вигляді. Для отримання надчистих речовин вони вдаються до повторної перекристалізації (наприклад, у виробництві цукру). Процес кристалізації використовують також для згущення замерзання термічної стабільності рідких продуктів.

При цьому зберігаються їхні поживні властивості. Процес зворотної кристалізації переходу твердої фази в рідкий стан, коли молекули твердого речовини розподілені між молекулами розчинника, називається розчиненням. Розчинення супроводжує процес кристалізації в промислових умовах з коливаннями температури і концентрації. Поряд з цим, вона має самостійне значення в більшості галузей промисловості, де використовуються цукор, сіль та інші розчинні продукти.

Процеси кристалізації і розчинення не суворо зворотні. Часто, при тих же значеннях рушійної сили (різниці концентрацій), розчинення відбувається набагато швидше, ніж кристалізація. Зауважимо, що процес кристалізації набагато складніший. Кристалізація, як і будь-який фізико-хімічний процес, характеризується статикою, кінетикою і динамікою. Статика кристалізації визначає умови рівноваги між кристалами і розчином, з якого вони утворювались, а також зв'язок між початковими і кінцевими параметрами процесу. Кінетика встановлює величину швидкості переходу речовини з однієї фази в іншу при заданих умовах. Динаміка кристалізації визначає характер зміни параметрів системи в часі при зміні керованих параметрів (температури, концентрації). На основі статистики складають матеріальні і теплові баланси, потрібні для розрахунку виходу кристалічного продукту, а також витрати

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоти. Кінетичний розрахунок застосовують для вибору конструкції та визначення розмірів кристалізатора. Динамічні характеристики кристалізаторів потрібні для автоматичного керування і оптимізації процесу.

Кристалізація відбувається внаслідок обмеженої розчинності речовин. Якщо в розчинник вводять достатньо розчинних кристалів речовини, то процес розчинення припиняється через деякий час і динамічна рівновага між утвореним розчином і твердою фазою не розчиняється. Таке рішення називається насиченим, а його концентрація називається розчинністю. Розчин, концентрація якого менша за рівновагу, називається ненасиченим, а більше - пересиченим. І ненасичені, і насичені розчини знаходяться в постійному стані і можуть зберігатися без змін протягом необмеженого часу. У той же час максимально можлива кількість розчиненої речовини міститься в насиченому розчині. Навпаки, перенасичений розчин нестійкий. Надлишок (порівняно з рівноважним) кількості розчиненої речовини в ньому може осідати у вигляді кристалів, і розчин стане насиченим. Отже, процес кристалізації - це перехід несталого перенасиченого розчину в сталий насичений. Перевищення концентрації перенасиченого розчину C над розчинністю C_0 називають перенасиченням ($\Pi=C-C_0$), а їх відношення коефіцієнтом перенасичення $a=C/C_0$. Розчинність C_0 , що характеризує стан динамічної рівноваги між кристалами і розчином, залежить, від властивостей системи, температури і наявності домішок.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1. Розрахунок промивача СІОТ

Приймаємо діаметр вхідного патрубку за 2240мм, виходячи з початкової витрати димових газів 1480680 м³/год.

$$\Delta p = 147w_r - 980$$

$$\eta = 100(100 - \eta_1)\sqrt{D} = 100(100 - 95)\sqrt{2240} = 88,38\%$$

3.2. Розрахунок абсорбера

$$C_{SO_2} = 3091.49 \text{ мг/м}^3,$$

$$P = 105 \text{ Па},$$

$$t_r = 303\text{К}$$

$$C_{NO_2} = 3.9 \text{ г/м}^3$$

Перерахунок концентрації SO₂:

$$y_1 = \frac{C * R * T}{P_{общ} * M_k}; \quad (3.1)$$

де T – температура (К), C – концентрація, R – універсальна газова стала.

$$y_1 = \frac{8314 * 0.003 * 273}{10000 * 34} = 0.0026;$$

Щільність сухих газів:

$$P_{ос} = (y_1 * p_{01} + y_2 * p_{02} + \dots + y_n * p_{0n}) \quad (3.2)$$

де y – молярні частки, p₀ – щільність окремих газових елементів.

$$P_{ос} = 1,34 * 0,2 + 2,63 * 0,0026 = 0.26 \text{ кг/м}^3$$

Щільність вологих газів:

$$P_о = \frac{P_{ос} + d_{ос}}{P_{води} + d_{ос}} * P_{води}; \quad (3.3)$$

$$P_о = \frac{0,26 + 0.035}{0,804 + 0,035} * 0,804 = 0,205 \text{ кг/м}^3$$

Щільність газів в робочих умовах:

$$P = P_о \frac{(B + P_r) * 273}{101325 * t_r}; \quad (3.4)$$

де B – барометричний тиск, P_r – надлишковий тиск в апаратному газоході.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{0,205 * 10000 * 273}{101325 * 303} = 0,18 \text{ кг/м}^3$$

Витрата сухих газів:

$$Q_{oc} = \frac{10000}{1 + 0.019/0.804} = 1451647 \text{ сг/ч}$$

Концентрація оксиду сірки у вологих газах:

$$C_o = \frac{0,0039 * 1451647}{10000} = 0.0038 \text{ кг/м}^3$$

$$y_1 = \frac{8314 * 0.0038 * 273}{10000 * 34} = 0.0025$$

Витрата газів в робочих умовах:

$$Q = Q_0 \frac{303 * 101325}{273 * (B + Pr)} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.4)$$

$$Q = 1480680 \frac{303 * 101325}{273 * 10000} = 1665767 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Концентрація оксиду сірки на виході з абсорбера при ефективності 87% :

$$y_2 = \frac{y_1}{1 * \frac{87}{100}} \quad (3.5)$$

$$y_2 = 0.0025 * 0.13 = 0.000325$$

Динамічна в'язкість газової суміші:

$$\mu = \mu_0 \frac{Sat + 273}{T + Sat} \left(\frac{T}{273} \right)^{1.5} \quad (3.6)$$

де Sat – константа Сатерленда, μ_0 – динамічна вязкість при 0 °С, T – температура

$$\mu_{so2} = 1.16 * 10^{-7} \frac{396 + 273}{303 + 396} \left(\frac{303}{273} \right)^{1.5} = 127 * 10^{-7}$$

$$\mu_{no2} = 1.11 * 10^{-7} \frac{433 + 273}{303 + 433} \left(\frac{303}{273} \right)^{1.5} = 122 * 10^{-7}$$

