

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет інженерії  
(повне найменування факультету)

Кафедра хімічної інженерії та екології  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

освітнього ступеня магістр  
(бакалавр, магістр)

спеціальності 101 – Екологія  
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Підвищення екологічної безпеки виробництва нітратної кислоти

Виконав: здобувач вищої освіти групи ПЕО-19дм

Подоляка О.В.  
(прізвище, та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Лисиця В.Є.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завідувач кафедрою Суворін О.В.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Блінова Н.К.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Северодонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
Освітній ступінь \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 – Екологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ Подоляці Ользі Василівні \_\_\_\_\_

**1. Тема роботи:**

Підвищення екологічної безпеки виробництва нітратної кислоти

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лисиця Вікторія Євгенівна, к.г.н., доц. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 19.11.2020 р. № 163/15.25

**2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 15 січня 2021 р.**

**3. Вихідні дані до роботи:** літературні, патентні та регламентні дані.

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

Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Обґрунтування вибраного напрямку досліджень. 3. Теоретична частина. 4. Експериментальна частина. 5. Прикладна частина. 6. Охорона праці, протипожежна безпека та безпека в надзвичайних ситуаціях. 7. Еколого-економічні розрахунки. Висновки. Анотація. Література.

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

1. Технологічна схема виробництва нітратної кислоти з КВПіА (1 лист).
2. Реактор каталітичного очищення. Вид загальний (1 лист).
3. Схема експериментальної установки (1 лист).
4. Результати експерименту (1 лист).
5. Порівняльна характеристика газових викидів у виробництві нітратної кислоти (1 лист).
6. Еколого-економічні показники (1 лист).

**6. Дата видачі завдання - 20 листопада 2020 року.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	23.11.2020	
2	Аналітичний огляд	25.11.2020	
3	Обґрунтування обраного напрямку досліджень	27.11.2020	
4	Теоретична частина	30.11.2020	
5	Експериментальна частина	02.12.2020	
6	Прикладна частина	05.12.2020	
7	Охорона праці, протипожежна безпека та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.12.2020	
8	Еколого-економічні розрахунки	10.01.2021	
9	Висновки	14.01.2021	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ Подолька О. В. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Лисиця В.Є. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка		
		<u>Текстові документи</u>								
		A4		1	РМ.64.01.ПЗ	Пояснювальна записка	101			
		<u>Графічні документи</u>								
		A3		2	РМ.64.02.Сх	Технологічна схема виробництва нітратної кислоти з КВПіА	1			
		A3		3	РМ.64.03.ВЗ	Реактор каталітичного очищення Вид загальний	1			
		A3		4	РМ.64.04.УЕ	Схема експериментальної установки	1			
		A3		5	РМ.64.05.РЕ	Результати експерименту	1			
A3		6	РМ.64.06.ТВ	Порівняльна характеристика газових викидів у виробництві нітратної кислоти						
A3		7	РМ.64.07.ЕЕП	Еколого-економічні показники	1					
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам.инв. №								
			РМ.64.01.ПЗ							
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Инв. № подл.	Розробив		Подоляка О.В.				Літ.	Арк.	Аркушів	
	Перевірів		Лисиця В.С.					4	104	
	Консульта нт						Відомість СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-19дм			
	Н. Контр.									

		<i>Затвердив.</i>	<i>Суворін</i> <i>О.В.</i>				
--	--	-------------------	-------------------------------	--	--	--	--

## Реферат

Кваліфікаційна магістерська робота на тему «Вдосконалення технології фізико-хімічного очищення багатокомпонентних стічних вод» складається з пояснювальної записки, що містить 101 сторінку, 18 таблиць, 3 рисунки, використано 35 найменувань літературних джерел. Графічна частина – 6 аркушів.

### НІТРАТНА КИСЛОТА, ХВОСТОВІ ГАЗИ, СЕЛЕКТИВНЕ ОЧИЩЕННЯ, ОКСИДИ НІТРОГЕНУ, АБСОРБЦІЯ, ПЕРЕКИС ВОДНЮ, СТУПІНЬ ОКИСЛЕННЯ

Розроблена технологія виробництва нітратної кислоти, що забезпечує високі санітарні вимоги до роботи агрегатів УКЛ-7.

На підставі експериментальних досліджень доведено, що застосування в процесі абсорбції перекису водню в кількості 13,5 кг/т нітратної кислоти дозволить підвищити загальний ступінь окислення NO в NO<sub>2</sub>, що відповідно зменшить питому витрату аміаку на стадії селективного очищення оксидів нітрогену на 2,387 кг/т і дозволить збільшити видобуток нітратної кислоти на 0,0124 т/т.

В результаті впровадження запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе біля 390 тис. грн.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>		<i>Подоляка О.В.</i>						<i>101</i>
<i>Перевірів.</i>		<i>Лисиця В.С.</i>					<i>5</i>	
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</i>		

## ЗМІСТ

	Вступ	9
1	Аналітичний огляд	11
1.1	Історія розвитку виробництва нітратної кислоти	11
1.2	Технологія виробництва нітратної кислоти	12
1.3	Методи очищення газових викидів від оксидів нітрогену	17
1.4	Вплив оксидів нітрогену на оточуюче середовище	21
2	Обґрунтування вибраного напрямку досліджень	27
3	Теоретична частина	28
3.1	Вихідні дані для проведення дослідження	28
3.1.1	Характеристика досліджуваного об'єкту	28
3.1.2	Стан атмосферного повітря в місці розміщення проектного об'єкту	28
3.2	Оцінка впливу виробництва нітратної кислоти на навколишнє середовище	31
3.2.1	Вплив на атмосферне повітря	31
3.2.2	Вплив на водне середовище	33
3.2.3	Вплив на навколишнє середовище при поводженні з відходами	35
3.2.4.	Вплив фізичних факторів	35
3.2.5	Оцінка впливу на навколишнє соціальне середовище	37
3.3	Моніторинг довкілля	38
4	Експериментальна частина	40
4.1	Мета експерименту	40
4.2	Аналітичний огляд способів утилізації оксидів нітрогену	41
4.3	Опис експериментальної установки	45

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>	<i>Подоляка О.В.</i>						<b>6</b>	
<i>Перевірів.</i>	<i>Лисиця В.С.</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін О.В.</i>					<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</i>		

4.4	Методика експерименту	46
4.5	Методи аналітичного контролю	46
4.6	Результати експерименту і їх обговорення	48
4.7	Висновки по експериментальній частині	49
5	Прикладна частина	50
5.1	Рекомендації для промислового застосування результатів експерименту	50
5.2	Опис технологічної схеми	50
5.3	Матеріальні розрахунки	55
5.3.1	Матеріальний баланс діючого виробництва	56
5.3.2	Матеріальний баланс проектового виробництва	59
5.3.3	Розрахунок витратних коефіцієнтів в проектованому виробництві	62
5.4	Контроль та автоматизація виробництва	63
6	Охорона праці, протипожежна безпека та безпека в надзвичайних ситуаціях	66
6.1	Загальні вимоги техніки безпеки	66
6.2	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	68
6.3	Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухо-небезпечність речовин	68
6.4	Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень	73
6.5	Забезпечення санітарно - гігієнічних умов праці робітників	75
6.5.1	Вентиляція	75
6.5.2	Опалення	76
6.5.3	Освітлення	77
6.5.4	Шум і вібрація	79
6.5.4	Заходи захисту від статичної електрики	80
6.5.6	Засоби електробезпеки	81
6.6	Заходи пожежної безпеки	83
6.7	Безпека в надзвичайних ситуаціях	87
7	Еколого-економічні розрахунки	89



7.1	Розрахунок річного економічного ефекту від технологічної складової	89
7.2	Розрахунок річного економічного ефекту від екологічної складової	90
7.2.1	Визначення економічного збитку від промислових викидів в атмосферу	90
7.2.2	Розрахунок суми екологічного податку	94
	Висновки	96
	Анотація	97
	Література	98

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Агрегати по виробництву нітратної кислоти в усьому світі скидають в атмосферне повітря близько 400 тис.т на рік оксидів нітрогену.

Україна є учасником міжнародних угод щодо зниження антропогенних викидів шкідливих газів. У газах виробництва неконцентрованої азотної кислоти в концентрації до декількох сотень ppm міститься оксид нітрогену (I), який є третім за впливом парниковим газом після вуглекислого газу і метану. Беручи до уваги значні обсяги газів, що відходять і сильний вплив оксиду нітрогену (I) на затримку тепла в атмосфері, утворення смогів, негативний вплив на флору і фауну, очевидна актуальність зниження викидів оксиду нітрогену в атмосферу.

В теперішній час для зменшення викидів шкідливих газів у виробництвах нітратної кислоти найчастіше застосовуються каталітичні методи відновлення оксидів нітрогену:

- 1) висотемпературне знешкодження хвостових газів;
- 2) низькотемпературне селективне знешкодження хвостових газів.

В результаті каталітичного очищення в атмосферу скидається не менш шкідливий вуглекислий газ в кількості 0,1-0,15 % об. Окрім того каталітичне очищення не передбачає утилізацію оксидів нітрогену, що збільшує витрату аноніаку на 1 т нітратної кислоти.

Метою даних досліджень є розробка та впровадження екологічно чистих виробничих технологій, що забезпечують високі санітарні вимоги до роботи агрегатів по виробництву нітратної кислоти.

У зв'язку з цим, нами проведено дослідження щодо виявлення основних способів уловлювання оксидів нітрогену з метою їх корисного використання або повного їх розкладання до елементарного азоту перед викидом в атмосферу.

					<b>PM.64.01.ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб		Подолька О.В.			Обґрунтування вибраного напрямку досліджень	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів.		Лисиця В.С.					27	
Консульт.						СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						

### 3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Вихідні дані для проведення дослідження

##### 3.1.1 Характеристика досліджуваного об'єкту

Виробництво неконцентрованої нітратної кислоти ПАТ «Рівнеазот» OSTCHEM налічує вісім агрегатів УКЛ-7-76 з виробництва неконцентрованої нітратної кислоти. Зараз у роботі – шість агрегатів. Проектна потужність кожного агрегату складає 120 тис. тон неконцентрованої нітратної кислоти на рік.

ПАТ «Рівнеазот» відноситься до екологічно небезпечних об'єктів і є одним з найбільших забруднювачів атмосферного повітря в Рівненській області.

##### 3.1.2 Стан атмосферного повітря в місці розміщення проектного об'єкту

Місто Рівне являється містом обласного підпорядкування і займає площу 58 км<sup>2</sup>, кількість населення складає близько 246 тис. осіб. Рівненська область розташована на північному заході України. Її площа – 20051 км<sup>2</sup>, що становить 3,1 % від загальної території країни. Клімат області помірно континентальний: м'яка зима з частими відлигами, тепле, нерідко дощове літо, середньорічна кількість опадів - 600-700 мм [13].

У відповідності з [14] «обсяги викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря Рівненської області за 2019 рік становили 9,9 тис. тон, що більше попереднього року на 8,0%. Збільшення викидів у 2019 році порівняно з 2018 роком зумовлено збільшенням викидів на ПАТ «Рівнеазот» та ПрАТ «Вераллія Україна» у зв'язку з збільшенням потуж-

ності підприємств».					РМ.64.01.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Подолька О.В.			Теоретична частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів.		Лисиця В.С.					28	
Консульт.								
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						
						СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-		

Кількість викидів в атмосферне повітря ПАТ «Рівнеазот» за 2019 рік скла-  
ла 3273,3 т/рік, що складає близько 33% від кількості загальних викидів по об-  
ласті.

Слід зазначити, що територія міста Рівного займає перше місце в списку  
найбільш забруднених міст області. Кількість викидів в атмосферне повітря  
складає 71302,6 кг/км<sup>2</sup>.

В області у 2019 році спостереження за станом забруднення атмосферного  
повітря та промислових викидів в атмосферу здійснювали: Рівненський облас-  
ний центр з гідрометеорології; ДУ «Рівненський обласний лабораторний центр  
Міністерства охорони здоров'я України» та його міжрайонні та міські відділи  
лабораторних досліджень.

Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря в м. Рівне проводи-  
лась за матеріалами Рівненського обласного центру гідрометеорології, для чого  
на 3-х стаціонарних постах в м. Рівне відбирались проби атмосферного повітря,  
визначалась кислотність атмосферних опадів. Всі пости спостереження розта-  
шовані у частинах міста з інтенсивним рухом транспорту.

В пробах вимірювались концентрації 10 пріоритетних забруднювальних  
речовин, які найбільше впливають на організм людини і навколишнє середови-  
ще, а саме: пилу, діоксиду сірки, діоксиду нітрогену, оксиду нітрогену, сірково-  
дню, фенолу, фтористого та хлористого водню, аміаку, формальдегіду, а також 8  
важких металів – заліза, кадмію, марганцю, міді, нікелю, свинцю, хрому і цинку.

Вміст основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Рівне  
наведено в табл. 3.1 [14].

Таблиця 3.1 - Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Назва забруднюючої речовини	Середньорічний вміст, мг/м <sup>3</sup> (мкг/м <sup>3</sup> *)	Середньодобові ГДК, мг/м <sup>3</sup> (мкг/м <sup>3</sup> *)	Максимальні разові ГДК, мг/м <sup>3</sup> (мкг/м <sup>3</sup> *)	Максимальний вміст, мг/м <sup>3</sup> (мкг/м <sup>3</sup> *)
1	2	3	4	5
Зважені речовини (пил)	0,07	0,15	0,5	0,5
Діоксид сірки	0,003	0,05	0,5	0,102
Оксид вуглецю	-	3,0	5,0	-

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Діоксид нітрогену	0,041	0,04	0,2	0,301
Оксид нітрогену	0,022	0,06	0,4	0,141
Сірководень	0,002	не регламентується	0,008	0,017
Фенол	0,002	0,003	0,010	0,023
Фтористий водень	0,008	0,005	0,02	0,041
Хлористий водень	0,032	0,2	0,2	0,285
Аміак	0,005	0,04	0,2	0,053
Формальдегід	0,0075	0,003	0,035	0,043
Бенз(а)пірен	-	0,1*	-	-
Кадмій	0,002*	0,0003*	-	0,003*
Залізо	0,58*	0,04*	-	1,93*
Марганець	0,008*	0,001*	0,01*	0,02*
Мідь	0,014*	0,002*	-	0,03*
Нікель	0,013*	0,001*	-	0,03*
Свинець	0,022*	0,0003*	-	0,03*
Хром	0,008*	0,0015*	0,0015*	0,02*
Цинк	0,018*	0,05*	-	0,05*

За оцінкою ступеня забрудненості атмосферного повітря в м. Рівне екстремально високих рівнів забруднення не спостерігалось, але загальний рівень забруднення у місті оцінюється як підвищений. Середньорічні концентрації забруднювальних речовин у 2019 році не перевищували гранично-допустимих концентрацій, за винятком діоксиду нітрогену, формальдегіду, хлористого та фтористого водню.

Середньорічна концентрація дорівнювала 1,03 ГДК. Максимальні з разових концентрації діоксиду нітрогену спостерігалися в межах 0,33 – 1,5 ГДК. Максимум спостерігався у січні на посту спостережень № 4 на вул. Ак. Грушевського, мінімум у серпні на посту спостережень № 5 на вул. Млинівська. Протягом року зафіксовано 2 випадки перевищення максимально разової ГДК.

Середньомісячний вміст оксиду нітрогену в порівнянні з минулим 2018 роком дещо збільшився, але не перевищував встановлені гранично-допустиму концентрації. Середньомісячні концентрації спостерігались в межах 0,22 - 0,6 ГДК. Середньорічна концентрація оксиду нітрогену дорівнювала 0,37 ГДК. Максимальні з разових концентрації діоксиду нітрогену спостерігалися в межах

0,11 – 0,35 ГДК. Максимальна з разових концентрації досягала 0,35 ГДК у червні на посту спостережень № 4 на вул. Ак. Грушевського, найменша концентрація – у травні на посту спостережень № 5 на вул. Млинівська. Випадків перевищення максимально разової ГДК протягом року не зафіксовано.

Кислотність атмосферних опадів протягом року була в межах 5,75-8,27 од. рН, що відповідає встановленим нормативам. За даними спостережень протягом 2019 року екстремально високих рівнів забруднення атмосферного повітря в м. Рівне не спостерігалось. Рівень забруднення атмосферного повітря, згідно індексу забруднення (ІЗА) збільшився в порівнянні з минулими роками і у 2019 році дорівнював 7,26 (за основними забруднюючими речовинами: фенол, фтористий водень, формальдегід, діоксид нітрогену, пил), у 2018 році цей індекс складав 6,25, що свідчить про збільшення антропогенного навантаження на атмосферне повітря.

### 3.2 Оцінка впливу виробництва нітратної кислоти на навколишнє середовище

При експлуатації об'єкта основними видами впливу на навколишнє середовище є:

- вплив на атмосферне повітря;
- вплив на водне середовище;
- утворення твердих і рідких відходів;
- вплив фізичних факторів;
- вплив на земельні ресурси.

#### 3.2.1 Вплив на атмосферне повітря

В результаті експлуатації виробництва неконцентрованої нітратної кислоти будуть утворюватися постійні та періодичні викиди, обумовлені веденням

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

технологічного процесу при нормальній роботі, і викиди, обумовлені порушенням нормального технологічного режиму (аварійні ситуації) - залпові викиди, тривалістю менше 15 хвилин.

При веденні технологічного процесу в нормальному режимі роботи мають місце такі постійні джерела викидів шкідливих речовин:

- джерело № 0072 - викид від агрегату в існуючу вихлопну трубу (корп. 515) хвостових газів, які пройшли селективну очистку від оксидів нітрогену.

Знешкодження шкідливих речовин відбувається за методом селективного очищення відновленням оксидів нітрогену газоподібним аміаком на алюмована-дієвомарганцевому каталізаторі АВК-10М або на його аналогах.

В очищених хвостових газах об'ємна частка оксидів нітрогену не більше 0,005%, аміаку – не більше 0,009% і оксиду вуглецю - не більше 0,010%.

