

**«ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ПАТ  
«ДНПРОАЗОТ» ЗА РАХУНОК ОЧИЩЕННЯ ЙОГО ГАЗОВИХ  
ВИКИДІВ ВІД ПАРІВ ХЛОРУ»**

**Шифр «Абсорбер хлору»**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1 ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ .....	5
1.1 Загальна характеристика ПАТ «ДніпроАзот» та його техніко-економічний рівень .....	5
1.2 Характеристика продукції, що виробляється.....	6
1.3 Характеристика екологічної ситуації на ПАТ «ДніпроАзот».....	7
1.4 Специфіка технології природоохоронних виробничих процесів.....	8
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА .....	11
2.1 Скидання газів з повітряників і запобіжних клапанів.....	11
2.2 Короткі відомості про пристрої для транспортування в розсіювання викидів в атмосферу.....	14
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА ПАТ «ДНІПРОАЗОТ».....	15
3.1 Характеристика гіпохлориту натрію та його вплив на здоров'я людини.	15
3.2 Характеристика методу абсорбції.....	16
3.3 Удосконалення системи очищення викидів при виробництві гіпохлориту натрію .....	20
3.4 Апарати для абсорбції газових компонентів.....	21
4 АНАЛІЗ І ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	25
4.1 Розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованих заходів .....	25
ВИСНОВКИ .....	28
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	29

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найважливіших проблем сучасності, так як зростання промислового виробництва і подальше збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу може спричинити серйозні наслідки глобального характеру.

Розвиток сучасної економічної бази міст супроводжується підвищенням концентрації, кооперування, інтенсифікації виробничого процесу промислових підприємств. Наслідком стрімкого зростання виробництва є забрудненість атмосфери.

Основні джерела промислового забруднення – підприємства чорної і кольорової металургії, комплекси хімічних, підприємств, а також підприємства з виробництва будівельних матеріалів.

З огляду на те, що в цехах підприємства ПАТ «Дніпроазот» функціонує значна кількість джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, виникає необхідність в підвищенні ефективності очищення газів, що відходять.

**Об'єкт дослідження** – забруднення атмосферного повітря викидами зі вмістом хлору підприємствами хімічної промисловості на прикладі цехів ПАТ «Дніпроазот».

**Предмет дослідження** – удосконалення системи очищення викидів при виробництві гіпохлориту натрію.

**Мета і завдання.** Метою дослідження є удосконалення системи очищення викидів шкідливих речовин при виробництві гіпохлориту натрію в умовах ПАТ «Дніпроазот».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі методи очищення викидів в атмосферу підприємствами хімічної промисловості на прикладі ПАТ «ДніпроАзот».

2. Удосконалити методи очищення викидів зі вмістом хлору в атмосферне повітря підприємствами хімічної промисловості.

3. Економічно обґрунтувати доцільність застосування запропонованого методу очистки викидів в навколишнє природне середовище, а саме в атмосферне повітря.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в наступному:

Удосконалення методу очистки викидів в атмосферне повітря підприємствами хімічної промисловості, а саме очищення викидів зі вмістом хлору на прикладі ПАТ «ДніпроАзот».

**Практичне значення одержаних результатів.** Проведені автором теоретичні дослідження та розрахунки дозволяють зробити висновок про доцільність використання методу абсорбції чотирихлористим вуглецем для очищення газів від хлору.

**Структура та обсяг роботи.** Конкурсна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список літератури. Повний обсяг конкурсної роботи становить 30 сторінок, обсяг основного тексту роботи – 26 сторінок. Робота містить 2 рисунки, 8 таблиць, список літератури з 18 найменувань на 2 сторінка.

# 1 ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБ'ЄКТУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

## 1.1 Загальна характеристика ПАТ «ДніпроАзот» та його техніко-економічний рівень

«ДніпроАзот» – одне з найбільших підприємств хімічної та нафтохімічної промисловості України. В даний час в номенклатурі ПАТ «ДніпроАзот» представлені аміак, мінеральні добрива, сода каустична, хлор рідкий і газоподібний, гіпохлорид натрію, кислота соляна, рідка вуглекислота, широкий асортимент товарів побутової хімії.

Проектна потужність виробництва – 450 тис. тон аміаку на рік.