Молекулярна маса газової суміші:

$$M_{cm} = M_{SO_2} * y_{SO_2} + M_{NO_2} * y_{NO_2} \quad (3.7)$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $M_{ст}$, M_n – молекулярна маса суміші газів та окремих компонентів.

$$M_{ст} = 64.06 * 0.0026 + 46.01 * 0.2 = 9.36$$

$$\frac{M_{ст}}{\mu_{стг}} = \frac{y_1 * M_1}{\mu_1} + \frac{y_2 * M_2}{\mu_2} + \dots + \frac{y_n * M_n}{\mu_n}; \quad (3.8)$$

де $\mu_{ст}$, μ_1 , μ_2 – динамічна в'язкість суміші газів та окремих компонентів, $y_{ст}$, y_1 , y_2 – молекулярна частка суміші газів та окремих компонентів

$$\frac{9.36}{\mu_{стг}} = \frac{64,06 * 0,0026}{127 * 10^{-7}} + \frac{46.01 * 0,2}{122 * 10^{-7}} = 767376.9;$$

$$\mu_{стг} = 0,226 * 10^4 \text{ Па*с.}$$

Витрата абсорбенту:

$$C = \frac{y_n * P}{R * T} \text{ моль/л,} \quad (3.9)$$

$$C_{ГН} = \frac{0,0025 * 10^5}{8314 * 273} = 0.00011 \text{ моль/л;}$$

$$C_{ГК} = \frac{0,000325 * 10^5}{8314 * 273} = 0.000014 \text{ моль/л;}$$

$$V_0 = \frac{X_n * P_{ж}}{M_k} = 0.5 \text{ моль/л,} \quad (3.10)$$

де X_n – початкова молярна частка активного компоненту в абсорбенті.

Кінцева мольна доля активного компоненту в абсорбенті:

$$V_k = \frac{0,005 * 1021}{40} = 0.128 \text{ моль/л}$$

$$l_0 = \frac{2(0.00011 - 0.000014)}{0,511 * 0,128} = 0.0005,$$

де V_k та V_0 – концентрація активного компоненту в абсорбенті на вході на вході та виході з абсорберу, l_0 – питома витрата абсорбенту.

Розрахунок значення L :

$$L = l * Q, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.11)$$

$$L = 6 * 1451647 = 67464 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Гранична швидкість газу:

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{ж}} = L * P_{\text{ж}} \text{ кг/ч} \quad (3.12)$$

де $L_{\text{ж}}$ – масова витрата абсорбенту

$$L_{\text{ж}} = 67.464 * 1021 = 68881 \text{ кг/ч};$$

$$G = Q * P_{\text{г}} \text{ кг/ч} \quad (3.13)$$

де G – масова витрата газу

$$G = 1665167 * 1.139 = 1896625 \text{ кг/ч};$$

$$\lg\left(\frac{w^3 * a}{g * E^3} * \frac{P_{\text{г}}}{P_{\text{ж}}} * \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{\mu}\right)^{0.16}\right) = b - C \left(\frac{L_{\text{ж}}}{G}\right)^{0.25} * \left(\frac{P_{\text{г}}}{P_{\text{ж}}}\right)^{0.125} \quad (3.14)$$

де b та C – коефіцієнти, що дорівнює 0.073 та 1.75 відповідно,

$$\lg\left(\frac{w^3 * 90}{9.8 * 0.789^3} * \frac{0.139}{1021} * (1.3)^{0.16}\right) = -0.073 - 1.75 * 0.43 * \left(\frac{1.139}{1021}\right)^{0.125}$$

$$\lg(w^3 * 0.022) = -0.0389$$

$$2\lg w + \lg 0.022 = -0.389$$

$$2\lg w = 1.26$$

$$\lg w = 0.63$$

$$w = 4,26$$

$$w_3 = 0.65 * w = 2.7 \text{ м/с}$$

Діаметр абсорбера:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0.785 * w^3 * 3600}}, \text{ м} \quad (3.15)$$

$$D = \sqrt{\frac{1665167}{0.785 * 2.7 * 3600}} = 14.7 \text{ м}$$

Округлюємо до 15м. Вибираємо найбільші діаметри 3м, всього вийде 5 апаратів.

Щільність зрошення :

$$U = \frac{L}{S}, \text{ м/с} \quad (3.16)$$

$$U = \frac{8709882}{2.54 * 3600} = 952.5 \text{ м/с}$$

$$U_{\text{сс}} = y * a \quad (3.17)$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $y = 0.1$

$$U_{cc} = 0.1 * 90 = 9 \text{ м/ч}$$

Тоді кількість використання реагенту в рік на зрошення в абсорбері дорівнює:

$$J = \frac{952.5}{158.75} * 3600 = 7899128 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Розрахунок коефіцієнту масопередачі в газовій фазі:

$$R_{cr} = \frac{w * d_{екв} * P}{E * \mu_{смг}}; \quad (3.18)$$

$$R_{cr} = \frac{2,7 * 0,035 * 1,139}{0,785 * 0,185 * 10^{-4}} = 7452;$$

$$Pr = \frac{\mu_{смг}}{P * D_r}; \quad (3.19)$$

$$Pr = \frac{0.184 * 10^{-4}}{1.139 * 0.152 * 10^{-4}} = 1.06;$$

$$Nu = 0.407 * 7452^{0.655} * 10^{-4} = 142.59;$$

$$\beta_r = \frac{142.58 * 0.152 * 10^{-4}}{0.035} = 0.62 \text{ м/с};$$

Коефіцієнт масопередачі в рідкій фазі :

$$R_{сж} = \frac{4 * 0,0073 * 1021}{90 * 1,3 * 10^{-3}} = 255$$

$$Pr = \frac{1,3 * 10^{-3}}{1021 * 1,41 * 10^{-3}} = 903$$

$$Nu = 0.0021 * 255^{0.75} * 903^{0.5} = 4,02$$

$$\beta_{ж} = \frac{Nu * D_{ж}}{b_{пр}}; \quad (3.20)$$

де $D_{ж}$ – коефіцієнт дифузії і дорівнює: $1.41 * 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, $b_{пр}$ наведена товщина стікаючої рідини дорівнює: $6.1 * 10^{-5} \text{ м}$;

$$\beta_{ж} = \frac{4,02 * 1,41 * 10^{-9}}{6,1 * 10^{-5}} = 0.62 \text{ м/с}.$$

При $K = 18000 \text{ м}^3/\text{кмоль} * \text{с}$, $В_0 = 0.511 \text{ кмоль/м}^3$ $\beta_{ж} = 9.2 * 10^{-5} \text{ м/с}$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{1}{\beta_{ж}} \sqrt{D_{гж}} * k * B_0 \quad (3.21)$$

$$R = \frac{1}{9.2 * 10^{-5}} \sqrt{1.41 * 10^{-3}} * 18000 * 0.511 = 39.1$$

де М – дифузійний критерій, який означає відношення швидкостей дифузії через плівку компоненту в рідині та забруднюючою речовиною і дорівнює 1509, Dв – коефіцієнт дифузії активного компонента в рідині.