Охолоджені гази з температурою 170 °С через загальноцеховий колектор і існуючу вихлопну трубу (корп. 515) викидаються в атмосферу. Висота вихлопної труби становить 100 м, що забезпечує розсіювання хвостових газів і запобігає створення небезпечних концентрацій в приземному шарі.

- джерело № 0072 - додатковий викид від агрегату № 2 (корпус 502Б) в існуючу вихлопну трубу (корп. 515) від сховища складу (корп. 502/2).

У виробництві неконцентрованої нітратної кислоти мають місце періодичні викиди забруднюючих речовин:

- джерело № 1034 - викид від аераційного ліхтаря в відділенні турбокомпресії. Висота ліхтаря 21 м. Від фланцевих з'єднань і запірно-регулюючої арматури трубопроводу очищеного хвостового газу виробництва неконцентрованої нітратної кислоти в атмосферу буде періодично надходити повітря, що містить незначну кількість оксиду і діоксиду нітрогену.

- джерело № 1035 - викид від дефлектора вентиляційних викидів в відділенні конверсії. Висота дефлектора 21 м. Від фланцевих з'єднань і запірно-регулюючої арматури трубопроводів аміаку, нітратної кислоти і природного газу виробництва неконцентрированной нітратної кислоти в навколишнє середо-

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

вище буде періодично надходити повітря, що містить незначну кількість аміаку, парів нітратної кислоти, природного газу [16].

Перелік забруднюючих речовин виробництва нітратної кислоти, що викидаються в атмосферу наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Перелік забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферу

Речовина	Критерій, що використовується	Значення критерію, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Сумарний викид шкідливих речовин	
				г/с	т/рік
нітрогену діоксид	ГДК м.р.	0,2	3	0,151	4,031
нітрогену оксид	ГДК м.р.	0,4	3	0,883	25,728
вуглецю оксид	ГДК м.р.	5,0	4	1,331	38,869
нітратна кислота	ГДК м.р.	0,4	2	0,0141	0,0057
аміак	ГДК м.р.	0,2	4	0,839	24,181
метан	ОБУВ	50	-	0,0079	0,00071
Всього				3,226	92,815

Таким чином виробництво нітратної кислоти забезпечує додатковий внесок однойменних викидів в валовий викид забруднюючих речовин і в загальне забруднення атмосфери.

Слід зазначити, що у діючому виробництві вирішена проблема мінімалізації викиду оксидів нітрогену з вихлопних газом. Всі агрегати оснащені апаратами каталітичної очистки, що забезпечують утримання NOx не більше 0,005 об. %, що в кілька разів нижче, ніж у виробництвах більшості агрегатів країн Європейського союзу та інших країн. Збережені вихлопні труби з висотою не менше 100 м, що дозволяє забезпечити розсіювання вихлопного газу в разі аварійної зупинки машинних агрегатів і з інших причин.

### 3.2.2 Вплив на водне середовище

Існуючі мережі і споруди господарсько-питного, протипожежного і оборотного водопроводів забезпечують необхідні нормативні вимоги.



У складі проектного об'єкта додаткових джерел водопостачання не передбачається.

У діючому виробництві передбачаються наступні системи водопостачання:

- господарсько-питний водопровід;
- протипожежний водопровід;
- водопровід оборотної води, що подається на агрегат;
- водопровід оборотної води зворотний.

Для відводу стічних вод передбачаються наступні системи каналізації:

- виробничо-дощова каналізація;
- кисла каналізація.

Характеристика стічних вод, що направляються в систему кислої каналізації наведена нижче:

- вміст  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{мг/дм}^3$  - не більше 600
- температура,  $^{\circ}\text{C}$  - 5-30
- тиск - самоплив

Баланс водоспоживання та водовідведення по агрегату УКЛ-7 наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Баланс водоспоживання і водовідведення

Стадія	Оборотна вода ( $\text{м}^3/\text{добу}$ )	Господарсько-питна вода ( $\text{м}^3/\text{добу}$ )	Водовідведення			Примітка
			Побутові стоки ( $\text{м}^3/\text{добу}$ )	Зливі стоки ( $\text{м}^3/\text{добу}$ )	Кислі стоки ( $\text{м}^3/\text{добу}$ )	
Агрегат УКЛ-7	-	0,265	0,265	-	-	Подається в приміщення санвузлів
	-	0,5	-	-	-	1 раз на рік при промиванні систем опалення
					5,0	Змив проливів при необхідності
				70		Періодично при опадах
Відділення абсорбції	38400-45600					

Відділення турбокомпресії	9600-14500					
------------------------------	------------	--	--	--	--	--

Постійні стічні води, забруднені азотною кислотою, відсутні. сховища та інші ємності встановлені в піддонах з об'ємом, що запобігає потраплянню закислення вод в об'єкти навколишнього середовища. Вони відкачуються з поверненням в технологічний процес [16].

Постійний стік - продування котлів-утилізаторів - являє собою гарячу воду з вмістом мінеральних солей природного походження, охолоджується і направляється на підживлення водооборотних циклів, скорочуючи споживання свіжої води.

### 3.2.3 Вплив на навколишнє середовище при поводженні з відходами

При експлуатації виробництва неконцентрованої нітратної кислоти утворюються рідкі та тверді відходи виробництва і споживання 5 найменувань I, III і IV класів небезпеки [16]. З них 4 твердих і 1 рідкий. Перелік відходів наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Перелік відходів виробництва

Найменування відходів	т/період
Тверді відходи	
Відходи I класу небезпеки	
- лампи ртутні, ртутно-кварцові, люмінесцентні, компактні люмінесцентні, металогалогенні, які втратили споживчі властивості	6,236
Відходи III класу небезпеки	
- каталізатор алюмо-ванадієвий відпрацьований	20,9
Відходи IV класу небезпеки	
- сітки платиноїдні відпрацьовані	0,223
- тканина фільтрувальна з полімерних волокон відпрацьована	1,602
Рідкі відходи	
Відходи III класу небезпеки	
- відходи мінерального масла гнітрогенурбінних установок	4,225

Відпрацьовані алюмо-ванадієві каталізатори, сітки платиноїдні, лампи ртутні, ртутнокварцеві, люмінесцентні, компактні люмінесцентні, металогалогенні, які втратили споживчі властивості передаються для знешкодження, утилізації та використання спеціалізованим організаціям на договірній основі.

Тканина фільтрувальна з полімерних волокон відпрацьована при очищенні технологічних газів виробництва слабкої нітратної кислоти направляється на полігон промислових відходів.

Відпрацьовані мінеральні масла направляються на спалювання.

### 3.2.4 Вплив фізичних факторів

Умови роботи з машинами, механізмами, установками, пристроями, апаратами, які є джерелами фізичних факторів впливу на людину (шуму, вібрації, ультразвукових, інфразвукових впливів, теплового, іонізуючого, неіонізуючого та іншого випромінювання), не повинні мати шкідливий вплив на людину. Основним джерелом шуму і вібрації в період експлуатації агрегату УКЛ-7 виробництва неконцентрованої нітратної кислоти є турбінна установка. Для виключення впливу шуму на навколишнє середовище турбінна установка розміщується в ізольованому приміщенні турбокомпресії. Установка працює в автоматичному режимі без присутності обслуговуючого персоналу. Постійні робочі місця в приміщенні турбокомпресії не передбачені.

Щити керування винесені в спеціальне звукоізольовані приміщення управління, де передбачено робоче місце машиніста турбінної установки.

Фундамент під турбінну установку відділений по периметру від суміжних конструкцій наскрізними швами. Під опорами перекриття передбачені віброізольуючі прокладки.

Джерела зовнішнього шуму в агрегаті виробництва неконцентрованої нітратної кислоти відсутні.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Проектований об'єкт не буде впливати на формування рівня шуму як на межі СЗЗ, так і житловій зоні.

Фактор іонізуючих випромінювань в виробничому процесі відсутній. рівень напруженості електромагнітного поля в робочих зонах виробничих будівель і на прилеглих територіях відповідає встановленим вимогам діючих Сан-ПіН.

### 3.2.5 Оцінка впливу на навколишнє соціальне середовище

Головною метою охорони навколишнього середовища є створення сприятливих умов для життєдіяльності людини та збереження її здоров'я.

Виконана оцінка ступеня впливу проекрованої діяльності на стан атмосфери підтвердила, що забруднюючі речовини, які надходять в атмосферне повітря при її експлуатації агрегатів УКЛ-7, не будуть мати додаткового впливу на стан атмосфери в прилеглих населених пунктах.

Експлуатація проектованих агрегатів також не призведе до забруднення ґрунтів та водних об'єктів.

Отже, вплив проекрованої діяльності на стан соціальних умов та здоров'я населення, яке проживає в районі розташовування підприємства, оцінюється як мінімальний і не вимагає спеціальних заходів щодо його зниження.

Крім того, виробництво азотної кислоти дозволить підприємству повністю забезпечити виробництво вапняно-аміачної селітри власною сировиною. Це поліпшить техніко-економічні показники його роботи і, як наслідок, збільшити ввідрахування у відповідні бюджети.

Таким чином, в цілому соціальний ефект від планованої діяльності оцінюється як позитивний.

Однак слід зазначити, що оптимізація виробництва з метою зменшення викиду забруднюючих речовин є актуальною і може мати як екологічний, так і економічний ефект.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

### 3.3 Моніторинг довкілля

Екологічний моніторинг передбачає організацію мережі спостережень і проведення контролю за процесами формування компонентів природного комплексу (екосистеми) в техногенно-змінених умовах.

Моніторинг дозволяє оперативно і чітко оцінювати ситуацію і вживати заходів щодо недопущення або усунення негативних впливів при експлуатації об'єкта.

Основні функції моніторингу на підприємстві трансформовані в Програму виробничого екологічного контролю (ПЕК).

Мета виробничого екологічного контролю - забезпечення екологічної безпеки на підприємстві і в зоні його впливу; збереження навколишнього середовища.

Завдання виробничого екологічного контролю - дотримання законів, нормативних актів, постанов Уряду, територіальних природоохоронних органів, внутрішніх нормативних документів з природоохоронної тематики.

Функціонування системи моніторингу довкілля в області здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [17], постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» [18].

Суб'єктами системи екологічного моніторингу в області є спеціально уповноважені органи міністерств й відомств, управління обласної державної адміністрації, підприємства, установи та організації, які в своєму складі мають відповідні лабораторії, що мають свідоцтва про атестацію на проведення вимірювань складових довкілля, зокрема [14]:

#### 1. Рівненський обласний центр з гідрометеорології

Державна установа «Рівненський обласний лабораторний центр МОЗ України»:

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- атмосферного повітря в населених пунктах та зонах розміщення промислових об'єктів;
- поверхневих вод водних об'єктів, що зазнають найбільшого антропогенного впливу (санітарно-хімічні, бактеріологічні та радіометричні дослідження);
- підземних джерел та об'єктів централізованого водопостачання (санітарно-хімічні, бактеріологічні та радіометричні дослідження);
- ґрунтів (санітарно-хімічні бактеріологічні дослідження, солі важких металів, пестициди).

Державна екологічна інспекція Поліського округу:

- джерел промислових викидів в атмосферу підприємствами області та викидів пересувних джерел викидів (вміст забруднювальних речовин);
- джерел скидів стічних вод підприємств області та їх вплив на поверхневі водні об'єкти області (гідрохімічні показники);
- ґрунтів (вміст з забруднювальних речовин).

Узагальнення результатів моніторингових спостережень (збір, обробка, систематизація та аналіз інформацій) від суб'єктів державної системи моніторингу довкілля здійснюється департаментом екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації. Щомісяця за даними суб'єктів моніторингу довкілля поповнюються інформаційні масиви комп'ютерного банку екологічних даних інформаційної системи департаменту, який містить оперативну та ретроспективну інформацію про стан навколишнього природного середовища і природних ресурсів.

Для інформування населення про стан довкілля узагальнені результати моніторингових спостережень суб'єктів моніторингу довкілля (інформаційно-аналітичні огляди стану довкілля області) регулярно раз на місяць висвітлюються на веб-порталі департаменту екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації [19].

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Мета експерименту

Нітратну кислоту, як правило, виробляють шляхом високотемпературного окислення аміаку повітрям у присутності благородного металу в якості каталізатора. У процесі охолодження значна кількість NO окислюється з утворенням NO<sub>2</sub> в присутності кисню в технологічному газовому потоці, в той час як також конденсується деяка кількість водяної пари. Цей газовий потік, що містить NO і NO<sub>2</sub>, вступає в контакт з водним середовищем в протитечному режимі в абсорбційному устаткуванні з утворенням водного розчину азотної кислоти. Даний процес дуже складний і залежить від багатьох факторів (тиск, температура, склад газового і рідинного потоків та ін). Безсумнівно, що з урахуванням цих факторів можна інтенсифікувати процес абсорбції і таким чином зменшити кількість оксидів нітрогену в газовому потоці, який виходить з абсорбційної колони і надходить на стадію каталітичного очищення.

Каталітичне очищення газових викидів від оксидів нітрогену дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу до рівня ГДК, але при цьому мають місце безповоротні втрати NO<sub>2</sub>.

В дипломній роботі пропонується інтегрувати окислення NO до NO<sub>2</sub> на основі перекису водню в межах системи абсорбції азотної кислоти і підвищити ступінь абсорбції оксидів нітрогену, що забезпечує зниження викидів оксидів нітрогену без здійснення значних змін в технологічному процесі або модифікації обладнання.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Подолька О.В.</i>			<i>Експериментальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів.</i>		<i>Лисиця В.С.</i>					40	
<i>Консульт.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

Метою даних досліджень є розробка та впровадження екологічно чистих виробничих технологій, що забезпечують високі санітарні вимоги до роботи виробництв нітратної кислоти.

У зв'язку з цим необхідно:

- провести аналітичний огляд щодо виявлення основних способів уловлювання оксидів нітрогену з метою їх корисного використання або повного їх розкладання до елементарного нітрогену перед викидом в атмосферу;
- дослідити вплив перекису водню на ступінь перетворення оксидів нітрогену і утворення нітратної кислоти в процесі абсорбції.

#### 4.2 Аналітичний огляд способів утилізації оксидів нітрогену

Останнім часом все більшого значення набувають проблеми захисту навколишнього середовища в зв'язку зі збільшенням негативного антропогенного впливу на неї людини.

Погіршення екологічної обстановки призводить до техногенних катаклізмів різних масштабів - розвитку захворювань організмів, погіршення якості товарів і продуктів, скорочення терміну служби будівель, машин, приладів внаслідок корозії і ін.

В промисловості застосовуються окислення і абсорбція оксидів нітрогену водними розчинами окиснювачів. В основі цього методу лежать процеси взаємодії оксиду нітрогену з водними розчинами  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $KClO_3$ ,  $KClO$ ,  $NaClO$ ,  $NaClO_2$ ,  $Na_2O_2$ ,  $PbO_2$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $KI$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $(NH_4)_2S_2O_8$ ,  $K_2S_2O_3$  і ін. Нітратна кислота, що утворюється в процесі окислення  $NO$  вступає в реакцію з продуктами розпаду окиснювача, при цьому в розчині утворюються відповідні солі нітратної кислоти, які можуть бути використані на відповідних виробництвах [7].

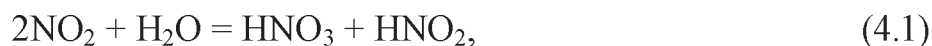
Швидкість окислення  $NO$  рідкими окиснювачами на один-два порядки більше, ніж швидкість окислення окису нітрогену киснем в газовій фазі. Однак рі-

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



дкі окиснювачі мають відносно високу вартість, тому застосування їх може бути виправдано лише в окремих специфічних умовах.

В абсорбційних колонах виробництва нітратної кислоти протікають наступні реакції:



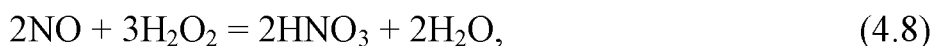
Реакції (4.1) - (4.5) протікають при уловлюванні оксидів нітрогену в контактних апаратах (наприклад, в тарілчастих колонах) при отриманні  $\text{HNO}_3$ , але при цьому слід враховувати, що  $\text{HNO}_2$  розкладається по реакції (4.2) з утворенням  $\text{NO}$ , а  $\text{NO}$  і  $\text{HNO}_2$  окислюються киснем повітря по реакціях (4.6) і (4.7):



причому обидві реакції, а особливо реакція (4.6), повільні, що істотно ускладнює роботу тарілчастих колон і знижує їх ефективність.

Введений в кону замість повітря більш сильний окиснювач (кисень або озон) підвищує ефективність уловлювання оксидів нітрогену. В процесі пошуку більш ефективних окиснювачів деякі дослідники стали застосовувати перекис водню.

Із з'єднань, які фігурують в реакціях (4.1) - (4.7) з  $\text{H}_2\text{O}_2$  взаємодіють  $\text{NO}$  і  $\text{HNO}_2$  по реакціях (4.8), (4.9) [6]:



За твердженням авторів роботи [7], перша з цих реакцій характеризується високою швидкістю, а друга істотно більш повільна. За даними роботи, реакція (4.8) прискорюється при зростанні концентрації  $\text{H}^+$ .

В роботі [20] в процесі очищення газового потоку, що містить 1 об.%  $\text{NO}$ ,

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

при введенні в рідину, яка подається на зрошення колони,  $H_2O_2$  коефіцієнт очищення зростає при збільшенні концентрації  $HNO_3$ , зниженні температури, зменшенні швидкості газового потоку і при введенні в газовий потік кисню повітря.

У прикладах патенту [21] показано, що в тарільчастій колоні, зрошуваній водою, об'ємна частка оксидів нітрогену знижувалася з 0,15 до 0,07%, а при введенні в зрошувальний розчин  $56 \text{ кг/м}^3 H_2O_2$  - до 0,02%. При подачі в колону 0,35% оксидів нітрогену і зрошенні чистою водою на виході об'ємна частка становила 0,15%, а при додаванні  $29 \text{ кг/м}^3 H_2O_2$  - 0,08%. Введення в зрошувальний розчин крім  $H_2O_2$  нітратної кислоти (52%) знижувало об'ємну частку оксидів нітрогену з 0,35 до 0,045%.