Технологічний процес складається з наступних стадій: гідрування органічних сіроз'єднань, наявних у вихідному природному газі, на алюмокобальтмолібденовому каталізаторі; поглинання сірководню на окисноцинковому поглиначі; парова каталітична конверсія природного газу для отримання конвертованого газу; пароповітряна каталітична конверсія метану в водень, окис і двоокис вуглецю; високотемпературна і низькотемпературна конверсія окису вуглецю в двоокис вуглецю; очищення конвертованого газу від двоокису вуглецю; тонке очищення газу від окису двоокису вуглецю (метанування); компресія синтез-газу до тиску близько 33 МПа ( $339 \text{ кг/см}^2$ ) трьохкорпусним відцентровим компресором з приводом від парової турбіни; отримання аміаку з синтез-газу [1 – 3].

Проектна і встановлена потужність основного виробництва становить: виробництво аміаку з природного газу – 450 тис. т/рік; виробництво карбаміду – 330 тис. т/рік по кожній установці; виробництво соди каустичної – 67896 т/рік (в перерахунку на 100% NaOH).

Виробнича програма підприємства за 2019 рік надано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Виробнича програма підприємства за 2019 рік

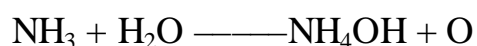
№ п/п	Найменування продукції	Продуктивність, т
1	Аміак синтетичний	468392
2	Карбамід	698843
3	Сода каустичена	67551
4	Хлор рідкий	46340
5	Кислота соляна синтетична	43807
6	Клей КМЦ	197
7	Листовий полістирол	298
8	Тарілки, млн. шт.	45
9	Стакани, млн. шт.	217

## 1.2 Характеристика продукції, що виробляється

Продуктом виробництва є синтетичний аміак. Синтетичний рідкий аміак за якістю повинен відповідати вимогам ГОСТ 6221-90. «Аміак рідкий, технічний «Технічні умови».

Синтетичний аміак – хімічна формула  $\text{NH}_3$ . Рідкий аміак – безбарвна прозора рідина з різким запахом.

Аміак добре розчинний у воді, утворюючи гідрат окису амонію:



Аміак водний – безбарвна прозора рідина з різким запахом. Щільність при температурі 25 °С і тиску 101325 Па (760 мм рт. ст.) дорівнює 900 кг/м<sup>3</sup>.

Межа вибуховості повітряної суміші з об'ємною часткою аміаку при 20 °С і атмосферному тиску: нижній – 15,0%; верхній – 28,0%.

Газоподібний аміак – безбарвний газ з різким специфічним запахом.

Щільність при 0 °С і 101235 Па (760 мм рт. ст.) – 0,771 кг/м<sup>3</sup>.

Аміак має токсичні властивості. Попадання аміаку в організм викликає запаморочення, нудоту, тобто легке отруєння, у великих кількостях викликає

задуху і набряк легенів. Попадання рідкого аміаку на шкіру викликає сильні опіки.

Допустима масова концентрація аміаку в робочому приміщенні 20 мг/м<sup>3</sup>.

### 1.3 Характеристика екологічної ситуації на ПАТ «ДніпроАзот»

Джерелами викидів в атмосферу від виробництва гіпохлориту натрію є вихлопна труба вентиляторів, через яку викидаються гази з вмістом хлору. При прогнозуванні оцінки зміни стану атмосферного повітря, оцінені результуючі дані викидів і концентрації шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери на існуючий стан, і після здійснення введення в експлуатацію виробництва гіпохлориту натрію.

В результаті розсіювання, концентрації шкідливих речовин не перевищують гранично–допустимі норми в атмосферному повітрі населених місць. Розроблено заходи щодо забезпечення зниження викидів шкідливих речовин, аж до зупинки роботи технологічного обладнання в разі виходу з ладу газоочисних пристроїв і при прогнозі і настанні несприятливих метеорологічних умов. У прилеглому районі зони відпочинку відсутні.

Таким чином, газові викиди запроектованого виробництва не змінять характер використання прилеглої території і не завдаватимуть шкідливого впливу на здоров'я населення прилеглих територій.