$$D = 1.56 * 10^{-4} * 303/298 = 1,58 * 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\alpha = \frac{2(M + 1)}{1 + \sqrt{1 + 4 \left(\frac{M}{R}\right)^2}} \quad (3.22)$$

$$\alpha = \frac{2(1509+1)}{1+\sqrt{1+4\left(\frac{1509}{39.1}\right)^2}} = 39.1$$

Отримуємо число одиниць переносу в спрощеному варіанті

$$K_y = 0.0067 \text{ м} * C^{-1} = 2170 \text{ ч}^{-1} ; \quad N = 2.04$$

Об'єм активної частини насадочного апарату:

$$V = \frac{N * Q}{K_y} \quad (3.23)$$

$$V = \frac{2.04 * 1665167}{2170} = 19.7 \text{ м}^3$$

Висота активної частини насадочного апарату:

$$H = \frac{V}{S} \quad (3.24)$$

$$H = \frac{19.7}{2.54} = 7.75$$

Гідрравлічний опір абсорбера:

$$\Delta P \frac{\text{сух}}{H} = \frac{w * E * p * a}{8 * E^3} \text{ Па/м} \quad (3.25)$$

$$\Delta P \frac{\text{сух}}{H} = \frac{2,7 * 3,15 * 1,139 * 90}{8 * 0,785^3} = 125 \text{ Па/м}$$

$$Fr = \frac{U * a}{g} \quad (3.26)$$

$$Fr = 952^2 * \frac{90}{9.8} = 8.323$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = 0.12 * 8.323 * 255^{-0.8}(1 + 7.5 * 10^{-5}) = 8.10^{-7}$$

$$\Delta P_{op} = 612.7 * 5.4 = 3308.5 \text{ Па}$$

Виходячи зі знайдених показників знаходимо ефективність абсорбера, що численно дорівнює 99,99% .

3.3. Розрахунок випарного апарату

Загальну кількість випареного розчинника знаходимо з рівняння матеріального балансу випарної установки:

$$W = G_{п}(1 - X_{п}/X_{к}) \text{ кг/с}, \quad (3.27)$$

де W – кількість випареного розчинника, кг/с; $G_{п}$ – продуктивність установки за вихідним розчином; $X_{п}$ і $X_{к}$ – початкова і кінцева концентрація розчину, %мас.

$$W = \frac{5.4}{3600} * \left(1 - \frac{60}{80}\right) = 0.000375 \text{ кг/с}$$

Кількість утвореного концентрованого розчину дорівнює:

$$G_{к} = G_{п} - W \text{ кг/с} \quad (3.26)$$

$$G_{к} = \frac{5.4}{3600} - 0.000375 = 0.001125 \text{ кг/с}$$

3.4. Розрахунок сепаратора

Витрата газу: $V_{p} = 6319302 \text{ м}^3/\text{рік}$;

Запиленість газу: $C_{вк} = 30 \text{ г/м}^3$;

Щільність газу: $\rho_{г} = 1,38 \text{ г/м}^3$;

Динамічна в'язкість газу: $\mu = 15,28 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{с/ м}^2$;

Густина часток $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$;

Стандартне відхилення: $\sigma = 3,5$;

Медіанний діаметр часток: $d_{50} = 15 \text{ мкм}$;

Склад пилу в газі перед апаратом:

d, мкм	30	50	100
Φ_i , %	30	50	20

Приймаємо оптимальну швидкість газу в апараті $v_{opt} = 3,5 \text{ м/с}$.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо необхідну площу перерізу:

$$F = \frac{V}{v_{\text{опт}}}, \quad (3.27)$$

де V - витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$

$$F = \frac{4,16}{3,5} = 0,93 (\text{м}^2).$$

Визначаємо діаметр циклона, задаючись $N=2$:

$$D = \sqrt{\frac{4,16}{0,785 \cdot 6}} = 0,93,$$

де F – площа перерізу, м^2 ; N – кількість циклонів,

$$D = 1000 \text{ м} \nu.$$

Обираємо діаметр циклона $D = 1 \text{ м}$.

Обчислюємо дійсну швидкість газу за формулою:

$$V = \frac{V}{0,785ND^2}, \quad (3.28)$$

де V – витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$; N – кількість циклонів; D – діаметр циклона.

$$V = \frac{4,16}{0,785 \cdot 2 \cdot 1^2} = 3,1 \text{ м/с}.$$

Швидкість не повинна відхилитись більш ніж на 15% від оптимальної.

Складаємо пропорцію:

$$v_{\text{опт}} = 3,5 \text{ м/с} \quad - \quad 100\%$$

$$V = 3,1 \text{ (м/с)} \quad - \quad x\%$$

$$X = \frac{3,1 \cdot 100}{3,5} = 86,4 \%$$

$\Delta = 100 \% - 86,4\% = 14,6 \% < 15\%$, тоді розрахована швидкість газу не відхиляється від норми.