В роботі [6] розглянуто уловлювання оксидів нітрогену низьких концентрацій з потоку нітрогену. Зрошувальна рідина містила 37-55 мас%  $HNO_3$  і 0,4-37 мас.%  $H_2O_2$ . Температура становила 215-293 К. Об'ємна частка  $NO$  знижувалася від вихідної величини 295-300 до 65-180 ppm. Найбільш істотним фактором була концентрація  $HNO_3$  (кислота з концентрацією 55% знижувала об'ємну частку  $NO$  до 65 ppm). Висока концентрація  $H_2O_2$  (37%) до різкого зниження об'ємної частки  $NO$  не приводила (з 295 до 100 ppm). Об'ємна частка  $NO_2$  після контакту із зрошувальною рідиною підвищувалася від початкового значення 2-60 до 75-165 ppm. Появі великої кількості  $NO_2$  сприяють високі концентрації як  $HNO_3$ , так і  $H_2O_2$ . Об'ємна частка суми  $NO$  і  $NO_2$  знижувалася від 297-360 до 193-255 ppm, тобто на 28-35%.

У прикладах патенту [22] наочно проілюстровані можливості  $H_2O_2$ .  $NO_2$  з потоку нітрогену під час відсутності кисню повністю поглинався водою і наполовину перетворювався в  $HNO_3$ , що відповідає реакції (4.1). При введенні в поглинаючий розчин  $40 \text{ кг/м}^3 H_2O_2$  практично весь поглинутий  $NO_2$  перетворювався в  $HNO_3$ , що підтверджує реакцію (4.9). В аналогічних умовах  $NO$ , що міститься в потоці нітрогену при відсутності кисню і  $NO_2$ , розчинявся у воді, що містить  $40 \text{ кг/м}^3 H_2O_2$ , в кількості 3% від пропущеного об'єму, що приблизно відповідає фізичній розчинності  $NO$  в чистій воді, тобто газоподібний  $NO$  перок-

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

сидом водню, не окислюється.

Цікавою є інформація матеріалу [23]. У газ-носій (повітря) при витраті  $0,64 \text{ дм}^3/\text{с}$  (при нормальних умовах) з вихідною об'ємною часткою  $\text{NO}$  480,  $\text{NO}_2$  200 ppm вводили пари  $\text{H}_2\text{O}_2$  і пропускали потік через фільтрувальні колони з насадкою (фрагменти скла  $4 \times 40 \text{ см}$ , кільця Рашига  $2 \times 4 \text{ мм}$ , каталізатор - силікагель). Без введення  $\text{H}_2\text{O}_2$  об'ємна частка  $\text{NO}$  знижувалася до 430 ppm (на 10%), об'ємна частка  $\text{NO}_2$  залишалася без зміни (200 ppm). З додаванням парів  $\text{H}_2\text{O}_2$  (отриманих з 50% -ного розчину) об'ємна частка  $\text{NO}$  знижувалася до 0 (на 100%),  $\text{NO}_2$  - до 30 ppm (на 85%). Згадані кінцеві концентрації досягалися через 600 с після початку пропускання. Таким чином, взаємодія оксидів нітрогену з газоподібним  $\text{H}_2\text{O}_2$  забезпечувало практично повне видалення  $\text{NO}$  і значне зниження вмісту  $\text{NO}_2$ . Ймовірно, в даному випадку додатковим фактором, що забезпечує зниження концентрації обох оксидів нітрогену, є гетерогенний окислювальний процес на розвиненій поверхні насадки фільтрувальної колони.

В роботі [6] розглянуто ще один аспект застосування  $\text{H}_2\text{O}_2$  - використання гомогенного каталізатора. Газовий потік витратою  $0,50 \text{ м}^3/\text{с}$  (при нормальних умовах) з концентрацією  $\text{NO}_x$  [ $\text{NO}_2$ :  $\text{NO} = 2:1$  (мол.)]  $2500 \text{ мг}/\text{м}^3$  пропускали через абсорбційну колону з  $4 \text{ м}^3$  розчину, що містить 0,5 мас.%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 5 мас.%  $\text{HNO}_3$  і  $5 \text{ кг}/\text{м}^3 \text{ Mn}(\text{NO}_3)_2$ . Концентрація  $\text{NO}_x$  на виході з колони склала  $200 \text{ мг}/\text{м}^3$  (уловлювання 92%).

Виходячи з даних, наведених вище, можна зробити висновок, що застосування перекису водню для оптимізації процесу абсорбції оксидів нітрогену не забруднює розчин побічними продуктами. При взаємодії перекису водню з оксидом нітрогену (II) згідно з рівняннями (4.8)-(4.9) утворюється нітратна кислота, при цьому кількість оксидів нітрогену в скидному газі значно зменшується, що в свою чергу дозволить зменшити витрати амоніаку на очищення хвостових газів і зменшити кількість оксидів нітрогену, що скидаються в атмосферу.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

### 4.3 Опис експериментальної установки

Для вивчення процесу окиснення оксидів нітрогену в умовах абсорбції була створена лабораторна установка (рис. 4.1).

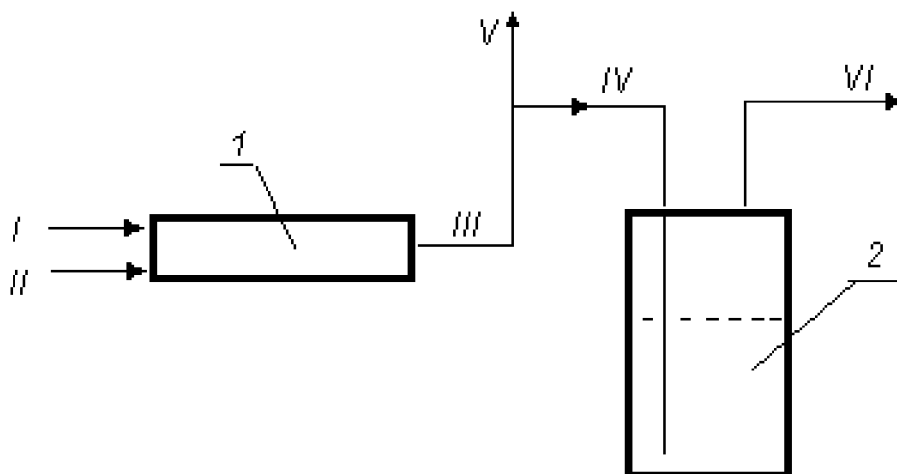


Рис. 4.1 - Схема лабораторної установки для дослідження впливу перекису водню на процеси окислення NO

1- генератор оксидів нітрогену, 2 – барботажний реактор для окиснення оксидів нітрогену

Потоки: I-природний газ, II-повітря, III- NO з генератора, IV- газ на абсорбцію  $H_2O_2$ , V- газ на аналіз NO і  $NO_2$ , VI- газ після абсорбції на аналіз NO і  $NO_2$ .

Основними частинами установки є генератор оксидів нітрогену і барботажний реактор, заповнена водним розчином перекису водню. Природний газ і повітря подаються в генератор, де відбувається спалювання природного газу. Спеціально розроблена конструкція генератора дозволяє міняти концентрацію NO в широкому інтервалі. Одержаний газ аналізується на вміст NO і  $NO_2$  і подається на абсорбцію. Газ, що виходить з реактора, аналізується на вміст NO і  $NO_2$ .

Поглинання оксидів нітрогену рідкими сорбентами проводили в механічному абсорбері з великим числом обертів. Горизонтальний механічний абсорбер є роз'ємний циліндр, виконаний з нержавіючої сталі. Усередині циліндра на пі-

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

дшипниках встановлено вал з закріпленими на ньому перфорованими дисками. Вал приводиться в рух електродвигуном через редуктор. На 1/3 діаметра диски мають радіальні розрізи, за допомогою яких формуються лопатки, відігнуті назустріч один одному під кутом 15-17 °. При обертанні дисків лопатки захоплюють рідину, яка заповнює нижню частину апарату і розпилює її по всьому об'єму апарату, при цьому забезпечується інтенсивне перемішування газу з рідиною і високорозвинена поверхню контакту фаз.

Розчин з реактора аналізується на вміст  $\text{HNO}_3$ .

#### 4.4 Методика експерименту

Для генерації оксидів нітрогену застосований термічний метод замість окислення аміаку, що дозволило виключити методологічну помилку при інтерпретації результатів дослідження. Реактор має три патрубки: один патрубок для входу природного газу або вторинного повітря, другий - для виходу продуктів окислення, а третій - для пальника. Особливістю пальника є те, що трубки введення пального і окиснювача розташовані коаксіально, а потоки природного газу і повітря можуть залежно від вимог по складу газу подаватися по центру або по периферії.

В умовах полум'яного окислення природного газу утворюються оксиди нітрогену на 95% що складаються з  $\text{NO}$  і 5% з  $\text{NO}_2$ . В умовах виконаних досліджень концентрація  $\text{NO}_x$  складала до 1000 ppm.

Концентрація  $\text{H}_2\text{O}_2$  в реакторі в ході експерименту змінювалась від 0 до 30%.

#### 4.5 Методи аналітичного контролю

Для оцінки ефективності протікання процесу газова фаза на вході і виході з реактора аналізувалася на вміст оксиду нітрогену (I), оксиду нітрогену (II), ки-

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

сню, оксиду вуглецю і метану.

Для аналізу використовувалась система газоаналітична Gaset CEMS II [24] (далі - система) призначена для безперервного автоматичного вимірювання масової концентрації забруднюючих речовин: оксиду вуглецю (CO), оксиду нітрогену (NO), діоксиду нітрогену (NO<sub>2</sub>), закису нітрогену (N<sub>2</sub>O), аміаку (NH<sub>3</sub>), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>), хлористого водню (HCl), фтористого водню (HF), формальдегіду (CH<sub>2</sub>O), метану (CH<sub>4</sub>), етану (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), пропану (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), гексану (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>), етилену (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), суми вуглеводнів, а також зважених часток (пилу), об'ємної частки водяної пари (H<sub>2</sub>O), діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>), кисню (O<sub>2</sub>) і параметрів газового потоку (температури, тиску і швидкості) у відхідних і технологічних газах промислових підприємств.

Принцип дії системи заснований на наступних методах:

- для визначення всіх компонентів (крім кисню) - ІК-Фур'є спектроскопія;
- для визначення кисню - електрохімічний (цирконієвий датчик);
- для визначення пилу - оптичний;
- для визначення витрати - ультразвуковий або метод диференціального тиску (перепаду тиску).

Газоаналітична система Gaset CEMS II-1 має переносне виконання (транспортується) і включає в себе:

- портативний зонд відбору проб газів;
- лінію подачі проби, яка при необхідності може підігріватися;
- портативний блок подачі проби Gaset;
- газоаналізатор Gaset DX-4000;
- портативний ПК з встановленим ПО Calcmet.

Блок подачі проби Gaset включає фільтр і насос подачі проби, а також систему клапанів для перемикання між газовими потоками.

Значення концентрацій вимірюваних компонентів може виводитися в наступних одиницях виміру: об'ємні частки в млрд<sup>-1</sup> (ppb), млн<sup>-1</sup> (ppm), %; масової концентрації в мкг/м<sup>3</sup>, мг/м<sup>3</sup>, г/м<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Система Gasmel CEMS II за допомогою різних інтерфейсів передачі даних може бути підключена до зовнішнього програмно-апаратного комплексу для формування екологічної звітності.

Концентрація азотної кислоти в розчині визначалась згідно з методикою [25].

#### 4.6 Результати експерименту і їх обговорення

Залежність кількості NO і NO<sub>2</sub> на вході і виході з реактора в залежності від концентрації і складу поглинального розчину наведено в таблиці 4.1. Концентрація нітратної кислоти змінювалась від 0 до 6%, що пов'язано з невеликою витратою нітрозних газів.

Таблиця 4.1 – Зміна окиснення NO до NO<sub>2</sub> в залежності від концентрації H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Поглиняльний розчин	Концентрація поглиняльного розчину, %	Кількість оксидів нітрогену на вході в реактор, ppm		Кількість оксидів нітрогену на виході з реактора, ppm	
		NO	NO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>
Знесолена вода	-	950	50	942	43
Розчин перекису водню	0,5	950	50	790	152
Розчин перекису водню	1,5	950	50	622	320
Розчин перекису водню	3,0	950	50	432	510
Розчин перекису водню	5,0	950	50	402	540
Розчин перекису водню	8,0	950	50	394	548
Розчин перекису водню	15,0	950	50	389	553
Розчин перекису водню	30,0	950	50	387	555

В результаті проведених досліджень встановлено, що наявність в реакційному середовищі перекису водню приводить до збільшення ступеня окиснення NO (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Вплив концентрації перекису водню в реакційному середовищі на концентрацію NO<sub>2</sub> в газі, що виходить з реактора

#### 4.7 Висновки по експериментальній частині

Застосування перекису водню для оптимізації процесу абсорбції оксидів нітрогену не забруднює розчин побічними продуктами. При взаємодії перекису водню з оксидом нітрогену (II) утворюється нітратна кислота, при цьому кількість оксидів нітрогену в скидному газі значно зменшується, що в свою чергу дозволить зменшити витрати амоніаку на очищення хвостових газів і зменшити кількість оксидів нітрогену, що скидаються в атмосферу.

Наявність в реакційному середовищі перекису водню приводить до збільшення ступеня окислення NO в газі в умовах проведених дослідів від 5 разів (при концентрації H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> рівної 0,5%) до 10 разів (при концентрації H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> рівної 3%). Збільшення концентрації H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> вище за величину 5% майже не приводить до збільшення ступеня окислення NO.



## 5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

5.1 Рекомендації для промислового застосування результатів експерименту

У виробництві нітратної кислоти хвостові гази, що виходять з абсорбції колони мають в своєму складі не більше 0,15 % об. оксидів нітрогену. Подача 3-5% (розчину у потік глибоко знесоленої води, що подається верхню тарілку колони абсорбції, дозволить понизити концентрацію NO в неочищених хвостових газах в 10 разів, що дозволить зменшити витрати аміаку на очищення газів. Кількість  $H_2O_2$  становить 30 кг/м<sup>3</sup> зрошувального розчину, що подається на 46 тарілку абсорбційної колони.

### 5.2 Опис технологічної схеми

Технологічний процес виробництва неконцентрованої нітратної кислоти за схемою, яка працює під тиском 0,73 МПа, складається з наступних стадій [16]:

- підготовка та стиснення повітря;
- підготовка газоподібного амоніаку;
- підготовка аміачно-повітряної суміші;
- окислення амоніаку та охолодження нітрозних газів;
- абсорбція оксидів нітрогену;
- низькотемпературне селективне очищення хвостових газів від оксидів нітрогену та рекуперация енергії очищених хвостових газів.

#### Підготовка та стиснення повітря

Атмосферне повітря надходить на грубу та тонку очистку у фільтр 1Ф, а потім на стиснення у газотурбінний агрегат 2ГТ.

					<b>PM.64.01.ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>Прикладна частина</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Розроб		Подолька О.В.					50	
Перевірів.		Лисиця В.С.						
Консульт.								
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.				<b>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</b>		

Після відцентрового двухкомпресорного нагнітача агрегату *2ГТ* повітря з температурою 413-453 К та тиском не більше 0,8 МПа направляється у змішувач *33М* на виробництво кислоти, у лінію нітрозних газів після підігрівача хвостових газів *4АТ* та продувну колону *5КЛ*. Це технологічне повітря. Інший потік – енергетичне повітря – направляється на власні потреби газової турбіни.

#### Підготовка газоподібного амоніаку

Рідкий аміак під тиском 1,2-1,4 МПа подається в міжтрубний простір випарника *6ВП*, де випарюється із застосуванням пари під тиском не більше 1,6МПа.

Після випарника *6ВП* газоподібний аміак надходить у фільтр *7Ф*, де відбувається очистка від масла та механічних домішок (каталізаторного пилу) на скловолокні типу БВ-6/в. Амоніак, що накопичується в нижній частині випарника *6ВП*, забруднений маслом і механічними домішками, безупинно через шайбу діаметром 3-4 мм виводиться у сховище рідкого амоніаку.

Очищений у фільтрі *7Ф* газоподібний аміак подається у підігрівач газоподібного амоніаку *8АТ*, де підігрівається до температури 353-383 К парою під тиском не більше 0,5 МПа і подається на приготування аміачно-повітряної суміші в змішувач *33М*.

#### Підготовка аміачно-повітряної суміші

Підготовка аміачно-повітряної суміші полягає в її готуванні, очистці та виробляється в сполученому апараті-змішувачі з фільтром *33М*, куди надходить стиснене повітря після нагнітача *2ГТ* та підігрітий газоподібний аміак.

Температура аміачно-повітряної суміші на виході зі змішувача *33М* повинна становити 443-503 К.

Об'ємна частка амоніаку у аміачно-повітряній суміші повинна становити 9,7-10,7%.

					<i>РМ.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## Окислення амоніаку та охолодження нітрозних газів

Зі змішувача з фільтром аміачно-повітряна суміш надходить у контактний апарат *9AK*.

Процес окислення амоніаку протікає при температурі 1153-1183 К на платинових каталізаторних сітках та на шарі неплатинового оксидного блочного каталізатора типу ИК-42-1 за реакціями (1.2 – 1.4).

При окисненні амоніаку утворюються нітрозні газу, які складаються з оксидів нітрогену, парів води, кисню. Вихід оксиду нітрогену від окисленого амоніаку повинен становити не менше 93,5 %.

Контактний апарат *9AK* встановлений безпосередньо на казані-утилізаторі *10КУ*. У нижню частину контактного апарату вбудований пароперегрівач утилізатора.

Після контактного апарату *9AK* нітрозні газу проходять пароперегрівач і надходять у казан-утилізатор *10КУ*.

У казані-утилізаторі *10КУ* за рахунок тепла нітрозних газів та охолодження їх до температури 533-653 К відбувається випарювання поживної води. Пара, що утворилася, проходить пароперегрівач контактного апарату *9AK*, встановлений після каталізаторів під тиском не більше 1,6 МПа та температурою 503-523 К направляється в загальноцеховий колектор.