Саме хімічне забруднення завдає ПАТ «ДніпроАзот». Найбільш небезпечно для природних екосистем і людини хімічне забруднення, поставляє в навколишнє середовище різні токсиканти–аерозолі, хімічні речовини, важкі метали, пестициди, пластмаси, поверхнево–активні речовини та ін.

Більшість органічних напівпродуктів і кінцева продукція, що застосовується або вироблена в галузях хімічної промисловості, виготовляється з обмеженого числа основних продуктів нафтохімії.

При переробці сирової нафти або природного газу на різних стадіях процесу, наприклад, перегонці, каталітичному крекінгу, видалення сірки і алкілування, виникають як газоподібні, так і розчинені у воді і скидаються в каналізацію відходи. До них відносяться залишки і відходи технологічних процесів, що не піддаються подальшій переробці. Ці відходи є одним з основних джерел хімічного забруднення.

#### 1.4. Специфіка технології природоохоронних виробничих процесів

Для очищення газових викидів через вихлопну трубу вентиляторів передбачена санітарна абсорбційна колона, зрошувана розчином гідроксиду натрію.

Валові викиди в атмосферу забруднюючих речовин від проектного вузла промивки ж/д цистерн представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Валові викиди в атмосферу забруднюючих речовин

Найменування інгредієнтів	Агрегатний стан	Валовий викид, т/рік
Хлор	Газ	1,38

**Характеристика сучасного і прогнозованого станів.** Відповідно до листа №15 від 08.03.13 р. лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря м. Кам'янське про фонові концентрації, а також середньорічних і максимально разових концентрацій забруднюючих речовин за 2018 р за даними спостережень атмосферного повітря міста Кам'янське на посаді контролю №2, фонові концентрації для хлору не визначена.

Розрахунок розсіювання викидів в атмосферу від установки виробництва гіпохлориту натрію не проводився, тому що сума максимальних приземних концентрацій, виражених в частках ГДК, менше 0,05.

Таким чином, промислова установка виробництва гіпохлориту натрію не робить істотного шкідливого впливу на житлову зону, розташовану на відстані понад 1000 м від проектного джерела викиду.



**Заходи з регулювання викидів.** Під регулюванням викидів шкідливих речовин в атмосферу розуміється їх короткочасне скорочення в періоди НМУ. Регулювання викидів здійснюється з урахуванням прогнозу НМУ на основі попереджень про можливе небезпечне зростання концентрацій шкідливих речовин в повітрі з метою його запобігання [4].

Оперативне прогнозування високих рівнів забруднення повітря здійснюють прогностичні підрозділи Держкомгідромету відповідно до методичних вказівок РД 52.04.52–85 «Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах».

Небезпечними метеоумовами є інверсія в поєднанні з вітром зі швидкістю менше 4 м/сек. Застій і накопичення речовин, що відбувається при затишності або малих швидкостях вітру, особливо в поєднанні з інверсією, призводить до 3–5 кратного збільшення концентрації шкідливих речовин в повітрі. Особливо небезпечними метеоумовами є незначні опади, туман, слабкий вітер.

Залежно від очікуваного рівня забруднення атмосфери складаються попередження трьох ступенів, яким відповідають три режими роботи підприємства в періоди несприятливих метеорологічних умов. Перший режим роботи дозволяє знизити концентрацію забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери на 15–20%, другий режим – на 20–40%, третій режим – на 40–60%.

У зв'язку з тим, що установка виробництва гіпохлориту натрію практично не робить впливу на навколишнє середовище, для неї передбачаються тільки заходи за першим режимом, що забезпечує скорочення концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери на 15 – 20%. Заходи цього режиму носять організаційно–технічний характер, швидко здійсненні, не вимагають істотних витрат і не призводять до зниження продуктивності установки: посилити контроль за точним дотриманням технологічного режиму; посилити контроль за роботою контрольно–вимірювальних приладів і автоматичних систем управління

технологічними процесами;заборонити продування і чищення обладнання та ремонтні роботи, пов'язані з підвищеним виділенням шкідливих речовин в атмосферу;посилити контроль за технічним станом і експлуатацією всіх газоочисних установок;перевірити відповідність з регламентом концентрацій поглинаючих розчинів, що застосовуються в санітарній колоні.