Розраховуємо коефіцієнт гідравлічного, враховуючи, що запиленість газу $C_{\text{вх}} = 140 \text{ г/м}^3$ та приймаючи, що апарат працює в гідравлічній мережі без додаткових пристроїв, циклонні елементи розташовані в одній площині прямокутно з організованим підводом газу.

$$\xi_{\text{ц}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}^{\text{П}} + K_3, \quad (3.29)$$

де $K_1 = 1$; $K_2 = 0,915$; $\xi_{500} = 155$; $K_3 = 35$.

$$\xi_{\text{ц}} = 1 * 0,915 * 155 + 35 = 177,6$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо втрати тиску в групі циклонів, якщо щільність газу $\rho_{\Gamma} = 1.38 \text{ г/м}^3$;

$$\Delta P = \varepsilon_{\text{ц}} * \frac{\rho_{\Gamma} * v^2}{2} \quad (3.30)$$

$$\Delta P = 177.6 * \frac{1.38 * 3.1^2}{2} = 854 (\text{Па}).$$

Приймаємо, що втрати тиску є прийнятними для вибраної технологічної схеми. Розраховуємо еквівалентний діаметр часток, що вловлюється з ефективністю 50% при робочих умовах, враховуючи динамічна в'язкість газу $\mu = 18,11 \cdot 10^{-6} \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$, густину часток $\rho = 2706 \text{ кг/м}^3$:

$$d_{\eta=50} = d_{\eta=50}^T * \sqrt{\frac{D}{D_T}} * \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho}} * \sqrt{\frac{\mu}{\mu_T}} * \sqrt{\frac{v_T}{v}}, \quad (3.31)$$

де значення величини з індексом «Т» відповідає еталонним умовам.

$$d_{\eta=50} = 4.50 * \sqrt{\frac{0.9}{0.6}} * \sqrt{\frac{1930}{2400}} * \sqrt{\frac{15.28 * 10^{-6}}{22.2 * 10^{-6}}} * \sqrt{\frac{3.5}{2.64}} = 4.7 (\text{мкм})$$

Визначаємо параметр «х» функції розподілу $\Phi(x)$:

$$X = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{\eta=50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma + \sigma_{\eta}^0}}, \quad (3.32)$$

Загальну ефективність вловлювання часток визначаємо за рівнянням: $\eta = 50(1 + \Phi(x))$

Визначаємо ступені очищення по фракціям:

$$X_{30} = \frac{\lg \frac{30}{4.7}}{0.603} = 1.33;$$

$$\Phi(x) = 0.8163$$

$$\eta_{30} = 50 * (1 + 0.8163) = 90.8\%$$

$$X_{50} = \frac{\lg \frac{50}{4.7}}{0.603} = 1.7;$$

$$\Phi(x) = 0.9109$$

$$\eta_{50} = 50 * (1 + 0.9109) = 95.54\%$$

$$X_{100} = \frac{\lg \frac{100}{4.7}}{0.603} = 2.26;$$

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi(x) = 0.9786$$

$$\eta_{100} = 50 * (1 + 0.9786) = 98.93\%$$

Тоді загальна ефективність очищення газу від пилу по залежності від фракційного вмісту часток:

$$\eta = \frac{1}{100} * \sum_{i=1}^n \eta_i * \Phi_i \quad (3.33)$$

$$\eta = \frac{1}{100} * (90.8 * 30 + 95.54 * 50 + 98.93 * 20) = 99.5\%$$

3.5. Вибір баків

Баки і резервуари ТЕС або ТЕЦ призначені для зберігання води і розчинів реагентів, передбачених технологічних процесом хімічної очистки води, а також для інших технологічних систем теплових електростанцій та електроцентрацій. Вони мають прямокутну форму, виготовляються по ОСТ 34-42-559-82 місткістю від 1 до 2,5 м³ розраховані на надлишковий тиск 0,002 МПа (0,02 кгс / см²) і вакуум 0,00025 МПа (0,0025 кгс / см²). Баки встановлюються в приміщенні і не розраховані на вітрове і снігове навантаження. Баки виготовляються з високоякісної вуглецевої сталі або легованої сталі товщиною до 10 мм або з нержавіючої сталі товщиною 10 мм. Розміри вибрані згідно розрахунків: висота – 1300мм, довжина – 1300мм, ширина – 1220мм.

3.6. Вибір котла

Котли серії ПТВМ використовуються для отримання гарячої води з температурою до 150 °С в окремо розташованих котельнях на ТЕЦ. Опалювальний водогрійний котел ПТВМ - піковий теплофікаційний газомазутний, тобто може бути використаний для покриття пікової частини графіка теплових навантажень. Котел ПТВМ-180 найпотужніший варіант з усіх можливих модифікацій котлів цієї серії. Характеристики: потужність – 209 МВт, робочий тиск – 2.5 МПа, температура 70 – 150°С, коефіцієнт корисної дії – 92%, витрата палива – 15700 кг/ч, довжина – 12196мм, ширина – 6900мм, висота – 15725 мм, маса – 273000 кг.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7. Вибір кристалізатора

Велику групу апаратів складають вакуум-кристалізатори, в яких розчин охолоджується внаслідок адіабатичного випаровування частини розчинника. На випаровування рідини витрачається фізична тепло розчину, який при цьому охолоджується до температури, що відповідає її температури кипіння при даному залишковому тиску. Вакуумні кристалізатори відрізняються великою продуктивністю, конструктивно прості, вигідні з енергетичної точки зору, не мають громіздкого приводу, можуть виготовлятися з будь-яких, в тому числі володіють малою теплопровідністю. Як вакуум-насосів для кристалізаційних установок зазвичай застосовують ежекторні пароструминні насоси або так звані пароежекторні блоки. Насоси для забезпечення економії пару і більш стійкої роботи. Існують найрізноманітні конструкції вакуум-кристалізаторів періодичного і безперервного дії. Найбільшого поширення набули багатокорпусні вакуум-кристалізатори, що дозволяють більш економно використовувати тепло. Щоб зробити установку більш компактною, часто в одному корпусі розміщують 3-4 ступені. При цьому кристалізатор зазвичай виконують у вигляді горизонтально розташованого циліндра. У кожній камері підтримується свій поступово підвищується вакуум. Габарити: довжина – 3300мм, висота – 400мм, ширина – 200мм.

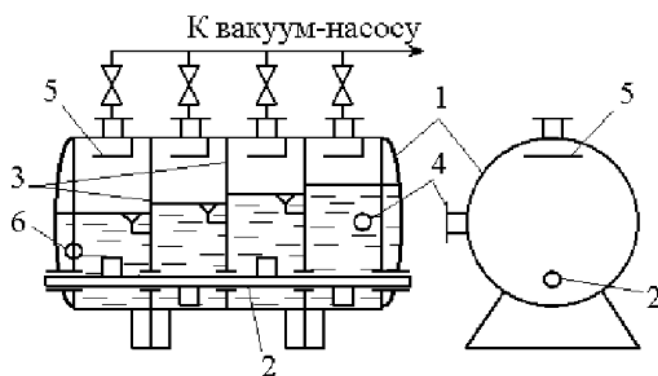


Рис. 3.1. Горизонтальний багатоступінчастий вакуум-кристалізатор
1 - циліндричний корпус; 2 - лопатева мішалка; 3 - перегородки; 4 - штуцер для виходу суспензії; 5 - зрошувальний пристрій; 6 - штуцер для підведення розчину

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Одноповерхова будівля каркасного типу, з одним прольотом (24 м), кроком колон 6 м, висотою поверху 18 м, довжина будівлі 96 м. В будівлі встановлено мостовий кран вантажопідйомність якого становить 30 т, відмітка голівки кранового рельсу знаходиться на рівні 14,45 м.