Нітрозні газу після утилізатора *10КУ* надходять до окиснювача *11ОК*, в об'ємі якого триває реакція окислення оксиду нітрогену в діоксид нітрогену з одночасним підвищенням температури до 533-653 К відповідно до реакції (1.5).

Після окиснювача *11ОК* нітрозні газу охолоджуються двома ступенями в підігрівачах хвостового газу *4AT*, *12AT* до температури 433-453 К та надходять у холодильники-конденсатори *13ХК*, де відбувається їх охолодження оборотною водою, конденсація водяних парів, окиснення оксиду нітрогену в діоксид нітрогену та утворення нітратної кислоти з масовою часткою нітратної кислоти не нижче 40%.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Охолоджені до температури 338 К нітрозні газу після холодильників-конденсаторів 13ХК надходять під першу тарілку абсорбційної колони 14КЛ.

Нітратна кислота після холодильника-конденсатора 13ХК надходить на одну з 5 по 12 тарілки абсорбційної колони 14КЛ, тобто на тарілку з відповідною масовою часткою нітратної кислоти.

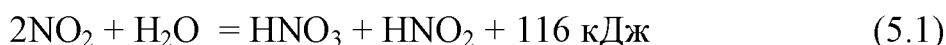
На доокиснення оксиду нітрогену NO в діоксид нітрогену NO<sub>2</sub> у колектор нітрозних газів подається додаткове повітря.

#### Абсорбція оксидів нітрогену

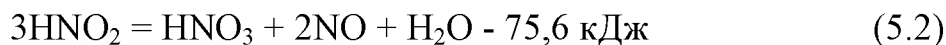
Абсорбція діоксиду нітрогену відбувається в абсорбційній колоні 14КЛ з 47 тарілками ситчатого типу. Нітрозні газу проходять послідовно всі тарілки абсорбційної колони знизу нагору.

Для зрошення абсорбційної колони 14КЛ на 45 або 46 тарілку подається попередньо охолоджена до температури не більше 308 К глибокознесолена вода в кількості 503,77 кг/т з розчином перекису водню в кількості 30 кг/м<sup>3</sup>. Таким чином в абсорбційній колоні відбувається остаточне доокиснення оксиду нітрогену NO в діоксид нітрогену NO<sub>2</sub>.

На тарілках абсорбційної колони 14КЛ діоксид нітрогену взаємодіє з водою з утворенням нітратної кислоти за реакцією :



Нітритна кислота як нестійка розпадається:



Нітратна кислота, що утворюється на верхній тарілці, перетікає по тарілках на нижчі тарілки, рухаючись назустріч потоку нітрозного газу. По мірі поглинання діоксиду нітрогену масова частка нітратної кислоти збільшується. На виході з абсорбційної колони 14КЛ масова частка HNO<sub>3</sub> в нітратній кислоті повинна становити не менше 58 %.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Тепло, що виділяється в процесі реакції, відводиться оборотною водою, яка проходить по змійовиках, що покладені на тарілках абсорбційної колони 14КЛ.

Об'ємна частка оксидів у хвостових газах після абсорбційної колони 14КЛ складає приблизно з урахуванням запропонованого рішення буде складати 0,105 %. Об'ємна частка кисню повинна становити 1,7-3,5 %, інше – азот, вода.

Отримана в абсорбційній колоні 14КЛ нітратна кислота надходить у продувну колону 5КЛ на верхню із трьох тарілок ситчатого типу.

Під нижню тарілку подається повітря з нагнітача агрегату 2ГТ для віддувки оксидів нітрогену, які розчинені в нітратній кислоті.

На верхню тарілку подається 3% розчин перекису водню для зв'язування оксидів нітрогену у нітратну кислоту.

Нітратна кислота з масовою часткою нітратної кислоти не менше 58,0 % із продувної колони 5КЛ за рахунок тиску в системі видається у сховище кислоти та у відділення особо чистої нітратної кислоти.

Селективне каталітичне очищення хвостових газів і рекуперація їх енергії

Хвостові гази після абсорбційної колони 14КЛ проходять послідовно два підігрівача хвостових газів 4АТ, 12АТ, де за рахунок тепла нітрозних газів підігріваються до температури відповідно 388-413 К та 493-573 К.

Підігрітий хвостовий газ, змішуючись з відбудованим реагентом – газоподібним амоніаком, надходить у реактор селективної каталітичної очистки 15Р, де на алюмованадієвому каталізаторі АВК-10М відбувається відновлення оксидів нітрогену.

Газоподібний амоніак подається безпосередньо в лінію хвостового газу. Витрата його при використанні перекису водню як відновника оксидів нітрогену в процесі абсорбції буде становить 4-8 м<sup>3</sup>/год., виходячи зі співвідношення NH<sub>3</sub> : NO<sub>2</sub> = 0,95 - 1,2.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Очищені хвостові гази, змішуючись з повітрям, яке залишилося після технологічних витрат, надходять на залишковий підігрів до температури 913-973 К в універсальну камеру згорання турбіни 16КЗ.

Підігрів очищених хвостових газів здійснюється прямим контактом з паливними газами, отриманими при спалюванні природного газу в потоці повітря. У цій же камері 16КЗ відбувається термічне окиснення амоніаку до молекулярного нітрогену за реакцією (5.5).

З метою мінімізації вмісту у вихлопних газах оксидів нітрогену та оксиду вуглецю у лінію повітря перед камерою згорання 16КЗ подається водяна пара в кількості до 1,5 т/год.

Після гнітрогенурбінного агрегату 2ГТ очищені хвостові гази надходять у казан-утилізатор зі сталевим економайзером 17КУ, де відбувається охолодження очищених хвостових газів поживною водою та виробляється перегріта пара під тиском не більше 1,6 МПа і температурою 503-523 К.

Очищені хвостові гази після казана-утилізатора 17КУ надходять у сталевий економайзер утилізатора для подальшого підігріву поживної води.

З температурою 453-463 К та масовою концентрацією оксидів нітрогену не більше 103 мг/м<sup>3</sup>, амоніаку не більше 38 мг/м<sup>3</sup>, оксиду вуглецю не більше 125 мг/м<sup>3</sup>, хвостові гази викидаються в атмосферу через вихлопну трубу 18ТВ, довжина якої складає приблизно 150 м [16].

### 5.3 Матеріальні розрахунки

Розрахунок матеріального балансу реактора селективного каталітичного очищення хвостових газів проводиться на 1 т нітратної кислоти.

Вихідні дані:

Об'ємна витрата хвостових газів після абсорбційної колони ( $V_T$ ) – 4243,67 м<sup>3</sup>/т [16].

Склад газу після стадії абсорбції в діючому виробництві наведено в таблиці 5.1.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

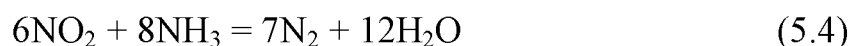
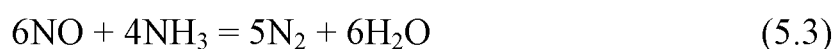
Таблиця 5.1 – Склад викидних газів після стадії абсорбції

Компонент	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Разом
% об. (С)	0,1152	0,0427	2,6968	95,9579	1,1874	100,0

Надлишок амоніаку приймаємо на рівні діючого виробництва NH<sub>3</sub> : NO<sub>2</sub> = 1,1.

Ступінь очищення хвостових газів від оксидів нітрогену – 98%.

Селективне каталітичне відновлення оксидів нітрогену відбувається за реакціями:



Молекулярні маси реагуючих речовин наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Молекулярна маса речовин

Компонент	NH <sub>3</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
(M <sub>м</sub> )	17	30	46	32	28	18

### 5.3.1 Матеріальний баланс діючого виробництва

Визначимо об'ємну, молярну і масову витрату компонентів газу на вході в реактор:

$$V_{NO} = \frac{V_{г} \cdot C_{NO}}{100} = \frac{4243,67 \cdot 0,1152}{100} = 4,89 \text{ м}^3/\text{т}$$

$$n_{NO} = \frac{V_{NO}}{22,4} = \frac{4,8887}{22,4} = 0,22 \text{ кмоль/т}$$

$$m_{NO} = n_{NO} \cdot M_{м NO} = 0,2182 \cdot 30 = 6,55 \text{ кг/т}$$

Аналогічно обчислюємо витрату інших компонентів і дані розрахунків зводимо в таблицю 5.3.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						56

Таблиця 5.3 – Витрата газу на вході в реактор

Компонент	Газовий потік на вході в реактор			
	% об.	м <sup>3</sup> /т	кмоль/т	кг/т
NO	0,1152	4,89	0,22	6,55
NO <sub>2</sub>	0,0427	1,81	0,08	3,72
O <sub>2</sub>	2,6968	114,44	5,11	163,49
N <sub>2</sub>	95,9579	4072,14	181,79	5090,17
H <sub>2</sub> O	1,1874	50,39	2,25	40,49
Разом	100	4243,67	189,45	5304,42

Враховуючи ступінь очищення 98% по реакції (5.3) прореагує NO:

$$m_{NO(5.3)} = 0,98 \cdot 6,55 = 6,42 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися NO:

$$m^{\text{вих}} NO = 6,55 - 6,42 = 0,13 \text{ кг/т}$$

Враховуючи ступінь очищення 98% по реакції (5.4) прореагує NO<sub>2</sub>:

$$m_{NO_2(5.4)} = 0,98 \cdot 3,72 = 3,65 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися NO<sub>2</sub>:

$$m^{\text{вих}} NO_2 = 3,72 - 3,65 = 0,07 \text{ кг/т}$$

Прореагує аміаку:

$$\text{- згідно з реакцією (5.3): } m_{NH_3(5.3)} = \frac{6,42 \cdot 4 \cdot 17}{6 \cdot 30} = 2,42 \text{ кг/т}$$

$$\text{- згідно з реакцією (5.4): } m_{NH_3(5.4)} = \frac{3,65 \cdot 8 \cdot 17}{6 \cdot 46} = 1,80 \text{ кг/т}$$

Витрата амоніаку, що подається в реактор на відновлення оксидів нітрогену з урахуванням надлишку складає:

$$m_{NH_3} = 1,1 \cdot m_{NH_3} = 1,1 \cdot (2,42 + 1,80) = 4,64 \text{ кг/т}$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						57



Приймаємо, що по реакції (5.5) прореагує 98% амоніаку, що залишився, тоді кількість амоніаку складе:

$$m NH_{3(5.5)} = 0,98 * [4,64 - (2,42 + 1,80)] = 0,41 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися амоніаку:

$$m^{\text{вих}} NH_3 = 4,64 - 2,42 - 1,8 - 0,41 = 0,01 \text{ кг/т}$$

По реакції (5.5) прореагує кисню:

$$m O_{2(5.5)} = \frac{0,41 \cdot 3 \cdot 32}{4 \cdot 17} = 0,58 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися кисню:

$$m^{\text{вих}} O_2 = 163,49 - 0,58 = 162,91 \text{ кг/т}$$

Утвориться нітрогену:

- згідно з реакцією (5.3):  $m N_{2(5.3)} = \frac{6,42 \cdot 5 \cdot 28}{6 \cdot 30} = 4,99 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.4):  $m N_{2(5.4)} = \frac{3,65 \cdot 7 \cdot 28}{6 \cdot 46} = 2,59 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.5):  $m N_{2(5.5)} = \frac{0,41 \cdot 2 \cdot 28}{4 \cdot 17} = 0,34 \text{ кг/т}$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися нітрогену:

$$m^{\text{вих}} N_2 = 5090,17 + 4,99 + 2,59 + 0,34 = 5098,09 \text{ кг/т}$$

Утвориться води:

- згідно з реакцією (5.3):  $m H_2O_{(5.3)} = \frac{6,42 \cdot 6 \cdot 18}{6 \cdot 30} = 3,85 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.4):  $m H_2O_{(5.4)} = \frac{3,65 \cdot 12 \cdot 18}{6 \cdot 46} = 2,86 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.5):  $m H_2O_{(5.5)} = \frac{0,41 \cdot 6 \cdot 18}{4 \cdot 17} = 0,65 \text{ кг/т}$

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися води:

$$m^{\text{вих}} \text{H}_2\text{O} = 40,49 + 3,85 + 2,86 + 0,65 = 47,85 \text{ кг/т}$$

В таблиці 5.4 представлено зведений матеріальний баланс діючого виробництва.

Таблиця 5.4 – Матеріальний баланс селективного очищення скидних газів

Прихід	м <sup>3</sup> /т	кг/т	% об	Витрата	м <sup>3</sup> /т	кг/т	% об.
1. Газовий потік після абсорбційної колони, у т.ч.	4243,67	5304,42	100	1. Очищений хвостовий газ, у т.ч.	4252,20	5309,06	100
NO	4,89	6,55	0,1152	NO	0,10	0,13	0,0023
NO <sub>2</sub>	1,81	3,72	0,0427	NO <sub>2</sub>	0,03	0,07	0,0008
O <sub>2</sub>	114,44	163,49	2,6968	O <sub>2</sub>	114,04	162,91	2,6818
N <sub>2</sub>	4072,14	5090,17	95,9579	N <sub>2</sub>	4078,47	5098,09	95,9144
H <sub>2</sub> O	50,39	40,49	1,1874	H <sub>2</sub> O	59,55	47,85	1,4004
				NH <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,0002
2. Амоніак	6,11	4,64	100				
Разом	4249,78	5309,06		Разом	4252,20	5309,06	

### 5.3.2 Матеріальний баланс проектного виробництва

Згідно з проведеними дослідженнями встановлено, що подача H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в абсорбційну колону дозволить зменшити в 10 разів кількість NO в скидних газах на стадію селективного очищення.

Визначимо витрату NO на вході в реактор:

$$V_{NO} = \frac{4,89}{10} = 0,49 \text{ м}^3/\text{т}$$

$$n_{NO} = \frac{V_{NO}}{22,4} = \frac{0,489}{22,4} = 0,02 \text{ кмоль/т}$$

$$m_{NO} = n_{NO} \cdot M_{\text{м}} \text{NO} = 0,022 \cdot 30 = 0,66 \text{ кг/т}$$

Витрата газу на вході в реактор представлена в таблиці 5.5.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 5.5 – Витрата газу на вході в реактор

Компонент	Газовий потік на вході в реактор			
	% об.	м <sup>3</sup> /т	кмоль/т	кг/т
NO	0,0116	0,49	0,022	0,656
NO <sub>2</sub>	0,0427	1,81	0,081	3,717
O <sub>2</sub>	2,6995	114,44	5,109	163,486
N <sub>2</sub>	96,0576	4072,14	181,792	5090,175
H <sub>2</sub> O	1,1886	50,39	2,250	40,492
Разом	100	4239,27	189,253	5298,526

Враховуючи ступінь очищення 98% по реакції (5.3) прореагує NO:

$$m_{NO(5.3)} = 0,98 \cdot 0,66 = 0,643 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися NO:

$$m^{\text{вих}} NO = 0,66 - 0,65 = 0,013 \text{ кг/т}$$

По реакції (5.3) прореагує амоніаку:

$$m_{NH_3(5.3)} = \frac{0,643 \cdot 4 \cdot 17}{6 \cdot 30} = 0,248 \text{ кг/т}$$

Кількість амоніаку, що прореагує по реакції (5.4) складе 1,8 кг, як і в попередньому розрахунку.

Витрата амоніаку, що подається в реактор на відновлення оксидів нітрогену з урахуванням надлишку складає:

$$m_{NH_3} = 1,1 \cdot m_{NH_3} = 1,1 \cdot (0,243 + 1,80) = 2,253 \text{ кг/т}$$

Приймаємо, що по реакції (5.5) прореагує 98% амоніаку, що залишився, тоді кількість амоніаку складе:

$$m_{NH_3(5.5)} = 0,98 \cdot [2,253 - (0,248 + 1,80)] = 0,201 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися амоніаку:

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$m^{\text{вих}} \text{NH}_3 = 2,253 - 0,248 - 1,8 - 0,201 = 0,004 \text{ кг/т}$$

По реакції (5.5) прореагує кисню:

$$m \text{O}_{2(5.5)} = \frac{0,201 \cdot 3 \cdot 32}{4 \cdot 17} = 0,283 \text{ кг/т}$$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися кисню:

$$m^{\text{вих}} \text{O}_2 = 163,49 - 0,283 = 162,202 \text{ кг/т}$$

Утвориться нітрогену:

- згідно з реакцією (5.3):  $m \text{N}_{2(5.3)} = \frac{0,643 \cdot 5 \cdot 28}{6 \cdot 30} = 0,50 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.4) утвориться 2,59 кг/т

- згідно з реакцією (5.5):  $m \text{N}_{2(5.5)} = \frac{0,201 \cdot 2 \cdot 28}{4 \cdot 17} = 0,165 \text{ кг/т}$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися нітрогену:

$$m^{\text{вих}} \text{N}_2 = 5090,17 + 0,50 + 2,59 + 0,165 = 5093,430 \text{ кг/т}$$

Утвориться води:

- згідно з реакцією (5.3):  $m \text{H}_2\text{O}_{(5.3)} = \frac{0,65 \cdot 6 \cdot 18}{6 \cdot 30} = 0,394 \text{ кг/т}$

- згідно з реакцією (5.4) утвориться 2,86 кг/т

- згідно з реакцією (5.5):  $m \text{H}_2\text{O}_{(5.5)} = \frac{0,201 \cdot 6 \cdot 18}{4 \cdot 17} = 0,319 \text{ кг/т}$

В газовому потоці на виході з реактора каталітичного очищення буде міститися води:

$$m^{\text{вих}} \text{H}_2\text{O} = 40,49 + 0,394 + 2,86 + 0,319 = 44,064 \text{ кг/т}$$

В таблиці 5.4 представлено зведений матеріальний баланс проектованого виробництва.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 5.4 – Матеріальний баланс селективного очищення скидних газів

Прихід	м <sup>3</sup> /т	кг/т	% об	Витрата	м <sup>3</sup> /т	кг/т	% об.
1. Газовий потік після абсорбційної колони, у т.ч.	4239,27	5298,526	100	1. Очищений хвостовий газ, у т.ч.	4252,20	5309,06	100
NO	0,49	0,656	0,0116	NO	0,010	0,013	0,0002
NO <sub>2</sub>	1,81	3,717	0,0427	NO <sub>2</sub>	0,034	0,07	0,0008
O <sub>2</sub>	114,44	163,486	2,6995	O <sub>2</sub>	114,241	163,202	2,6919
N <sub>2</sub>	4072,14	5090,175	96,0576	N <sub>2</sub>	4074,744	5093,430	96,0148
H <sub>2</sub> O	50,39	40,492	1,1886	H <sub>2</sub> O	54,835	44,064	1,2921
				NH <sub>3</sub>	0,005	0,004	0,0001
2. Амоніак	0,86	2,253	100				
Разом	4240,13	5300,78		Разом	4243,870	5300,78	

### 5.3.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів в проектованому виробництві

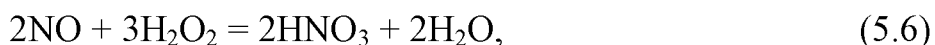
Витрата перекису водню в абсорбційну колону складе 30 кг/м<sup>3</sup> зрошувального розчину.