**Заходи щодо зменшення виділення шкідливих речовин.** Для зменшення утворення і запобігання виділення шкідливих речовин в атмосферу передбачено:проведення технологічного процесу в герметичному обладнанні; застосування відповідних герметизуючих пристроїв і матеріалів: арматури, заглушок, прокладок і т.п.; контроль, регулювання, сигналізація і блокування з найважливіших технологічних параметрів, що забезпечують нормальне безпечне ведення технологічного процесу і запобігають розвитку аварійних ситуацій;для запобігання або різкого скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу, передбачена установка газоочисного устаткування – абсорбційної колони для уловлювання хлору з високою ефективністю очищення газових викидів.

Таким чином, розглянуто географічне розташування підприємства ПАТ «Дніпроазот», його техніко-економічний рівень. Виявлено, що ПАТ «Дніпроазот» – одне з найбільших забруднюючих підприємств хімічної промисловості у Дніпропетровській області. Проаналізовано фізико-хімічні властивості виробничої продукції, а також характеристики вихідної сировини, матеріалів та напівпродуктів.

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

### 2.1 Скидання газів з повітряників і запобіжних клапанів

Скидання газів від запобіжних клапанів проводиться в атмосферу через чотири автономних колектора, кожен з яких обладнаний свічкою:

- колектор 14PY-61 – від запобіжних клапанів, встановлених на сепараторах компресорів 102-J і 103-J;
- колектор 14PY-64 – від запобіжних клапанів відділення синтезу (гази, що містять аміак);
- колектор 14PY-50 – від запобіжних клапанів сепаратора неочищеного технологічного газу 102-F;
- колектор 8PY-70 – від запобіжних клапанів колони 103-E.

Скидання газу через повітряники в пусковий період і аварійних ситуаціях проводиться на факельну установку 102-J за двома колекторами:

- колектор 12Y82 – газів, що містять аміак;
- колектор 30Y50 – для інших горючих газів.

Скидна труба факельної установки (висотою 45 метрів) обладнана чотирма черговими пальниками інжекційного типу, розташованими по периметру верхньої кромки труби [8].

Запалювання чергових пальників проводиться розташованим біля основи труби запальним пристроєм (триболітером), в схему якого входять змішувач, п'єзоелектричний іскрогенератор, регулятори тиску паливного газу РСУ-291 і повітря РСУ-292, голчасті вентиля для регулювання витрати паливного газу та повітря до змішувача. Суміш паливного газу і повітря подається зі змішувача триболітера через підводну трубку в зону виходу суміші паливного газу і повітря з чергового пальника (підвідних трубок чотири за кількістю чергових пальників).

При запаленні п'езометричних іскрогенераторів триболітера полум'я пробігає через підвідні трубки вгору і запалює паливний газ, що подається на чергові пальники. Після запалювання чергових пальників триболітер вимикають.

Для запобігання проскакування полум'я в скидну трубу на виході з неї встановлений молекулярний затвор (вогнеперепинювач).

Щоб уникнути заповнення скидної труби і колекторів повітрям і утворення в них при скиданні газу вибухонебезпечної суміші передбачена постійна подача азоту в торець колекторів з виходом його через скидну трубу факельної установки.

Мінімальна витрата азоту сигналізується в ЦПУ датчиком FA-76 (колектор 30У50), FA-77 (колектор 12У82), FA-91 (колектор 14РУ64) і FA-92 (колектор 14РУ61).

Для відводу виділеного конденсату нижня частина скидної труби обладнана гідрозатвором і змійовиком для обігріву в зимовий час.

У період пуску при планових і позапланових зупинках схемою виробництва аміаку передбачається можливість скиду горючих газів, що містять шкідливості, з окремих ділянок системи.

Збір газів передбачається в два колектора з подальшою подачею газів на факел для спалювання. В один з колекторів підключені скиди газів, що містять аміак (з системи синтезу).

У другій – гази підготовки синтез-газу, що містять вуглекислоту.

Такий поділ скидання передбачено з метою запобігання утворенню карбонатів амонію при контакті з вуглекислотою.