Адміністративно-побутові приміщення знаходяться у прибудові, колони розташовані з кроком 3 м та 6 м, висота прибудови – 3,6 м.

Прив'язка колон до поздовжніх розбивочних осей становить 500 мм, для поперечних - 500 мм; біля деформаційного шва прив'язка колон також 500 мм. Каркас будівлі – залізобетонні двогілкові колони (крок колон 6 м); вздовж крайніх поперечних осей встановлено сталеві колони фахверку з кроком 6 м. Фундамент колон залізобетонний, стаканного типу, стрічковий. Несучою конструкцією є залізобетонна ферма, покриття виконано із залізобетонних плит 3 м х 6 м. Стіна суцільна із силікатної цегли товщиною 510 мм. Вікна стрічкові 6х7,2 м. Встановлені розпашні ворота шириною 4 м, висотою 4,2 м.

4.2. Вибір конструктивних елементів будівлі

Двогілкові колони серії КЕ-01-52 (рис. 2.1): $b = 600$ мм, $h = 600$ мм, $h_n = 1300$, $h_{вет} = 250$, $H = 19350$ мм, висота верхньої частини колони $H_B = 4700$ мм.

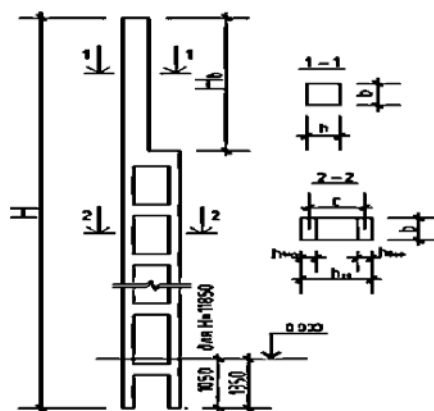


Рисунок 4.1 – Двогілкова колона

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зазначеної вище колони було обрано підколонник ФД13-2 (рис 2.2) з розмірами поперечного перерізу 2100×1200 мм.

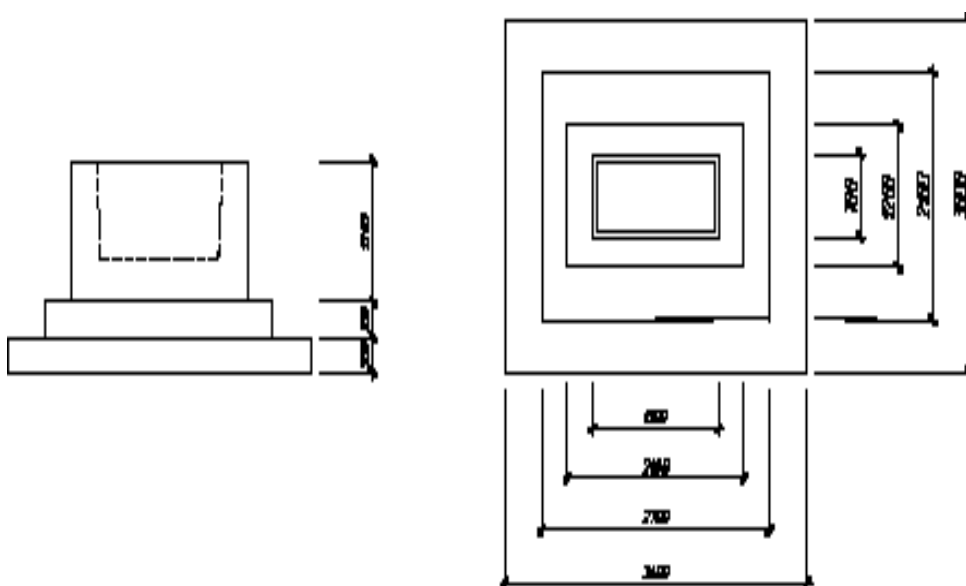


Рисунок 4.2– Залізобетонний підколонник

Вантажопідйомність мостового крану становить 30 т, крок колон 6 м, тому для було обрано підкранову балку (рис.2.3.) висотою 1 м.

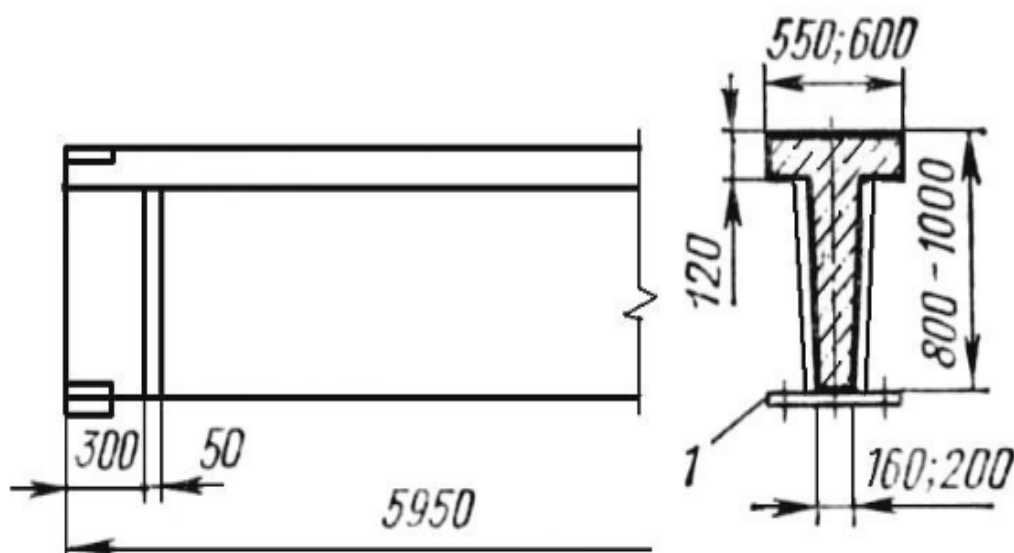


Рисунок 4.3 – Підкранова балка

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для прольоту 24 м влаштовано залізобетонну ферму (рис.2.4) покриття висотою 2,7 м.