Витрата знесолоної води на зрошування абсорбційної колони складає 0,450 м<sup>3</sup>/т [16]. При витраті 30 кг H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> на 1 м<sup>3</sup> води, на 1 т нітратної кислоти витрата H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> складе:

$$0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ кг/т}$$

Приймаємо, що при введенні в абсорбційну колону H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> кількість NO, що додатково перетвориться в нітратну кислоту по реакції (5.6) дорівнює різниці між кількістю оксиду нітрогену на вході в апарат каталітичного очищення в діючому і проектованому виробництвах:

$$6,55 - 0,656 = 5,894 \text{ кг /т}$$



По реакції (5.6) утвориться нітратної кислоти:

$$m \text{HNO}_3 = \frac{5,894 \cdot 2 \cdot 63}{2 \cdot 30} = 12,3774 \text{ кг/т, або } 0,0124 \text{ т/т}$$

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

PM.64.01.ПЗ

При потужності 1 агрегату УКЛ-7 120000 т нітратної кислоти на рік впровадження запропонованого рішення дозволить збільшити потужність виробництва на 1488 т.

В таблиці 5. 5 наведено розрахунок кількості відходів в діючому і проєктованому виробництвах нітратної кислоти. Перерахунок на річну потужність проводився на проєктну потужність 6 діючих агрегатів, що складає:

$$П = 120000 \cdot 6 = 720000 \text{ т/рік}$$

Таблиця 5.5 – Порівняльна характеристика газових викидів в атмосферу у виробництві нітратної кислоти

Компоненти газових викидів	Діюче виробництво		Проєктоване виробництво	
	кг/т	6 агрегатів УКЛ-7, т/рік	кг/т	6 агрегатів УКЛ-7, т/рік
NO	0,13	15,6	0,013	1,6
NO <sub>2</sub>	0,07	8,4	0,07	8,4
O <sub>2</sub>	162,91	19549,2	163,202	19584,2
N <sub>2</sub>	5098,09	611770,8	5093,430	611211,6
H <sub>2</sub> O	47,85	5742	44,064	5287,7
NH <sub>3</sub>	0,01	1,2	0,004	0,5
Разом	5309,06	637087,2	5300,78	636094,0

Аналізуючи дані таблиці 5.5 можна зробити висновок, що введення в абсорбційну колону перекису водню дозволить зменшити викиди NO на 14 т/рік від 6 діючих агрегатів і NH<sub>3</sub> на 0,7 т/рік.

#### 5.4 Контроль та автоматизація виробництва

Автоматизація - застосування методів і засобів автоматизації для управління виробничими процесами [26].

Управління технологічними процесами з використанням автоматичних пристроїв включає в себе вирішення наступних основних завдань: контроль параметрів процесів, регулювання параметрів, сигналізацію про відхилення значень за допустимі межі, захист обладнання в аварійних ситуаціях. Автоматичне регулювання дозволяє отримати високу продуктивність при найменших виробничих витратах і високій якості продуктів.

У хімічній промисловості комплексної механізації і автоматизації приділяється велика увага. Це пояснюється високою швидкістю протікання технологічних процесів, їх складністю, а також чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи.

Як об'єкт управління при автоматизації процесу селективного очищення приймемо реактор селективного очищення. Показником ефективності даного процесу є концентрація оксидів нітрогену на виході з реактора. Збільшення концентрації викликає порушення екологічних норм щодо газових викидів виробництва. Значення цього параметрів має підтримуватися мінімальним, що є метою управління. Завдання управління процесом очищення полягає в підтримці постійної температури потоку на вході в каталізаторний шар. У разі збільшення значення концентрації понад допустиму межу здійснюється сигналізація. Реактор містить внутрішній теплообмінник, службовець для рекуперації тепла: теплота реакції віддається газу, що надходить на очистку. Для контролю температурного режиму передбачений байпас газу повз теплообмінника. Також важливими параметрами контролю є тиск газу на вході в реактор і температура газу, що виходить.

Датчиком для вимірювання газу, що направляється в теплообмінник, обрана камерна діафрагма ДК10-150, що створює перепад тиску на трубопроводі. Діафрагма працює в комплекті з дифманометром ДМ-П1, який перетворює перепад тиску в стандартний уніфікований пневматичний сигнал, регулюючий орган - зворотний клапан. Контроль температури газу після очищення ведеться за допомогою термопари ТХК, встановленої в апараті. Індикація і реєстрація здійснюється за допомогою мілівольтметра М64. За допомогою приладу ЕПП - 63 здійснюється подача сигналу на регулювання витрати потоку у внутрішній теплообмінник. Використані прилади є уніфікованими, що дозволяє легко замінити їх у разі потреби. Всі використані прилади занесені в специфікацію (таблиця 5.6).

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Таблиця 5.6- Відомість приладів і технічних засобів автоматизації

№ поз. по схемі	Вимірювальний параметр	Назва і тип приладу	Технічні характеристики
1	2	3	4
2а, 3а, 4а, 5а, 6а	Температура: - амоніаку в підігрівачі 8АТ; - суміші в контактному апараті 9АК; - нітрозних газів в підігрівачі хвостових газів 4АТ; - нітрозних газів в холодильниках-конденсаторах 13ХК; - хвостових газів після казана-утилізатора 17КУ	Термоелектричний перетворювач ТХК-0515	Клас точності 3,0 Шкала 0-1000 °С
2б, 3б, 4б, 5б, 6б		Нормуючий перетворювач Ш-78	Клас точності 0,5 Вихідний сигнал 4-20 мА
2в, 3в, 4в, 5в, 6в		Вторинний прилад А-542 із пристроєм сигналізації	Клас точності 0,5 Шкала 0-1000 °С
2г		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 1,0; Вихідний сигнал 0,02-0,1 МПа
2д		Мембранний виконавчий механізм МИМ	Тип НЗ
7а, 8а	Витрата: - повітря в змішувач 3ЗМ; - аміаку в змішувач 3ЗМ	Діафрагма камерна ДКП	Клас точності 0,1
7б, 8б		Дифманометр ДМ-П1	Клас точності 0,5; ΔР = 63 кПа; Р = 5 атм
7г, 8г		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 1,0; Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см <sup>2</sup>
7д, 8д		Мембранний виконавчий механізм МИМ	Тип НЗ
9а, 10а	Рівень: - аміаку в випарнику 6ПВ; - води в казані- утилізаторі 10КУ	Рівнемір буйковий «Сапфир 22ДУ»	Клас точності 0,5; Діапазон 0-1500 мм
9б, 10б		Вторинний прилад А-542 із пристроєм сигналізації	Клас точності 0,5 шкала 0-100%
9в, 10в		Електропневматичний перетворювач ЕПП-63	Клас точності 1,0; Вихідний сигнал 0,2-1 кгс/см <sup>2</sup>
9г, 10г		Мембранний виконавчий механізм МИМ	Тип НЗ

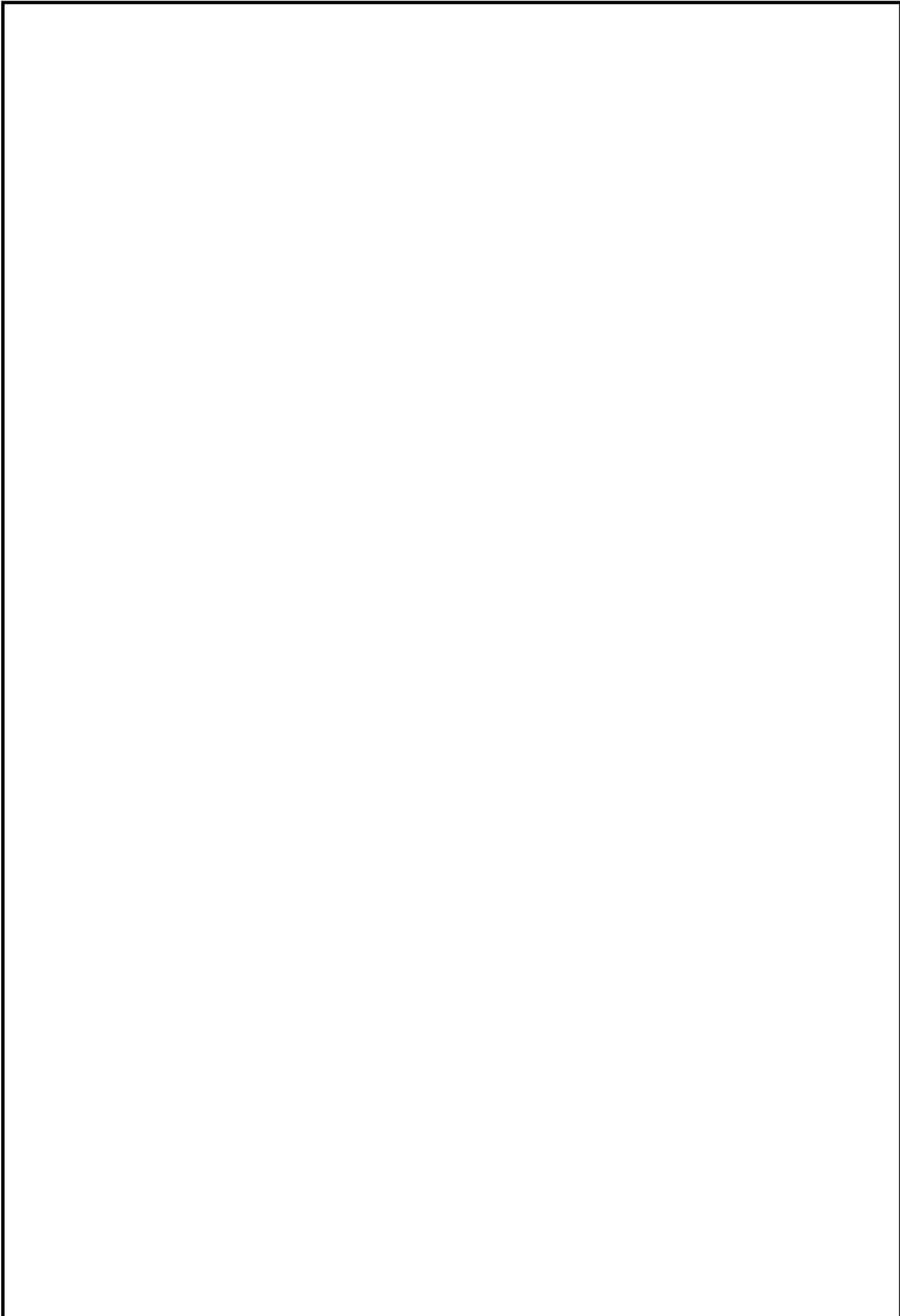
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РМ.64.01.ПЗ

Арк.

65





					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

З метою забезпечення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу та запобігання обладнання від руйнування, а також для зменшення наслідків аварій в магістерській роботі передбачено ряд заходів по техніці безпеки.

Найбільш серйозні небезпеки з точки зору охорони праці і техніки безпеки виникають при експлуатації агрегатів з виробництва нітратної кислоти. До них в першу чергу відносяться:

- технологічна безпека, так як процеси проводяться при підвищених тиску і температурі;
- хімічно небезпечні чинники, які зумовлені наявністю шкідливих і небезпечних речовин;
- вогнестійкість будівель і споруджень, тому що на виробництві є небезпека виникнення пожеж;
- вибухонебезпечність, зумовлена наявністю амоніаку і природного газу, які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.

### 6.1 Загальні вимоги техніки безпеки

Охорона праці працюючих при організації виробничих процесів повинна бути забезпечена застосуванням [27]:

- безпечних технологічних процесів і виробничого обладнання;
- виробничих будівель (приміщень) і виробничих майданчиків, які відповідають вимогам з охорони праці;

					<b>РМ.64.01.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб		Подолька О.В.			<b>Охорона праці, протипожежна безпека та безпека в надзвичайних ситуаціях</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірів.		Лисиця В.С.				66		
Консульт.						<b>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						

- раціонального розміщення виробничого обладнання і організації робочих місць;
- пристроїв протиаварійного захисту, небезпечного і шкідливого впливу на працюючих;
- блокування і сигналізації;
- безпечних способів зберігання відходів виробництва;
- засобів індивідуального та колективного захисту, що забезпечують безпечні умови праці працюючих;
- методів і засобів контролю рівнів небезпечних і (або) шкідливих виробничих факторів.

З метою забезпечення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу та запобігання обладнання від руйнування, а також для зменшення наслідків аварій, передбачений ряд заходів по техніці безпеки:

1. Передбачено максимальний винос обладнання на відкритий майданчик, що покращує безпеку його експлуатації. У будівлях розташовано компресорне і насосне обладнання.

2. Для обслуговування обладнання на відкритих етажерках і спорудах передбачені проходи, майданчики і сходи, які необхідно підтримувати в справному стані. Містки повинні мати огороження не менше 75 см.

3. Обслуговуючий персонал повинен бути забезпечений спецодягом, взуттям та необхідними захисними засобами.

4. Необхідно забезпечити повітрообмін і температуру повітря робочої зони у всіх приміщеннях, де передбачені постійні робочі місця.

5. З метою зменшення необхідності перебування обслуговуючого персоналу біля апаратів та обладнання, управління технологічними процесами відділення виробництва нітратної кислоти здійснюється автоматично з центрального пункту керування.

6. Апаратура, трубопроводи, арматура, процеси зливу і наливу при виробництві неконцентрованої нітратної кислоти повинні бути герметизовані, а також

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинні дотримуватися загальні гігієнічні вимоги до організації технологічних процесів, виробничого обладнання та робочого інструменту відповідно до санітарних правил і норм.

7. Для запобігання забруднення горючими, вибухонебезпечними та токсичними газами території промислового майданчика передбачено спалювання некондиційних газів, що утворюються під час пуску і зупинці. У колектори скидання газів на факели також підключені скиди токсичних і вибухонебезпечних газів від запобіжних клапанів.

8. Для запобігання отруєння токсичними газами і парами при зупинках на ремонт має проводитися дренажування апаратів і комунікацій з наступним промиванням водою (конденсатом). Для дренажування робочих сумішей і промивних вод встановлено ряд дренажних збірників, забезпечених насосами.

9. Для знешкодження кислих стоків виробництва і розведення стоків, що містять значну кількість домішок, що не дозволяє подавати їх безпосередньо на очисні споруди підприємства, в складі виробництва передбачені усереднювачі стоків.

10. Всі виробничі приміщення повинні бути забезпечені аптечками для надання першої медичної допомоги і засобами пожежогашіння, відповідно до нормативних вимог.

## 6.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

На агрегатах з виробництва нітратної кислоти використовуються і створюються значні обсяги небезпечних матеріалів, в тому числі сировини, проміжних та кінцевих продуктів. Обробка, зберігання і транспортування цих матеріалів повинні виконуватися належним чином, щоб виключити або звести до мінімуму вплив на навколишнє середовище і здоров'я обслуговуючого персоналу. Програми технологічної безпеки повинні реалізовуватися з урахуванням особливостей виробництва, в тому числі складних хімічних реакцій, використання

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

небезпечних матеріалів (наприклад, токсичних, хімічно активних, вогненебезпечних або вибухонебезпечних з'єднань) і підвищеного тиску.

Забезпечення технологічної безпеки включає наступні заходи:

- перевірку матеріалів і реакцій з точки зору фізичної безпеки;
- аналіз небезпек для оцінки хімії процесу і інженерних методів, включаючи термодинаміку і кінетику; перевірку профілактичного обслуговування і механічної цілісності технологічного обладнання та систем;

- підготовку персоналу;

- розробку інструкцій з експлуатації та заходів екстреного реагування.

Для забезпечення технологічної безпеки виробництва обслуговуючий персонал повинен вести технологічний процес і ремонтні роботи у повній відповідності із технологічним регламентом цеху дотримуючись встановлених інструкцій.

### 6.3 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин

У число токсичних хімікатів на підприємствах по виробництву нітратної кислоти входять: нітратна кислота неконцентрована, оксиди нітрогену, амоніак, природний газ і каталізаторний пил при завантаженні та вивантаженні каталізаторів.

Неконцентрована нітратна кислота - негорюча пожежонебезпечна рідина по є окиснювачем і при контакті з багатьма горючими матеріалами викликає їх самозаймання.

При виробництві та зберіганні нітратної кислоти необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки.

Засобами гасіння вогнища займання є: азот, діоксид вуглецю, сухий пісок, вогнегасник типу ВП, розпорошена вода.

Нітратна кислота необмежено розчиняється у воді, при розчиненні виділяє тепло, гігроскопічна.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нітратна кислота за ступенем впливу на організм людини відноситься до помірно небезпечних речовин (3-й клас безпеки).

Гранично допустима концентрація (ГДК) парів азотної кислоти в повітрі робочої зони складає  $2 \text{ мг} / \text{м}^3$  по ГОСТ 12.1.005 і гігієнічним нормативам [28], що відповідає 3-го класу безпеки.

Нітратна кислота димить на повітрі, виділяючи оксиди азоту, які з вологою повітря утворюють туман. Пари азотної кислоти в 2,2 рази важчий за повітря.