Система скидання газу розділена на 4 групи:

- група I – від ЕМУ-18 до ЕМУ-III (відділення сіроочистки);
- група II – від ЕМУ-11 до ЕМУ-8 (відділення очищення газу);
- група III – від ЕМУ-8 до ЕМУ-5 і 9 (відділення метанування);
- група IV – від ЕМУ — до ЕМУ-9 (відділення синтезу).

Кожна група має системи скидання тиску (газу).

Факельна установка розрахована на максимальні витрата технологічного газу – 292000 м<sup>3</sup>/год.

У лініях скидання передбачена установка обмежувальних шайб RO, що запобігають скиданню газу в кількостях, перевищуючи розрахункові.

Одноразове скидання газу на факел повинно здійснюватися тільки з однієї групи системи.

Одночасне скидання газу з 4-х, 3-х або 2-х груп не допускається, тому що при цьому загальна витрата газу буде перевищувати розрахунковий.

Для зливу рідкого аміаку після запобіжних клапанів, встановлених на підігрівачах поз. 40, 40А, передбачаються дві лінії N010–АМІ, підключених до аварійного сховища складу корп.513.

По лінії 2NH45 і 4NH86 проводиться скидання рідкого аміаку в сховище 1001–F при вивільненні та заморожуванні трубопроводів, насосів, фільтрів, аміачно–холодильної установки і підігрівачів поз.40, 40А.

Остаточне звільнення трубопроводів, насосів, фільтрів, сховища і аміачно–холодильної установки від газоподібного аміаку здійснюється подачею продувочного азоту і викидів продувних газів на факельну установку 1 1001–U. Запалювання продувних газів або газоподібного аміаку здійснюється полум'ям чергового пальника (спалювання суміші природного газу з повітрям). На факельній лінії встановлений вогнеперешкоджувач, що запобігає зворотному проходженню полум'я [17 – 18].

При підвищенні тиску в лініях входу рідкого аміаку в сховище 1001–F, нагнітання насосів 1002–J/JA, аміак з цих ліній скидається через запобіжні клапани SY–351, SY–356, SY–357 в сховище 1001–F.

Утворені аміачні пари при дроселюванні рідкого аміаку після насосів 109–J/JA, 1002–J/JA від притоку тепла з навколишнього середовища і за рахунок випаровування аміаку, з верхньої частини сховища 1001–F по лінії 8NH10 відводяться на всмоктування аміачного компресора 105–J, по лінії 6NH124 – на всмоктування аміачних компресорів 101–J/JA.

Санітарно–технічних установок для очищення викидів в атмосферу в цеху немає, за винятком гомогенного очищення, призначеного для очищення від оксидів азоту димових газів печі первинного риформінгу 101–В.

2.2 Короткі відомості про пристрої для транспортування в розсіювання викидів в атмосферу

1) Викиди димових газів з пускового котла 106–U здійснюються постійно на висоту 30 м/ діаметр вихлопної труби 1,5 м/ турбовентилятор 1 260 м<sup>3</sup>/хв з тиском 450 мм вод. ст.

2) Викиди димових газів з підігрівача 103–В здійснюються постійно на висоту 31,5 м/ діаметр вихлопної труби 1,2 м/ за рахунок природної тяги.

3) Викиди димових газів з печі первинного риформінгу і допоміжного котла 101–В здійснюються постійно на висоту 38 м/ діаметр вихлопної труби 4,42 м/ димосмоками продуктивністю 198000 м<sup>3</sup>/год з тиском, близьким до атмосферного.

4) Природний газ подається на висоту 45 м для підтримки горіння чергових пальників.

5) Частина вуглекислого газу, яка не йде на виробництво карбіду, викидається в атмосферу в кількості 1 – 35 тис. м<sup>3</sup>/год на висоті 10 м/ діаметр вихлопної труби 0,42 м.

6) З приміщення компресії через ліхтарі здійснюється викид суміші газу з повітрям в кількості, що дорівнює кількості повітря, що нагнітається припливною вентиляційною системою.

Продуктивність припливної вентиляційної системи становить 125000 м<sup>3</sup>/год.

7) З приміщення компресії ізотермічного сховища через дахові вентилятори на висоті 6 м здійснюється викид суміші аміаку з повітрям в кількості, що дорівнює кількості повітря, що відсмоктується двома витяжними вентиляторами, загальною продуктивністю 6250 м<sup>3</sup>/год.