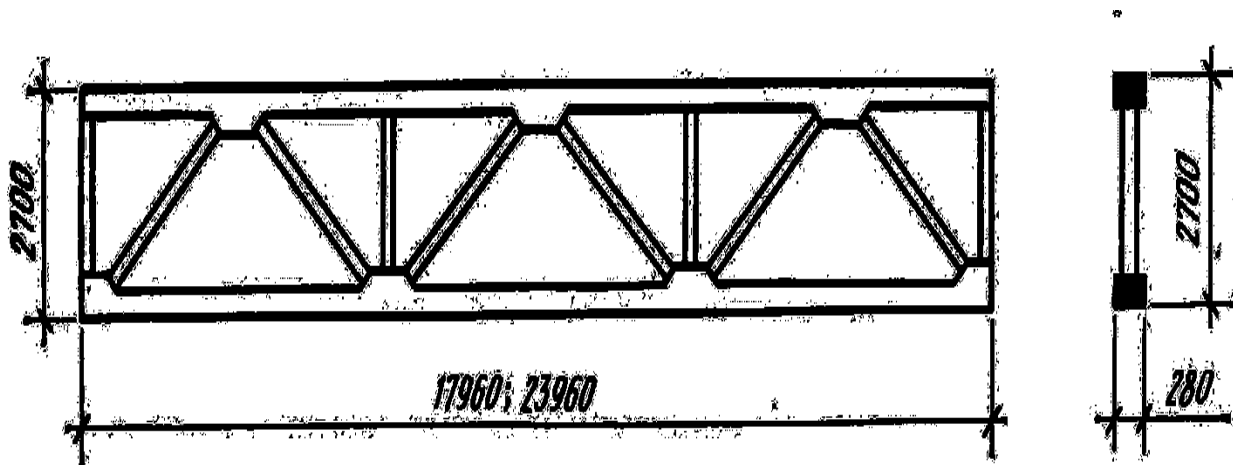


Рисунок 4.4 – Залізобетонна ферма покриття

Покриття влаштовано залізобетонними плитами (рис.2.5) розміром 6х3 м.

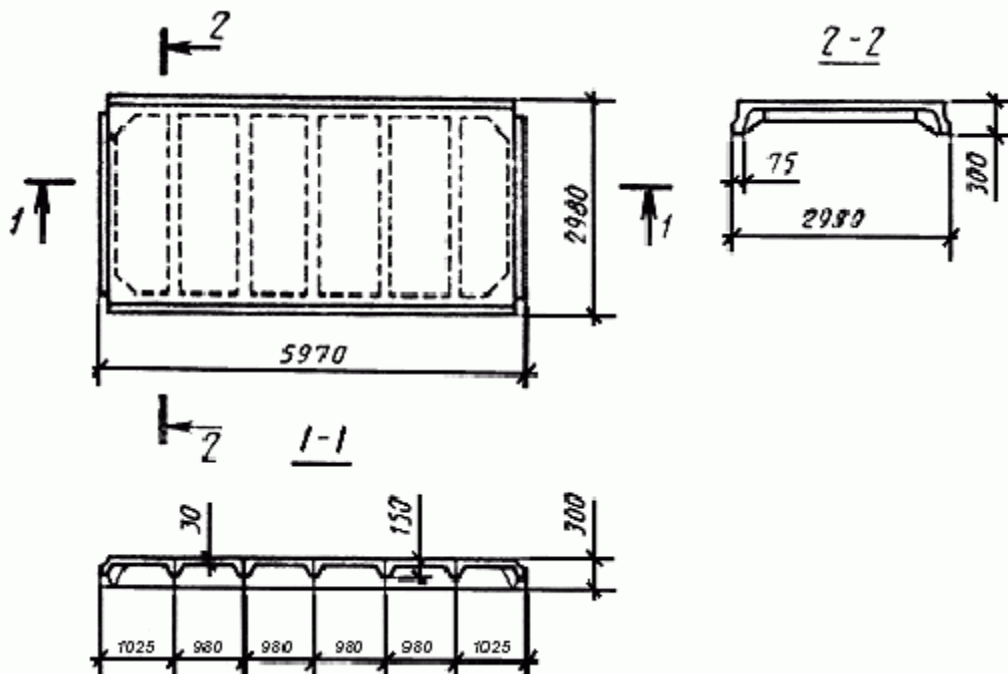


Рисунок 4.5 – Залізобетонні плити покриття

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС

Арк.

44

Засклення будівлі створено за допомогою стрічкових вікон висотою 7,2 м та шириною 6 м. У будівлю заводять сталеві двопільні розпашні двері висотою 2 м та шириною 1,4 м; влаштовано розпашні ворота висотою 4,2 м та шириною 4 м. Стіни суцільні виконані із силікатної цегли, товщина становить 510 мм.

Покриття складається із 4 шарів: 20 мм бітумної пароізоляції, 150 мм пінополеуретану, 20 мм цементно-піщаної стяжки, 30 мм гравію втопленого в бітум.

Підлога у будівлі влаштовується на ущільнений ґрунт, що є основою, далі вкладається 3 шари: 70 мм гравію, 10 мм руберойду та 50 мм бетону.

Адміністративно-побутові приміщення винесені у прибудову, де влаштовані колони 0,4x0,4 м з кроком 6x3 м. Стіни всередині нависні, товщиною 200 мм. Плити покриття вкладаються на ригель товщиною 800 мм. Двері у приміщеннях розпашні, дерев'яні однопільні, ширина 700 мм та висотою 2000 мм. Підлога також вкладається на ущільнений ґрунт, а далі: 70 мм гравію, 10 мм руберойду, 70 мм мінвати та 5 мм ламінату.

4.3. Розміщення очисних споруд

Очисні споруди розміщено на відмітці +0,000 м.

На початку процесу встановлено котел (L=1300 мм, V=1220 мм), далі на відстані 2 м встановлено СИОТ (V=4000 мм), на відстані 2 м від нього встановлена група з 5 абсорберів (D=3000 мм). Далі встановлено випарний апарат (V=2000 мм), реактор (L=1200 мм, V=1700 мм) та бак з водою (L=1300 мм, V=1220 мм), обладнання розташоване на відстані 1,5 м один від одного. Через 2 м від останнього встановлено кристалізатор (L=3300 мм, V=2000 мм) та два циклони (D=1000 мм).