Тварини і рослинні тканини під впливом нітратної кислоти руйнуються, при попаданні на шкіру викликає опіки. Пари азотної кислоти та оксидів азоту подразнюють дихальні шляхи, вражають рогівки очей і викликають руйнування зубів.

Заходи першої допомоги:

- при інгаляційному впливі - свіже повітря, чистий одяг, спокій, тепло, термінова госпіталізація;

- при попаданні всередину - прополоскати рот 2% -ним розчином питної соди, прийняти всередину вапняне молоко, збиті яєчні білки, слизові відвари, термінова госпіталізація;

- при попаданні на шкірні покриви - промити 2% -ним розчином питної соди або великою кількістю води протягом 15 хв, накласти асептичну пов'язку, звернутися до лікаря;

- при попаданні в очі - промити 2% -ним розчином питної соди або великою кількістю води протягом 15 хв, звернутися до лікаря.

У разі витоку нітратну кислоту змивають з поверхні підлоги і устаткування великою кількістю води або лужного розчину.

Оксиди нітрогену відносяться до небезпечних речовин. ГДК оксидів нітрогену (в перерахунку на NO) за гігієнічними нормативами [28] становить  $5 \text{ мг} / \text{м}^3$ , що відповідає 3 класу безпеки. ГДК діоксиду нітрогену становить  $2 \text{ мг} / \text{м}^3$ , що відповідає 3 класу безпеки.

Найбільш небезпечною сполукою є двоокис нітрогену, тому що внаслідок своєї повільної розчинності у волозі, що покриває слизові оболонки дихальних шля-

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хів, має значний прихований період між моментами надходження отруйних газів в організм і початком розвитку хворобливих явищ, переважно в глибоких відділах органів дихання. Після вдихання оксидів нітрогену через 20-30 хвилин у постраждалого виникає кашель, задишка, болі в грудині; ці первинні явища часто проходять при виході потерпілого із загазованого приміщення на свіже повітря, а потім через годину або кілька годин знову наростає задишка, з'являються кашель, болі в грудях, все більш посилюється утруднення дихання, розвиваються синюшність і важкі, небезпечні для життя явища набряку легенів . Нижчі оксиди нітрогену: закис азоту і ангідрид азотної кислоти володіють переважно судинорозширювальною і метгемоглобіновими властивостями. Систематичний вплив перевищень гранично допустимої концентрації оксидів нітрогену веде до розвитку важких хронічних захворювань дихальних і явищами вторинної слабкості серця.

Середньодобова ГДК оксидів азоту в атмосферному повітрі населених місць відповідно до гігієнічних нормативів становить  $0,04 \text{ мг/м}^3$ , максимальна разова -  $0,2 \text{ мг/м}^3$ , що відповідає 3 класу небезпеки.

ГДК азотної кислоти та оксидів азоту:

- у воді ( $\text{NO}_2$ ) - 45 мг/л, 3-й клас небезпеки;
- у воді ( $\text{NO}$ ) - 3,3 мг / л, 2-й клас небезпеки;
- у воді рибогосподарських водойм ( $\text{NO}_2$ ) - 40 мг / л;
- у воді рибогосподарських водойм ( $\text{NO}$ ) - 0,08 мг / л;
- в ґрунті ( $\text{NO}$ ) - 130 мг/кг відповідно до гігієнічних нормативів.

Фізико-хімічні властивості і шкідливі фактори оксидів нітрогену детально розглянуто в 1.4 даної пояснювальної записки.

Газоподібний амоніак, при нормальних умовах - газ з різким запахом, вибухонебезпечний, токсичний і горючий. За ступенем впливу на організм людини амоніак відноситься до 4-го класу небезпеки. ГДК амоніаку в повітрі робочої зони -  $20 \text{ мг/м}^3$

Нижній і верхній концентраційні межі поширення полум'я - від 15 до 28 об'ємних часток амоніаку. Найбільш легкозаймиста концентрація 24,5%[29] . Ам'ячно-

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітряна суміш відноситься по вибухонебезпечності до категорії ПА і групи Т1. Температура самозаймання газоподібного амоніаку 650 ° С. Мінімальна енергія запалювання 680 мДж .

Вплив газоподібного амоніаку на організм людини характеризується наступними показниками: поріг сприйняття нюхом - 0,50 - 0,55; концентрація, небезпечна для життя, - 350 - 700; концентрація, смертельна для життя, - 1500 - 2700 мг/м<sup>3</sup> при вдиханні протягом 0,5 - 1,0 год.

Амоніак має різко виражену подразнюючу дію. При малих концентраціях викликає сльозотечу і різкий задушливий кашель, при великих концентраціях викликає гостре роздратування очей, опіки слизових оболонок, задуху, запаморочення.

Клінічна картина гострого отруєння:

- при вдиханні: головний біль, запаморочення, рясна сльозотеча і біль в очах, нежить, сильні напади кашлю, задуха, відчуття серцебиття, болі в шлунку, м'язова слабкість з підвищеною рефлекторною збудливістю, судоми, різке зниження порога слуху;

- при отруєнні через шкіру: збудження, що змінюються млявістю, рідке дихання, судоми.

Заходи першої допомоги:

- при вдиханні - свіже повітря, вдихання теплих водяних парів (додати оцет або кілька кристалів лимонної кислоти), питво теплого молока з содою;

- при задусі - кисень (вдихати до зменшення задишки або ціанозу);

- при спазмі голосової щілини - тепло, теплі водяні інгаляції;

- при порушеннях або зупинці дихання - штучне дихання "з рота в рот";

- за показаннями - камфора, термінова госпіталізація.

Уражену шкіру слід промити водою, потім накладити примочку з 3 - 5% -ного розчину оцтової або лимонної кислоти.

Середньодобова ГДК амоніаку в атмосферному повітрі населених місць відповідно до гігієнічних нормативів становить 0,04 мг/м<sup>3</sup>, максимальна разова - 0,2 мг/м<sup>3</sup>, відноситься до 4 класу небезпеки.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



У разі витoku амоніаку з трубопроводів і сховищ слід передбачити поглинання парів аміаку розпиленою водою або паровим конденсатом.

ГДК амоніаку:

- у воді ( $\text{NH}_3$ ) – 1,5 мг/л, 4-й клас небезпеки;
- у воді рибогосподарських водойм (амоній-іон  $\text{NH}_4^+$ ) – 0,5 мг/л;

Попадання аміаку в ґрунтові води не допускається.

Природний газ - газоподібна суміш, що складається з метану і більш важких вуглеводнів, азоту, діоксиду вуглецю, водяної пари, сірковмісних сполук, інертних газів. Метан є основним компонентом природного газу.

Природний газ є малотоксичним пожежевибухонебезпечним продуктом. За токсикологічною характеристикою відносить до речовин 4-го класу небезпеки. Компоненти природного газу не мають сильної токсикологічної дії на організм людини, але при концентраціях, що знижують об'ємну частку кисню у вдихуваному повітрі до 16%, викликають задуху.

Заходи першої допомоги:

- потерпілого від задухи необхідно видалити із загазованої атмосфери, звільнити від частин одягу, що стискають, давати вдихати кисень;
- при порушенні подиху - робити штучне дихання до відновлення нормального подиху або до прибуття швидкої медичної допомоги.

Максимальна разова ГДК в повітрі робочої зони становить 300 мг/м<sup>3</sup>.

Природний газ утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші. Категорія вибухонебезпечності та група вибухонебезпечної суміші - ПА і Т1, концентраційні межі запалення (по метану) в суміші з повітрям в об'ємних відсотках: нижній - 4,4, верхній - 17,0, температура самозаймання (по метану) - 537 ° С.

Пил каталізатора АВК-10М (алюмо-ванапдієвий) має подразнюючу дію на органи дихання. Тривале вдихання великих концентрацій каталізаторного пилу може викликати захворювання легенів – алюмініоз. Гранично допустима концентрація оксиду алюмінію – 6 мг/м<sup>3</sup>.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробництва неконцентрованої нітратної кислоти проводить виробнича лабораторія підприємства.

#### 6.4 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Класифікація і категорійність виробництва нітратної кислоти і його приміщень наведені в таблиці 6.1 [16].

Таблиця 6.1 – Класифікація і категорійність виробництва

Найменування цеху, відділення, установки	Категорія приміщень по вибухопожежонебезпечності відносно з ОНТП 24-86	Категорія технологічних блоків за рівнем вибухонебезпечності відповідно ОПВ-88	Класифікація приміщень і зовнішніх установок по електроустановкам (ПУЕ-86)		Група виробничого процесу по санітарній характеристиці відповідно СНіП 2.09.04
			Клас приміщення	Категорія і група вибухонебезпечних сумішей	
1	2	3	4	5	6
Цех виробництва нітратної кислоти					
Відділення компресії	Г	3	–	–	ШБ
Відділення конверсії	Б	3	В-1Г	ІА-ТІ	ШБ
Відділення абсорбції	Б	3	–	–	ШБ
Насосне відділення	В	–	–	–	ШБ
Склад нітратної кислоти	Д	–	–	–	ШБ

Клас виробництва за санітарною характеристикою (згідно ДСП 173 - 96) –

I.

Ширина санітарно-захисної зони – 1000 м.

## 6.5 Забезпечення санітарно - гігієнічних умов праці робітників

Для забезпечення безпечних умов праці виробничі приміщення повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією. Апаратура, трубопроводи, арматура при виробництві неконцентрованої нітратної кислоти повинні бути герметизовані, а також повинні дотримуватися загальні гігієнічні вимоги до організації технологічних процесів, виробничого обладнання та робочого інструменту відповідно до санітарних правил і норм.

### 6.5.1 Вентиляція

Вентиляція виробничих приміщень - це сукупність заходів і пристроїв, необхідних для забезпечення заданої якості повітряного середовища в робочих приміщеннях. Вентиляції належить чільна роль в нормалізації повітряного середовища на робочих місцях і у виробничих приміщеннях.

За способом переміщення повітря вентиляція може бути:

- природна;
- механічна.

За способом організації повітрообміну механічна вентиляція може бути: місцева або загально обмінна.

Неорганізована природна вентиляція (прівітрювання) здійснюється за рахунок надходження і видалення повітря через вікна, кватирки, фрамуги, спеціальні отвори, а також через нещільність зовнішніх огорожень (інфільтрація).

Механічна вентиляція дозволяє проводити попередню обробку припливного повітря - зволоження, нагрів або охолодження і очищення від пилу, газів, аерозолів і інших домішок.

Загально обмінна вентиляція застосовується в тих випадках, коли шкідливі речовини, надмірне тепло і волога виділяються розосереджено по всьому робочому приміщенню, і видалити їх за допомогою місцевих відсмоктувачів не

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представляється можливим. Принцип дії загально обмінної вентиляції засновано на розведенні забрудненого, перегрітого або перезволоженого повітря до рівнів, що відповідають гігієнічним нормативам.

Припливна вентиляція призначена для обробки повітря: його підігрів, охолодження, очищення від пилу або зволоження.

Витяжна вентиляція призначена для видалення відпрацьованого повітря.

Система вентиляції не повинна бути джерелом шуму і забруднення навколишнього середовища. В процесі експлуатації вентиляційні системи повинні обслуговуватися, очищатися від забруднень, ремонтуватися відповідно до встановленого графіка підготовленим персоналом.

#### 6.5.2 Опалення

При низьких температурах опалення виробничих приміщень, як вимагає охорона праці, має здійснюватися в тих випадках, коли час перебування там працівників перевищує 2 години.

Технологічне обладнання виробництва нітратної кислоти розташовується на відкритому майданчику, тому в якості прикладу розраховуємо опалення для приміщення центрального пункту керування.

Опалювання даного приміщення здійснюється від пунктів теплопостачання. В якості опалювальних пристроїв використовують радіатори.

Розрахункова кількість тепла для таких приміщень визначається за формулою:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \text{ Вт} \quad (6.1)$$

де  $q$  – укрупнений показник максимальної витрати на опалення  $1 \text{ м}^2$  приміщення,  $q=152 \text{ Вт/м}^2$  для Сіверсько-Донецького басейну;

$F$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$K$  - коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення (приймається рівним 0,34).

$$Q = 152 \cdot 35 \cdot (1+0,34) = 7128,8 \text{ Вт}$$

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу опалювальних приладів (радіаторів) визначимо по формулі:

$$H=Q/506, \text{ екм} \quad (6.2)$$

де екм. – еквівалентний квадратний метр – це площа поверхні нагрівання опалювального пристрою, що віддає 506 Вт теплоті при різниці середньої температури теплоносія й температури повітря в приміщенні 64,5°C; 1 екм = 0,82 м<sup>2</sup>.

$$H = 7128,8 / 506 = 14,09 \text{ екм.}$$

Згідно з [30] вибираємо радіатор М-140АО :

- площа поверхні нагріву однієї секції : 0,299 м<sup>2</sup> або 0,35 екм; об'єм: 4,1 м<sup>3</sup>.

Кількість секцій радіатора:

$$n = 14,09 / 0,35 = 40 \text{ секцій}$$

Кількість радіаторів : 4 радіатора по 10 секцій.

### 6.5.3 Освітлення

Одним з найважливіших елементів сприятливих умов праці є раціональне освітлення приміщень і робочих місць. Недостатнє освітлення може призвести до створення небезпечної ситуації і як наслідок аварійної ситуації.

Освітлення як світло від будь-якого джерела, що створює освітленість поверхонь предметів і забезпечує зорове сприйняття цих предметів, підрозділяється на природне, штучне та поєднане.

Природне освітлення - освітлення приміщень світлом, що виходить від неба (прямим або відбитим), що проникає через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях. Підрозділяється на бокове, верхнє і комбіноване. Нормованої характеристикою є коефіцієнт природної освітленості. Для будівель хімічних виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/5

Бічне природне освітлення - природне освітлення приміщення через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верхнє природне освітлення - природне освітлення приміщення через ліхтарі, світлові прорізи в стінах (в місцях перепаду висот будівлі).

Комбіноване природне освітлення - поєднання верхнього та бокового природного освітлення.

Штучне освітлення - освітлення приміщень та інших місць, де недостатньо природного освітлення, підрозділяється на робоче, аварійне, охоронне, чергове, загальне, місцеве і комбіноване. При необхідності частина світильників робочого або аварійного освітлення використовується для чергового освітлення.

Робоче освітлення забезпечують у всіх приміщеннях, а також на ділянках відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей і руху транспорту. Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення та з різними режимами роботи, передбачається окреме керування робочим освітленням.

Аварійне освітлення - освітлення об'єктів різного призначення, що не припиняється або автоматично вводиться в дію при раптовому відключенні робочих (основних) джерел світла. Призначено для забезпечення евакуації людей або тимчасового продовження роботи на об'єктах, де раптове відключення освітлення створює небезпеку травматизму або неприпустимого порушення технологічного процесу. Аварійне освітлення поділяється на: освітлення безпеки і евакуаційне освітлення.

Освітлення безпеки - освітлення, яке передбачається на випадок аварійного відключення робочого освітлення, в результаті чого можливі: тривале порушення технологічного процесу; порушення роботи таких об'єктів, як електричні станції, вузли радіо- і телевізійних передач і зв'язку, диспетчерські пункти, насосні установки водопостачання, каналізації і теплофікації, установки вентиляції та кондиціонування повітря у виробничих приміщеннях, де неприпустимо припинення робіт, тощо.

Евакуаційне освітлення - освітлення для евакуації людей з приміщень при аварійному відключенні нормального освітлення. Таке освітлення (в приміщен-

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нях або в місцях виконання робіт поза будинками) слід передбачати: в місцях, небезпечних для проходу людей; в проходах і на сходах, що служать для евакуації людей, при числі евакууються більше 50 осіб; по основних проходах виробничих приміщень, в яких працюють понад 50 чоловік; в виробничих приміщеннях з постійно працюючими в них людьми, де вихід людей з приміщення при аварійному відключенні нормального освітлення пов'язаний з небезпекою травматизму через продовження роботи виробничого устаткування;

Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно до розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Місцеве освітлення - освітлення, додаткове до загального, що створюється світильниками, концентрує світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Комбіноване освітлення - освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

Поєднане освітлення - освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Розрахунок загального штучного освітлення зводиться до визначення кількості світильників і розробці схеми їхнього розміщення.

#### 6.5.4 Шум і вібрація

Джерела інфразвуку, ультразвуку на підприємстві відсутні. У технологічному процесі не використовуються механізми, пристрої, обладнання, що є джерелами підвищеної вібрації. Джерелами постійного виробничого шуму на підприємстві є насосне обладнання; вентиляційне обладнання; газо-турбінна установка. Згідно [27] гранично допустимий рівень звуку для категорії напруженості трудового процесу легкого ступеня з легким фізичним навантаженням - 80 дБА.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища від впливу шуму передбачені наступні заходи:

- вентиляційне обладнання вентсистем встановлено на віброізоляторах в приміщеннях, які не мають постійних робочих місць;
- насосне обладнання має конструктивний захист - блокування, що відключають насос при кавітації на прийомі, що дозволяє експлуатувати обладнання в паспортному режимі.

Для захисту чергового персоналу в зоні обслуговування обладнання з високим рівнем шуму при періодичних оглядах, ремонтних роботах передбачається використання засобів індивідуального захисту.

Постійні робочі місця робочого і чергового персоналу, що обслуговує виробництво (оператори, чергові слюсарі), розташовуються в приміщеннях, віддалених від джерел виробничого шуму.

#### 6.5.5 Заходи захисту від статичної електрики

Виникнення зарядів статичної електрики відбувається при деформації, подрібненні (розбризкуванню) речовин, відносному переміщенні шарів рідких або сипучих матеріалів, при інтенсивному перемішуванні та ін.

Можливість накопичення небезпечної кількості статичної електрики визначається як інтенсивністю виникнення, так і умовами стікання зарядів.

Інтенсивність виникнення зарядів в технологічному обладнанні визначається фізико-хімічними властивостями перероблюваних речовин і матеріалів, з яких виготовлено обладнання, а також параметрами технологічного процесу.

Іскри розрядів статичної електрики часто є джерелом пожеж і вибухів. Для попередження можливості виникнення небезпечних розрядів з поверхні обладнання, а також з тіла людини необхідно передбачати, з урахуванням особливостей виробництва, такі заходи, що забезпечують стікання виникаючих зарядів статичної електрики:

					РМ.64.01.ПЗ	Арк. 80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- відведення зарядів шляхом заземлення устаткування і комунікацій, а також забезпечення постійного електричного контакту з заземленням тіла людини;

- відведення зарядів шляхом зменшення питомих об'ємних і поверхневих електричних опорів;

- нейтралізація зарядів шляхом використання радіоізотопних, індукційних та інших нейтралізаторів.

Для зниження інтенсивності виникнення зарядів статичної електрики горючі гази повинні очищатися від зважених рідких і твердих частинок, рідини - від забруднення нерозчинними твердими і рідкими домішками, швидкість руху матеріалів в апаратах і магістралях не повинна перевищувати значень, передбачених проектом.

У вибухонебезпечних виробництвах, де можуть накопичуватися заряди статичної електрики, технологічне і транспортне устаткування (апарати, ємності, машини, комунікації та ін.) рекомендується виготовляти з матеріалів, що мають питомий об'ємний електричний опір не вище  $10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

У процесі роботи технологічного устаткування необхідно керуватися "Правилами захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної промисловості".

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині, передбачається:

- пристрій заземлених зон, помостів і робочих площадок;
- забезпечення працюючим струмопровідним взуттям.

#### 6.5.6 Засоби електробезпеки

В цеху можливе ураження електричним струмом, що є небезпечним фактором.

Для мінімізації ризику, слід дотримуватися техніки безпеки при роботі з

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроприладами.

Джерелами електричної небезпеки є:

- оголені частини проводів або відсутність ізоляції;
- відсутність заземлення;
- замикання;
- статична електрика.

Від струмоведучих частин електроустановок людини захищають ізолюючі захисні засоби. В першу чергу, до таких захисних засобів відноситься монтажний інструмент, забезпечений ізолюючими рукоятками.

Електробезпека працюючого персоналу повинна забезпечуватися виконанням наступних заходів:

- дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин;
- ізоляція струмопровідних частин;
- застосування блокування апаратів і захисних пристроїв для запобігання помилкових операцій і доступу до струмоведучих частин;
- Використання попереджувальної сигналізації, написів і плакатів;
- застосування пристроїв для зниження напруженості електричних і магнітних полів до допустимих значень;
- використання засобів захисту і пристосувань.

Небезпечна і шкідливий вплив на людей електричного струму, електричної дуги і електромагнітних полів проявляються у вигляді електротравм та професійних захворювань. Для запобігання цих та інших нещасних випадків необхідно розробити електробезпеку конструкцій.

Основні способи і засоби електрозахисту:

- ізоляція струмопровідних частин і її безперервний контроль;
- установка огорожувальних пристроїв;
- попереджувальна сигналізація і блокування;
- використання знаків безпеки і попереджувальних плакатів;
- використання малої напруги;

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електричний поділ мереж;
- захисне заземлення;
- вирівнювання потенціалів;
- занулення;
- захисне відключення;
- засоби індивідуального електрозахисту.

## 6.6 Заходи пожежної безпеки

Загальні заходи протипожежної безпеки та вибухів на виробництві нітратної кислоти полягають у наступному:

- перевірка і профілактичне обслуговування механічної цілісності технологічного обладнання та систем;
- підготовка персоналу;
- розробка інструкцій з експлуатації та заходів екстреного реагування.

Пожежа на підприємстві хімічної промисловості може привести до хімічної аварії, яка може спричинити за собою значні людські жертви, матеріальні втрати і шкоди екології регіону, на якому дане підприємство розташовується.

Причинами пожеж на хімічних виробництвах є порушення правил пожежної безпеки, технічного регламенту і техніки безпеки співробітниками підприємств, самозаймання та самозаймання речовин, що обертаються в технологічних апаратах, неякісне технічне обслуговування і ремонт обладнання, несправність електрообладнання, порушення режиму експлуатації і пошкодження технологічного обладнання .

Пожежна небезпека виробництва нітратної кислоти пояснюється тим, що при виробництві сировиною і допоміжними речовинами служать амоніак та природний газ які відносяться до аварійно хімічно небезпечних речовин (АХОВ) [31].

У виробництві нітратної кислоти більшість реакція носять екзотермічний

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характер, вони протікають з виділенням теплоти. Дані реакції повинні відбуватися при відповідному температурному режимі і певному тиску, порушення даних параметрів може привести до різкого зростання швидкості хімічних реакцій, роблячи реакцію некерованою. Для здійснення контролю за тиском і температурою використовуються системи автоматизації і керування з сигналізацією при відхиленні від установлених технологічним регламентом норм.

Вибухопожежна ситуація на виробництві виникає при одночасній наявності трьох чинників: горючої речовини, окиснювача і джерел запалювання. Так як наявність горючої речовини і окиснювача служить невід'ємною частиною багатьох хімічних реакцій, то саме виключення виникнення джерела запалювання є основним способом здійснення пожежної профілактики [32].

Викид горючих речовин можливий при появі пошкодження реактора або аварії. Такі пошкодження можуть настати при порушенні витрати пожежонебезпечних речовин в реакторі, порушенні температурного режиму, в результаті помилок при проектуванні і ремонті устаткування, недотримання режиму тиску в апаратах, і появі хімічних пошкоджень, викликаних корозією.

Так само, пожежонебезпечна ситуація може утворюватися в періоди завантаження, вивантаження або заміні відпрацьованого каталізатора, оскільки дані маніпуляції пов'язані з виведенням реактора з технологічного процесу і його розкриттям. При цьому створюються умови взаємодії горючих речовин з великою кількістю кисню повітря. А при виконанні ремонту і технічного обслуговування можлива поява джерела запалювання внаслідок зварювальних і різальних робіт. Тому технічні регламенти вимагають, щоб перед ремонтом і розкриттям, обладнання було очищено від горючих компонентів і приведено в пожежобезпечний режим.

Найбільш популярним методом очистки апарату є флегматизація, тобто продування інертним газом, в якості якого найчастіше виступає водяна пара, азот або вуглекислий газ. Внаслідок флегматизації концентрація кисню в суміші знижується до безпечного рівня.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 84
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Протипожежний захист на виробництві нітратної кислоти повинен здійснюватися комплексно і бути спрямованим на все джерела пожежних ризиків. Таким чином, для підвищення рівня пожежної безпеки на підприємстві потрібно використовувати наступні заходи:

- Заходи щодо забезпечення герметичності обладнання та попередження аварійних викидів речовин;
- Застосування систем пожежної автоматики;
- Дотримання вимог з пожежної та промислової безпеки і охорони праці, проведення обов'язкових позапланових і цільових інструктажів;
- Установка вогнетримуючих пристроїв на виробничих трубопроводах;
- Використання автоматичних регуляторів витрати і співвідношення речовин в технологічних апаратах, датчиків температури і тиску;
- Флегматизація пароповітряного середовища в апаратах інертними газами.

Відповідальність за протипожежний стан і виконання правил пожежної безпеки по цеху покладена на начальника цеху [16].

Відповідальність за дотримання протипожежних правил і заходів, а також за справність первинних засобів пожежогасіння в зміні несе майстер зміни.

Відповідальність за дотримання встановлених протипожежних заходів на кожному робочому місці покладає на особу, що обслуговує дану ділянку роботи.

Кожен працівник цеху зобов'язаний:

- чітко знати і виконувати встановлені правила пожежної безпеки, не допускати дій, які можуть спричинити пожежу або загоряння;
- не допускати дій, які можуть спричинити пожежу або загоряння;
- держати в справності закріплені за даним робітничим місцем первинні засоби пожежогасіння.

Розташування і використання протипожежних засобів повинне проводитися відповідно до « Правил пожежної безпеки в Україні ».

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Весь пожежний інвентар і устаткування повинні перебувати на видних і доступних місцях і утримуватися в справному стані.

Для своєчасного оповіщення про пожежну небезпеку і виклик пожежної охорони в місцях передбачених проектом і вказаних в "Плані ліквідації аварій" повинні перебувати засоби повідомлення сигналізації і зв'язки.

Під'їзди і підходи до пожежного обладнання і пожежних гідрантів повинні бути завжди вільними. Біля пожежних гідрантів необхідно вивішувати надписи-показчики, освітлені в нічний час, що дозволяють швидко визначити місце їхнього знаходження.

У зимовий час пожежні гідранти і під'їзди до них потрібно очищати від снігу, а дахи колодязів - від льоду.

Стаціонарні пожежні і аварійні сходи необхідно містити у справному стані.

Пожежні крани у всіх приміщеннях повинні бути обладнані рукавами і стовбурами. Один кінець пожежного рукава повинен бути приєднаний до пожежного крана.

Піногенератори зберігають у сухих приміщеннях і один раз у три місяці оглядають і прочищають від пилу і бруду.

При експлуатації один раз у квартал необхідно перевіряти рівень розчину піноутворювача і один раз у півроку - його якість.

Кожному вогнегаснику, що надходить в експлуатацію, необхідно привласнити порядковий номер, позначуваний червоною на корпусі вогнегасника і завести на нього паспорт.

Придатність заряду пінних вогнегасників перевіряють один раз у рік відповідно до "Інструкції для експлуатації ручних хімічних пінних вогнегасників".

Використання засобів гасіння пожежі не по прямому призначенню категорично забороняється. За втрату, псування пожежного інвентарю і обладнання або приведення його в непридатність винні залучаються до відповідальності.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен працюючий у цеху повинен знати розташування протипожежного інвентарю, пожежного обладнання і уміти ним користуватися.

Кожен працюючий у цеху повинен розуміти, що загоряння і вибух газу може відбутися при недотриманні заходів обережності і правил експлуатації устаткування.

Варто пам'ятати, що пожежа і вибух можуть відбутися:

- при порушенні режиму технологічних процесів;
- при недотриманні правил пожежної безпеки при проведенні ремонтних робіт;
- від несправності електропроводки, від коротких замикань, поганого контакту в арматурах, від перевантаження електродвигунів, трансформаторів і т.д.;
- від іскри при ударі сталевим інструментом;
- при недотриманні правил зберігання горючих матеріалів;
- від розряду статичної електрики і при витіканні через малі отвори сухих горючих газів і перегрітих пар.

Кожен працівник цеху, що помітив пожежу, задимлення або інші явища, які можуть привести до виникнення пожежі, зобов'язаний:

- викликати до місця пожежі майстра зміни, начальника цеху;
- вжити заходів по обмеженню поширення вогню і ліквідації пожежі.

У цеху застосовуються хімічні пінні вогнегасники типу ОП-10 і вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОВП-100. Пінним вогнегасником не можна гасити пожежі електроустановок і електропроводки, що перебуває під струмом, а також спирт і т.п., тому що при зіткненні з парами спирту піна швидко руйнується [32].

## 6.7 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації на виробництві нітратної кислоти можуть виникнути від антропогенних і природних чинників.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найпоширенішими антропогенними надзвичайними ситуаціями є пожежа і вибух. Основними і найбільш частими причинами надзвичайних ситуацій є:

- порушення елементарних правил пожежної безпеки;
- несправність електрообладнання, електромереж і порушення електротехнічних правил;
- самозаймання, статична електрика, грозові розряди;
- незадовільна постановка інструктажу, погана дисципліна.

У виробництві нітратної кислоти необхідно стежити за підтриманням співвідношення амоніаку в повітряноаміачній суміші в межах норми. Підвищений вміст амоніаку може призвести до вибуху. В процесі робіт забороняється відключати прилади, сигналізацію і блокування, так як це може призвести до вибуху аміачноповітряної суміші.

Запобігання вибухів і пожеж досягається шляхом виключення утворення токсичного й горючого середовища в приміщеннях і в атмосфері на території технологічної установки наступними технологічними рішеннями:

- проведення систематичних перевірок ефективності вентиляційних систем, у тому числі й аварійних, а також стани будинків і споруджень [31];
- організація систематичного контролю найнебезпечніших ділянок трубопроводів і устаткування;
- проведення систематичних перевірок протипожежного стану об'єктів;
- проведення обов'язкових перевірок повітря зони, стічних вод на відповідність нормативно-технічної документації;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- проведення випробувань контрольно-вимірювальних приладів;
- установка огорожень на обертових частинах машин і механізмів;
- розробка плану ліквідації аварійних ситуацій і навчання персоналу діям в аварійних ситуаціях.

Усунення аварійних ситуацій або локалізація аварій у цеху здійснюється, як автоматичним шляхом скидання систем протиаварійного захисту (ПАЗ) -

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



блокування груп «В», «А», «АА», які приводять окреме устаткування або всі стадії цеху в безпечний стан.

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

У дипломному проекті на підставі проведених експериментів пропонується інтенсифікувати окислення оксиду нітрогену (II) в оксид нітрогену (I) шляхом введення в зрошувальний розчин перекису водню.

Економічна ефективність роботи складається з двох складових: технологічної та екологічної.

### 7.1 Розрахунок річного економічного ефекту від технологічної складової

Дане технологічне рішення, згідно проведеним експериментам, дозволить підвищити загальний ступінь окислення NO в NO<sub>2</sub> в процесі абсорбції, що відповідно зменшить питому витрату аміаку на стадії селективного очищення оксидів нітрогену 2,387 кг/т (0,002387 т/т) і дозволить збільшити видобуток нітратної кислоти на 0,0124 т/т (розрахунок наведено в п. 5.3.3 пояснювальної записки).

При витраті 30 кг H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> на 1 м<sup>3</sup> води, на 1 т нітратної кислоти витрата H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> складає 13,5 кг/т (0,0135 т/т) нітратної кислоти.

За базу порівняння прийнято виробництво неконцентрованої нітратної кислоти ПАТ «Рівнеазот» OSTCHEM, яке налічує вісім агрегатів з виробництва НАК. Зараз у роботі – шість агрегатів. Проектна потужність кожного агрегату – 120 тис. тон неконцентрованої нітратної кислоти на рік.

Таким чином річне зростання видобутку нітратної кислоти складе:

$$\Delta Q = 6Q \cdot mHNO_3 \quad (7.1)$$

де Q – потужність 1 агрегату т/рік.

$$\Delta Q = 6 \cdot 120000 \cdot 0,0124 = 8928 \text{ т/рік}$$

					<b>РМ.64.01.ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб		Подоляка О.В.			<b>Еколого-економічні розрахунки</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірив.		Лисиця В.С.						90
Консульт.						<b>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						

Річна зміна витрати аміаку:

$$\Delta mNH_{3(p)} = 6Q \cdot mNH_3 \quad (7.2)$$

$$\Delta mNH_{3(p)} = 6 \cdot 120000 \cdot 0,002387 = 1719 \text{ т/рік}$$

де  $mNH_3$  – зменшення витрати амоніаку на 1 т нітратної кислоти.

Річна витрата  $H_2O_2$ :

$$mH_2O_{2(p)} = 6Q \cdot mH_2O_2 \quad (7.3)$$

де  $mH_2O_2$  – витрата перекису водню на 1 т нітратної кислоти.

$$mH_2O_{2(p)} = 6 \cdot 120000 \cdot 0,0135 = 9720 \text{ т/рік}$$

Згідно з діючими цінами вартість 56 % нітратної кислоти складає 8800 грн/т, вартість перекису водню – 8700 грн/т, аміаку – 7850 грн/т.

Визначимо прибуток

- від реалізації нітратної кислоти:

$$\Delta P_p = 8928 \cdot 8000 = 71424000 \text{ грн/рік}$$

- від зменшення собівартості за рахунок зменшення витрати аміаку:

$$\Delta C = 1719 \cdot 7850 = 13494150 \text{ грн/рік}$$

Загальний прибуток від реалізації запропонованого рішення:

$$\Delta П = 71424000 + 13494150 = 84918150 \text{ грн/рік}$$

Річні витрати на допоміжні матеріали ( $H_2O_2$ ):

$$B = 9720 \cdot 8700 = 84564000 \text{ грн/рік}$$

Економічний ефект від технологічної складової визначаємо як різницю між загальним прибутком і витратами на допоміжні матеріали:

$$E_T = 84918150 - 84564000 = 354150 \text{ грн/рік}$$

## 7.2 Розрахунок річного економічного ефекту від екологічної складової

### 7.2.1 Визначення економічного збитку від промислових викидів в атмосферу

Економічний збиток від промислових викидів в атмосферу розраховується згідно з рекомендаціями [33]:

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк. 91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y_a = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot \Delta M, \quad (7.4)$$

де  $Y_a$  - відвернений економічний збиток від промислових викидів в атмосферу.

$\gamma$  - константа, що показує розмір шкоди, яка завдається при надходженні в природне середовище 1т умовної забруднюючої речовини, грн. /ум.т.

$\sigma$  - безрозмірна величина, показник відносної небезпеки забруднення атмосфери промисловими викидами в межах окремих територій, що називають зонами активного забруднення (ЗАЗ);

$f$  - коефіцієнт розсіювання домішок в атмосфері, який залежить від фракційного складу;

$f$  для газоподібних і легких дрібнодисперсних викидів з дуже малою швидкістю осідання (менш 1см/с), що характерно для більшості підприємств хімічної промисловості за формулою:

$$f = \frac{100(m)}{100(m) + yh} \cdot \frac{4(m/c)}{1(m/сек) + U} \quad (7.5)$$

де  $U$  - середньорічне значення модуля швидкості вітру на вирівняний флюгера, м/с, дані звичайно маютья на підприємстві. За відсутністю даних значення приймається як 3 м/с.

$$f = \frac{100}{100 + 2 \cdot 75} \cdot \frac{4}{1 + 4} = 0,32$$

$\Delta M$  - зниження приведеної маси домішок, що викидаються джерелом в атмосферне повітря.

Зниження приведеної маси домішок, що викидаються джерелом в атмосферне повітря розраховується як

$$\Delta M = M_1 - M_2 \quad (7.6)$$

де  $M_1$  - приведена маса домішок, що викидаються джерелом в атмосферу до введення в дію природоохоронного об'єкта (установки і т.д.)