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Одним з важливих вседержавних завдань є охорона життя та здоров'я громадян у сферах їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці для успішної продуктивності. Охорона праці - це система правил та визначень для забезпечення безпеки роботи, збереження життя і здоров'я працюючих, в процесі усієї трудової діяльності. Виробництво тепло- та електроенергії – складне, різнопланове виробництво, яке вимагає чіткого дотримання правил з техніки безпеки.

Відповідно до теми «Модернізація очисного обладнання газових викидів Публічного акціонерного товариства "Київенерго" ТЕЦ-5» всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці.

В даному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки для персоналу, що працює в операторському приміщенні. Приміщення має площу 48 м², один вхід. Кімната розміщена всередині будівлі, що не дає змоги проникненню великої кількості світла в різний час доби. Шкідливі і небезпечні виробничі чинники, які діють на персонал:

- повітря робочої зони;
- пожежна безпека;
- вібрація та шум;
- небезпека ураження електричним струмом.

5.1. Повітря робочої зони

Роботи в операторському приміщенні на ТЕЦ відносяться до категорії середньої важкості ПБ. Для даних категорій робіт існують норми мікроклімату у різні пори року. У холодну період фактична температурна межа досягає 15-22 °С, відносна вологість на рівні 75%, швидкість руху повітря менше 0.3 м/с. Водночас, у теплу пору року фактична температура знаходиться на рівні від 18

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 27 °С, вологість повітря понад 65% та швидкість руху повітря також менше 0.3 м/с.

Температура поверхні обладнання, стін, підлоги, стелі, не перевищує оптимальні параметри температур повітря на робочих місцях більше ніж на 2 °С(у теплий період 29 °С, холодний 24 °С.

В операторському приміщенні передбачена система контролю мікроклімату за допомогою спиртових термометрів та анемометрів, що визначають швидкість руху повітря один раз на сезон. Приміщення обладнане системою кондиціонування.

Проектом передбачена припливно-витяжна вентиляція, що складається з окремих двох частин припливної і витяжної. Вони одночасно подають у приміщення чисте повітря і витягують забруднене. Також контроль гранично допустимої концентрації (ГДК) небезпечних речовин у повітрі. Крім того, передбачено ефективне функціонування систем опалення. Система водного опалення підтримує температурний режим в приміщенні.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони підтримується з допомогою місцевої, загальнообмінної і аварійної вентиляції. Для попередження переохолодження і застудних захворювань робітників, передбачені теплові повітряні завіси.

Для зниження виділення шкідливих речовин в повітрі робочої зони передбачені наступні заходи:

1. Для зменшення впливу викидів шкідливих речовин у повітря, яким дихають працівники, була розроблена система вентиляції.
2. Заміна по можливості шкідливих і горючих речовин менш токсичними, негорючими матеріалами, не є токсичними.
3. Удосконалення технологічних рішень щодо апаратів, зокрема зміна розмірів та показників труб.

5.2. Пожежна безпека

Причини спалахів та займань в електроустановках та приладах що використовують електроенергію:

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коротке замикання між частинами обладнання,
- розряди статичної електрики,
- механічні пошкодження обладнання і електропроводу.

Будівля, в якій знаходиться операторська кабіна, забезпечена вертикально-стрижньовим блискавковідводом. В приміщенні наявні горючі матеріали, такі як папір, гума тканеві волокна.

Основними причинами короткого замикання є пошкодження проводів або малозабезпечена система електропостачання. Запобіжники та спеціальні автомати попереджують персонал про наявність короткого замикання, що може бути причиною спалаху. При нещільних контактах в місцях з'єднання електропроводки, а також при окисленні місць з'єднання виникає перехідний опір, що приводить до місцевих нагрівів і загорянь. Збільшення опорів контакту допомагають попередити про перегрів проводів.

Ультразвукові оповіщувачі ПКОП-1 застосовують у приміщенні для попередження та запобігання виникнення пожежі, оскільки ідентифікують коливання полум'я.

Для гасіння виникаючої пожежі передбачена водопровідна мережа, наявність вогнегасників, порошкові вогнегасники. В приміщенні наявні вогнегасники типу ОП-9(з) порошкові вогнегасники «САМ-3» Для пожежного зв'язку передбачений телефонний зв'язок.

5.3. Виробниче освітлення

Згідно з нормами для робіт необхідне освітлення 300 лк при загальному штучному освітленні. Передбачається, що використовується суміщене освітлення, причому природне освітлення є бічним одностороннім, а штучне освітлення – комбінованим.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, ремонтна, охоронна, аварійна, евакуаційна. Для виконання аварійних робіт застосовуються лампи накаливання.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для освітлення операторського приміщення передбачені газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛДЦ, ЛД) і високого тиску (типу ДРЛ). Для виконання ремонтних робіт використовуються переносні електричні світильники. При відключенні робочого освітлення передбачається система аварійного освітлення (застосовують лампи розжарювання, люмінесцентні лампи ЛДЦ-15).

Щоб контролювати рівень освітленості в приміщенні, один раз на рік проводять вимір та контроль освітленості. Використовують люксметри моделі Ю-117.

Для створення сприятливих умов праці в операторській кімнаті передбачені наступні положення:

1. наявність рівномірності та постійного рівня освітлення в приміщенні для уникнення переадаптацій і гіпернавантаження органів зору
2. уникнення створення великої кількості звичайних та рухомих тіней
3. створення оптимальної освітленості, що відповідає нормам та характеру зорової роботи

5.4. Електробезпека

Електрична система живиться від трифазної чотирипровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти з напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Для забезпечення електробезпечності передбачені наступні технічні заходи й засоби:

- захисне відключення систем,
- мала напруга,
- ізоляція струмоведучих частин,
- знаки безпеки,
- електричний поділ мереж
- блокування, попереджувальна сигналізація,
- попереджувальні плакати.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також використовується подвійна ізоляція. З подвійною ізоляцією виготовляється апаратура, розподільні коробки, вимикачі, розетки, корпуси, переносні світильники, електровимірювальні прилади.

Для забезпечення недосяжності дотику до струмоведучих частин відіграє блокування. Воно призначене для запобігання помилковим діям персоналу, зокрема в розглянутій операторській кімнаті. Блокування застосовується в рубильниках та автоматичних вмикачах.