$M_2$  - приведена маса домішок, що викидаються джерелом в атмосферу після введення в дію природоохоронного об'єкта (установки і т.д.)

Значення  $M_1$  і  $M_2$  визначають за формулами:

					<b>PM.64.01.ПЗ</b>	Арк. 92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_1 = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i^1; \quad (7.7)$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i^2 \quad (7.8)$$

де  $i$  - вид домішки, що викидається, ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$n$  - число домішок, що викидається джерелом забруднення;

$A_i$  - показник відносної агресивності домішки кожного виду, ум.т/рік

Показники відносної агресивності визначають по формулі:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i; \quad (7.9)$$

де  $a_i$  - показник відносної небезпеки присутності домішки в повітрі, що вдихує людина;

$\alpha_i$  - виправлення, що враховує імовірність нагромадження вихідної домішки чи домішки вторинних забруднень у компонентах навколишнього середовища і з метою харчування, а також надходження в організм людини не інгаляційним шляхом;

$\delta_i$  - виправлення, що враховує дію на різні реципієнти, крім людини.

У ряді випадків, зазначених нижче, у формулу для обчислення  $A_i$  вводять-ся два додаткових множники: виправлення  $\lambda_i$  на імовірність вторинного закиду домішок в атмосферу після їхнього осідання на поверхні (дане виправлення характерне для пилу) і виправлення  $\beta_i$  на імовірність утворення з вихідних домішок, викинутих в атмосферу, інших (вторинних) забруднень, більш небезпечних, чим вихідні.

Показник  $a_i$  визначається по формулі:

$$a_i = \sqrt{\frac{60 \text{ мг/м}^3}{\text{ГДКс.д.і} \cdot \text{ГДКр.з.і}}}, \quad (7.10)$$

де  $\text{ГДКс.д.і}$  - середньодобова гранично припустима концентрація  $i$ -тої домішки в атмосферному повітрі населеного пункту, мг/м<sup>3</sup>;

$\text{ГДКр.з.і}$  - гранично припустима концентрація  $i$  - тих домішок в повітрі робочої зони, мг/м<sup>3</sup>.

					<b>PM.64.01.ПЗ</b>	Арк. 93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) При відсутності значення ГДК середньодобової, допускається в розрахунках використовувати значення разової ГДК шкідливої речовини в атмосферному повітрі населених місць.

2) При відсутності значення ГДК у повітрі робочої зони, допускається використовувати значення орієнтованого безпечного рівня впливу в повітрі робочої зони (ОБРВ, рос. - ОБУВ) для даної домішки.

Кількість викидів (з урахуванням періодичних і постійних викидів) в діючому і проектуваному виробництві від 6 агрегатів УКЛ-7 наведено в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Кількість викидів шкідливих речовин

Найменування шкідливих речовин, що викидаються на виробництві	Значення інгредієнта, т/рік	
	до впровадження заходів, $m_1$	після впровадження заходів, $m_2$
NO	15,6	1,6
NO <sub>2</sub>	8,4	8,4
NH <sub>3</sub>	1,2	0,5
CO <sub>2</sub>	38,869	38,869
Пари HNO <sub>3</sub>	0,0057	0,0057
Метан	0,00071	0,00071

Дані для визначення економічного збитку від промислових викидів в атмосферу приведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2.- Дані для визначення відверненого економічного збитку від промислових викидів в атмосферу

Компоненти	ГДК <sub>с.д.і.</sub>	ГДК <sub>р.з.і.</sub>	$\alpha_i$	$\alpha_i$	$\beta_i$	$\delta_i$	$\lambda_i$	A <sub>i</sub>
NO	0,06	5	14,1	1	1	1	1,5	21,2
NO <sub>2</sub>	0,04	2	27,3	1	1	1	1,5	41,1
NH <sub>3</sub>	0,04	20	8,7	1	1	1	1,2	10,4
CO <sub>2</sub>	3	20	1	1	1	1	1	1
Пари HNO <sub>3</sub>	0,05	5	8,9	1	1	1	2	17,9
CH <sub>4</sub>	1,5	100	0,63	1	1	2	1	3,1

За формулами (7.7) і (7.8) розраховуємо приведену масу домішок:

$$M_1 = 15,6 \cdot 21,2 + 8,4 \cdot 41,1 + 1,2 \cdot 10,4 + 38,869 \cdot 1 + 0,0057 \cdot 17,9 + 0,00071 \cdot 3,1 = 727,41 \text{ ум.т}$$

					РМ.64.01.ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_2 = 1,6 \cdot 21,2 + 8,4 \cdot 41,1 + 0,5 \cdot 10,4 + 38,869 \cdot 1 + 0,0057 \cdot 17,9 + 0,00071 \cdot 3,1 = 423,33 \text{ ум.т}$$

$$\Delta M = M_1 - M_2 = 727,41 - 423,33 = 304,08 \text{ ум.т}$$

$$Y_a = 2,4 \cdot 4 \cdot 0,32 \cdot 304,08 = 934,1 \text{ грн/рік.}$$

### 7.2.2 Розрахунок суми екологічного податку

Розрахунок екологічного податку за забруднення атмосферного повітря здійснюється відповідно до розд.8 Податкового кодексу України:

$$П_з = \sum_{i=1} (M_i \cdot H_{\delta i}),$$

де  $M_i$  - обсяг викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в тонах ;

$H_{\delta i}$  – норматив збору за тонну  $i$ -тої забруднюючої речовини, грн/т [34];

Розрахунок екологічного податку при забрудненні атмосфери у діючому виробництві наведено в таблиці 7.3 у проектованому виробництві – 7.4.

Таблиця 7.3 - Дані для розрахунку оподаткування в діючому виробництві

Найменування речовини	$M_i$	$H_{\delta i}$ , грн./т	$M_i \cdot H_{\delta i}$
NO	15,6	2451,84	38248,70
NO <sub>2</sub>	8,4	2451,84	20595,46
NH <sub>3</sub>	1,2	459,85	551,82
CO <sub>2</sub>	38,869	92,37	3590,33
Пари HNO <sub>3</sub>	0,0057	598,4	3,41
Метан	0,00071	138,57	0,10
Разом			62989,82

Таблиця 7.4 - Дані для розрахунку оподаткування в проектованому виробництві

Найменування речовини	$M_i$	$H_{\delta i}$ , грн./т	Всього
NO	1,6	2451,84	3922,94
NO <sub>2</sub>	8,4	2451,84	20595,46
NH <sub>3</sub>	0,5	459,85	229,93
CO <sub>2</sub>	38,869	92,37	3590,33
Пари HNO <sub>3</sub>	0,0057	598,4	3,41
Метан	0,00071	138,57	0,10
Разом			28342,16

Приріст доходів підприємства за рахунок зменшення податку за забруднення атмосферного повітря складе:

$$\Delta Д = 62989,82 - 28342,16 = 34647,66 \text{ грн.}$$

Еколого економічний результат визначається за формулою:

$$E_e = Y_a + \Delta Д = 934,1 + 34647,66 = 35581,76 \text{ грн.}$$

Загальна еколого-економічна ефективність проекту:

$$E = E_T + E_e = 354150 + 35581,76 = 70996,76 \text{ грн.}$$

Еколого-економічні показники приведені у табл. 7.5.

Таблиця 7.5 - Еколого-економічні показники

Показники	Один. вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна, %
1	2	3	4	5
1. Річний обсяг виробництва продукції (6 агрегатів УКЛ-7) у натуральному виразі	тис. т.	720	728,93	+1,24
2. Ціна одиниці продукції	грн./т.	8000	8000	-
3. Річний прибуток від реалізації продукції	тис. грн	5760000	5831440	+1,24
4. Річні витрати на пероксид водню	тис. грн.	-	84564	-
5. Річний економічний ефект від збільшення прибутку	грн.	-	354150	-
6. Річний економічний ефект від зменшення плати за еколого-економічні збитки	грн.	-	934,1	-
7. Річний екологічний ефект від зменшення екологічного податку	грн.	-	34647,66	-
8. Загальний еколого-економічний ефект	грн.	-	35581,76	-
9. Економічний ефект від впровадження запропонованого рішення	грн.		389731,76	-

Висновки: в результаті впровадження запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе біля 390 тис. грн., що пов'язано з високою вартістю пероксиду водню і низькими нормативами збору за забруднення навколишнього природного середовища, які останній раз переглядались ще в 2017 р. Однак слід зважити, що покращення атмосферного повітря буде мати також і соціальний ефект (зменшення захворювань, покращення розвитку рослин та ін.).



## ВИСНОВКИ

Виконано магістерську роботу на тему «Підвищення екологічної безпеки виробництва нітратної кислоти». Метою роботи є розробка та впровадження екологічно чистих виробничих технологій, що забезпечують високі санітарні вимоги до роботи агрегатів по виробництву нітратної кислоти.

На підставі аналітичного огляду і експериментальних досліджень доведено, що застосування перекису водню для оптимізації процесу абсорбції оксидів нітрогену не забруднює розчин побічними продуктами. При взаємодії перекису водню з оксидом нітрогену (II) утворюється нітратна кислота, при цьому кількість оксидів нітрогену в скидному газі зменшується в 10 разів. Дане технологічне рішення, згідно проведеним експериментам, дозволить підвищити загальний ступінь окислення NO в NO<sub>2</sub> в процесі абсорбції, що відповідно зменшить питому витрату аміаку на стадії селективного очищення оксидів нітрогену на 2,387 кг/т і дозволить збільшити видобуток нітратної кислоти на 0,0124 т/т.

Розроблена технологічна схема виробництва нітратної кислоти. Показано негативний вплив оксидів нітрогену на навколишнє середовище. Проведено розрахунок матеріального балансу. З метою забезпечення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу та запобігання руйнування обладнання, а також для зменшення наслідків аварій в магістерській роботі передбачено ряд заходів по техніці безпеки.

В результаті впровадження запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе біля 390 тис. грн.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>		<i>Подолька О.В.</i>						
<i>Перевірів.</i>		<i>Лисиця В.С.</i>					96	
<i>Консульт.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

### Анотація

Виконано магістерську роботу на тему «Підвищення екологічної безпеки виробництва нітратної кислоти». Метою роботи є розробка та впровадження екологічно чистих виробничих технологій, що забезпечують високі санітарні вимоги до роботи агрегатів по виробництву нітратної кислоти.

На підставі експериментальних досліджень доведено, що застосування в процесі абсорбції перекису водню в кількості 13,5 кг/т нітратної кислоти дозволить підвищити загальний ступінь окислення NO в NO<sub>2</sub>, що відповідно зменшить питому витрату аміаку на стадії селективного очищення оксидів нітрогену на 2,387 кг/т і дозволить збільшити видобуток нітратної кислоти на 0,0124 т/т.

В результаті впровадження запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе біля 390 тис. грн.

### Аннотация

Выполнена магистерская работа на тему «Повышение экологической безопасности производства азотной кислоты». Целью работы является разработка и внедрение экологически чистых производственных технологий, обеспечивающих высокие санитарные требования к работе агрегатов по производству азотной кислоты.

На основании экспериментальных исследований доказано, что применение в процессе абсорбции перекиси водорода в количестве 13,5 кг/т азотной кислоты позволит повысить общую степень окисления NO в NO<sub>2</sub>, что соответственно уменьшит удельный расход аммиака на стадии селективной очистки оксидов азота на 2,387 кг/т и позволит увеличить выработку азотной кислоты на 0,0124 т/т.

В результате внедрения предлагаемого решения общий эколого-экономический эффект составит около 390 тыс. грн.

### Summary

Master's thesis on "Improving the environmental safety of nitric acid production". The purpose of the work is to develop and implement environmentally friendly production technologies that provide high sanitary requirements for the operation of units for the production of nitric acid.

Based on experimental studies, it is proved that the use of hydrogen peroxide in the amount of 13.5 kg/t of nitric acid will increase the overall oxidation of NO to NO<sub>2</sub>, which will reduce the specific consumption of ammonia at the stage of selective purification of nitrogen oxides by 2,387 kg/t and will increase the production of nitric acid by 0.0124 t/t.

As a result of implementation of the offered decision the general ecological and economic effect will make about 390 thousand UAH.

					<b>PM.64.01.ПЗ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб		Подолька О.В.			<b>Анотація</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірів.		Лисиця В.С.					97	
Консульт.						<b>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін О.В.						

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технология связанного азота / [Под ред. В.И. Атрощенко]. – Киев: Вища шк., 1985. – 328 с.
2. Атрощенко В. И., Каргин С.И. Технология азотной кислоты / В.И.Атрощенко, С.И.Каргин. – М.: Химия, 1970. – 496 с.
3. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / [Под. ред. В.М. Олевского]. – М., Химия, 1985. – 400с.
4. Техничко-економическiе предложениа по модернизации действующих производств азотной кислоты на агрегатах УКЛ-7 Украинский Государственный институт Азотной промышленности УкрГИАП. – Днепродзержинск, 1998. – 47 с.
5. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии / М.Е.Позин, Р.Ю.Зинюк. – Учеб. пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985. – 384 с.
6. Устинов О.А., Якунин С.А. О возможности использования пероксида водорода для улавливания оксидов азота в радиохимических производствах // Радиохимия . – 2017 . – №2 . – С. 1-4.
7. Рогожников Д.А., Карелов С.В., Мамяченков С.В., Анисимова О.С. Способы утилизации отходящих нитрозных газов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6.
8. Колесников В. П., Пешкова Л. В., Стрельников Е. А. Экологичность азотно-кислотных установок с точки зрения продуцирования и выброса оксида азота (1) в атмосферу // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии, материалы II международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и научных работников. - Астрахань, 2003 - №3 (спецвыпуск) – С.209 -213.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Подолька О.В.</i>			<i>Література</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів.</i>		<i>Лисиця В.С.</i>					98	
<i>Консульт.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

9. Лунев Н.К. Очистка газовых выбросов от окислов азота методом каталитического восстановления // Роль химии в охране окружающей среды: Сб. научн. тр. Киев: Наук, думка. - 1983 - с. 100-115.
10. Аникушкин А.С., Григорчук К.В. Загрязнение атмосферы оксидами азота и углерода // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 64-66.
11. Агеева Ю.В., Брущенко А.Е., Беляева И.В. Причины и последствия глобального потепления климата // Вісник ДонНАБА. Матеріали IV міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. Випуск 2005-4(52) - Макіївка, 2005 р., с. 10 - 12
12. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды / Л.Ф. Голдовская. – Учебник для вузов. – М.: Мир, 2005. – 296 с.
13. Екологічне законодавство України. Збірник законодавчих актів. Х.: ЕкоПраво - Харків, 2002. – 448 с.
14. Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області. Доповідь про стан довкілля області. [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://www.ecorivne.gov.ua/report\\_about\\_environment/](https://www.ecorivne.gov.ua/report_about_environment/).
15. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів за 2019 рік. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://mepr.gov.ua/news/35913.html>.
16. Регламент цеха №5. Производство неконцентрированной азотной кислоты под давлением 0,716 МПа. ПАТ «Рівнеазот» OSTCHEM.
17. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991р.
18. Екологічне законодавство України. Збірник законодавчих актів. Х.: ЕкоПраво - Харків, 2002. – 448 с.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області. Моніторинг довкілля . [Електронний ресурс] – Режим доступу : [www.ecorivne.gov.ua/](http://www.ecorivne.gov.ua/).
20. Сиддики А.А. Теннити Дис. У. Методы снижения выбросов оксидов азота. // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. -1981 №10. - с.136-144.
21. Пат. 1805999 Российская Федерация, МПК В01D 53/56. Способ очистки газов от окислов азота. /Б.М. Ласкин, Г.Е Малышева, А.Е. Гулин. Б.И. 1982. - № 12.
22. Пат. 2602148 Российская Федерация, МПК В01D 53/56. Усовершенствованное производство азотной кислоты/ Сачек Нареш Дж. (US). [Електронний ресурс] – [https://findpatent.ru/img\\_show/12609240.html](https://findpatent.ru/img_show/12609240.html).
23. Пат. 2102123 Российская Федерация, МПК В01D 53/56. Способ очистки газовых выбросов от оксидов азота/ Исаев В.В., Квасенков О.И., Горшенин П.А. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://findpatent.ru/patent/210/2102123.html>.
24. Газоанализатор Gasmeter CEMS II. Руководство пользователя. – 13 с.
25. ГОСТ Р 53789-2010. Кислота азотная неконцентрированная. – 15 с.
26. Шувалов В. В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности / В.В.Шувалов, Г.А. Огаджанов, В.А. Голубятников. – М.: Химия, 1991. – 480с.
27. Медведев В.С. Охрана труда и противопожарная защита в химической промышленности / В.С.Медведев. – М.: Химия, 1989 – 288 с.
28. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник / [сост. Я.М. Грушко]. – Л.: Химия, 1985.- 528 с.
29. Горячев С.А. Пожарная безопасность технологических процессов. Ч.1. Анализ пожарной опасности и защиты технологического оборудования: Учебник / С.А. Горячев, С.В. Молчанов, В.П. Назаров и др.; Под общ. ред. В.П. Назарова и В.В. Рубцова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 221с.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Методичні вказівки до виконання розділу дипломних проектів (робіт) «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» для студентів V курсу денної та заочної форми навчання спеціальностей: 7.04010601, 7(8).05130101, 7(8).05130102, 7(8).05130105, 7(8).05130107 7(8).05020201 / Укладачі: Т.Е. Римар, Г.В. Попенко, О.П. Шарун – Сєвєродонецьк: ТІ СНУ ім. В. Даля, 2012 р., 108 стор.
31. Исаев В.С., Владимиров В.А. Аварийно химически опасные вещества // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования в 2 т. – Т.1 – 2012. – 857 с.
32. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справ. изд. в 2 кн.; кн.1 / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
33. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферу. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua>.
34. Державна фіскальна служба України. Офіційний портал. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://sfs.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda>.
35. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи. Рекомендовано студентам спеціальності 101 «Екологія та охорона навколишнього середовища» денної та заочної форм навчання. / Укладачі Суворін О.В., Мохонько В.І., Ожередова М.А. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. – 40 с.

					<i>PM.64.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101