Покриття струмоведучих частин чи відокремлення їх від інших прошарком діелектрика може забезпечити протікання електричного струму в потрібному напрямку та безпеку в експлуатації. В цьому випадку застосовується робочий вид ізоляції, який забезпечує нормальну роботу електроустановки і захист від ураження оператора електричним струмом. Використання малих напруг допомагає зменшити небезпеку ураження електричним струмом. Номінальна напруга змінного струму 42В. При номінальній напрузі електроустановки не перевищує допустиму величину дотику, то одночасний контакт оператора їх струмоведучими частинами безпечний.

5.5. Захист від виробничого шуму та вібрації

Джерелами шуму в операторському приміщенні є обладнання , вентилятори, системи повітрообміну. Рівень шуму залежить від роботи всіх джерел одночасно і досягає 30 дБА, що відповідає нормам для роботи на робочих місцях і робочих зонах підприємства.

Зниження шуму досягається оснащенням приміщень звукоізоляційними матеріалами та архітектурно-планувальними рішеннями:

- відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1,5м, з неробочої 1,2-1,5м;
- встановлення шумоглушників та екранів,
- встановлення шумоізоляційного кожуха.

Оскільки робота оператора потребує надзвичайної уваги та ментально-вивірених прийнятих рішень, стіни приміщення обладнані

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальним матеріалом, що зменшує вплив зовнішніх чинників. Акустична обробка приміщення дозволяє знизити шум всередині кімнати: для цього розміщують у внутрішніх поверхнях звукопоглинальних матеріалів.

Пристрій ИШВ-003 використовують для вимірювання рівня шуму и контролю рівня вібрації. Для зниження рівня вібрації використовують віброгасіння. Воно засноване на розташуванні джерел вібрації на спеціальні віброізолюючі фундаменти. Маса такого фундаменту підбираються так, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0.2 мм.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В дипломному проекті було розроблено технологічну схему очищення димових газів та обґрунтовано методи очищення викидів від діоксиду сірки. Дана технологія є економічно вигідною та екологічно чистою, оскільки димові гази можуть використовуватися у виробничому процесі, а побічні продукти може використовуватися в якості добрив. Концентрація діоксиду сірки після застосування технології знижується на 88%, а оксиду азоту з 17.9 до 14.3 г/с. Ефективність по SO_2 становить 99.9%, а по NO_2 – 88.38% .

2. Розраховано та обрано основне та допоміжне технологічне обладнання з урахуванням заданої витрати димових газів. До його складу входять: модернізація котла, що дає змогу рециркулювати 20% діоксиду азоту і зменшувати її вплив на навколишнє середовище та очисні споруди. Основні - це промивач СІОТ, абсорбер, випарний апарат, та сепаратор, які дають змогу отримувати очищений газ та сульфід амонію.

3. Було спроектовано план технологічного обладнання та адміністративно-побутових приміщень у відповідності до конструктивного і об'ємно-планувального вирішення будівлі.

4. Розглянуто заходи з техніки безпеки персоналу, що знаходиться в операторській кабіні та виявлено потенційні джерела небезпеки технологічного процесу. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. Враховуючи наявність шкідливих та небезпечних факторів, розроблено заходи створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки на об'єкті.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила [Електронний ресурс] – режим доступу <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245088130>
2. Методичні вказівки до проведення практичних занять та до виконання самостійної роботи з дисципліни «Фізико-хімічні основи очистки води» для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»/Укл. М.Д. Гомеля, О.В. Глушко, Ю.В. Носачова, 2012. – 50 с.
3. Методичні вказівки до виконання курсових проектів з курсу «Технології та обладнання захисту атмосфери»/ Укл, Іваненко Олена Іванівна, 2012 –с 27 – 63.
4. А.С. Тимонин. Инженерно-экологический справочник Том 2.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Очисні споруди. Основи проектування» для студентів напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» /Укл. Гомеля М.Д., Глушко О.В., Камаєв В.С. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2012. – 173с.
6. Трепененков Р.И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий: Учебное пособие. М.: Стройиздат, 1978 г. – 378 с.
7. Основи охорони праці: Підручник. 2 – ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
8. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
10. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
11. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
13. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ИСО 4589-84).
14. Охрана труда в химической промышленности/Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина, П. И. Софийский, В. А. Старобинский, Н. И. Торопов. — М., Химия, 1989 – 496 с.
15. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник. [для студ. Г 82 вищ. навч. закл.] / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко — К.: Центр учбової літератури, 2009. — 280 с. — ISBN 978-966-364-832-3.
16. Екологічна безпека: Навч. посібник/ М.Д.Гомеля, Т.О.Шаблій, О.В.Глушко, В.С.Камаєв. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2009. – 246 с.;
17. БНіП II-М.2-62. «Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування»;
18. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Введ. 01.01.1985. – М.:Стройиздат, 1985. – 134с.;
19. Основи розрахунку апаратів для хімічної очистки та знезараження викидів. Л.Н.Григорьев, Т.Н. Буренина, 2013
20. Методичні вказівки до виконання Курсового проекту на тему « розрахунок однокорпусної випарної установки», Укл: Т.Ю.Гіріч, В.М.Задорожній, Т.П. Єльцова, 2009.
21. Аналіз екологічної небезпеки об'єктів теплової енергетики та методи їх зменшення шкідливих викидів. М.П. Кулик, 2014
22. БАКИ И РЕЗЕРВУАРЫ ТЭС И АЭС ОСТ 34-42-559...561 – режим доступу <http://www.kwark.ru/>
23. Котли ПТВМ – режим доступу - <https://dkwr.ru/kotlyptvm.html>
24. Технічні характеристики промивача СІОТ – режим доступу <http://folter.com.ua/catalog/promyvatel-siot>
25. Процеси кристалізації та розрахунок – режим доступу <https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266198/index.html>
26. Сепаратори та їх види – режим доступу https://tt-k.ru/Separator_para_SP-25.htm
27. Вибір та розрахунок циклонів – режим доступу <https://kalorifer.net/product/ciklon-cn-15/gabaritnye-razmery-ciklonov-cn-15>
28. Процеси абсорбції і десорбції – режим доступу <https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266125/index.html>

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Конструкції випарних апаратів – режим доступу <https://studfiles.net/preview/5465346/page:14/>
30. Процеси кристалізації – режим доступу <https://studfiles.net/preview/5607066/>

					ДП ЛЕ51 07.03.019.ТС	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		