# З ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВА ПАТ «ДНІПРОАЗОТ»

## 3.1 Характеристика гіпохлориту натрію та його вплив на здоров'я людини

Гіпохлорит натрію (натрій хлорноватистий  $\text{NaOCl}$ ) – це неорганічна сполука, натрієва сіль гіпохлоритної кислоти.

У вільному стані дуже нестійка, зазвичай використовується у вигляді стабільного пентагідрату  $\text{NaOCl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  або водного розчину, що має характерний різкий запах хлору і володіє високими корозійними властивостями.

Дана сполука є досить сильним окислювачем, що містить 95,2% активного хлору. Має антисептичну і дезинфікуючу дію. Речовину використовують в якості побутового і промислового відбілювача, засобів очищення і знезараження води, окислювача для деяких процесів промислового хімічного виробництва. В медицині застосовують як бактерицидний засіб та для стерилізації. А також використовують у харчовій промисловості та сільському господарстві. Високі окисні властивості гіпохлориту натрію дозволяють його успішно використовувати для знешкодження різних токсинів.

Гіпохлорит натрію може шкідливо впливати на організм людини. Розчин  $\text{NaOCl}$  може бути небезпечним при інгаляційному впливі через виділення токсичного хлору (дратівливий і задушливий ефект). Потрапляння гіпохлориту в очі, особливо при високих концентраціях, може викликати хімічний опік або привести до часткової чи повної втрати зору. Побутовий відбілювач на основі  $\text{NaOCl}$  може викликати роздратування шкіри, а промисловий – серйозні виразки і відмирання тканин. При потраплянні розбавлених розчинів гіпохлориту натрію (3 – 6%) до організму людини

може призвести до подразнення стравоходу, ацидозу. Концентрований розчин викликає перфорацію шлунково-кишкового тракту.

Дослідження токсикологічних центрів Північної Америки та Європи показали, що гіпохлорит натрію в робочих концентраціях не викликає серйозних наслідків для здоров'я людини після ненавмисного проковтування або потрапляння на шкіру, незважаючи на високу хімічну активність.

Доведено, що гіпохлорит натрію не є мутагенним, канцерогенним та тератогенним з'єднанням, а також не є шкірним алергеном. Міжнародне агентство, що вивчає властивості раку дослідило, що оброблена гіпохлоритом натрію питна вода не містить людських канцерогенів.

Під час використання гіпохлориту натрію у побуті в навколишньому середовищі речовина розпадається на кухонну сіль, воду та кисень, а також на інші елементи в незначній кількості. Шведський інститут екологічних досліджень зробив висновок, що гіпохлорит натрію не створює екологічних проблем якщо його використовувати в рекомендованій кількості та порядку.

В результаті виробництва гіпохлориту натрію на ПАТ «ДніпроАЗОТ» можливе надходження в атмосферне повітря абсорбційних газів з вмістом хлору.

Для очищення промислових газових викидів від шкідливих газоподібних компонентів можна використовувати різні процеси: абсорбцію, адсорбцію, хімічне перетворення шкідливих газоподібних компонентів в нешкідливі з'єднання.

### 3.2 Характеристика методу абсорбції

Абсорбція – найбільш поширений процес очищення газових сумішей у багатьох галузях, зокрема, в хімічній промисловості. Абсорбцію широко застосовують для очищення газів від сірководню та інших сірчистих сполук, парів соляної, сірчаної кислот, ціаністих з'єднань, органічних речовин (фенолу, формальдегіду та ін.).



Фізичну суть процесу абсорбції можна пояснити плівковою теорією, згідно з якою можливе утворення рідинної та газової плівки, при умові зіткнення рідини та газоподібної речовини на поверхні розділу двох фаз. Шляхом дифузії компонент газоповітряної суміші, який розчинний у воді, проникає спочатку через газову плівку, а потім – крізь рідину і надходить всередину абсорбенту.

Процес абсорбції може здійснюватися в апаратах різного типу, в яких забезпечується необхідна поверхня контакту газів, що очищуються, із сорбентом. Як такі пристрої застосовують абсорбційні колони, порожнисті, насадочні, пінні й інші скрубери [5, 11 – 12].

До абсорбентів висувають певні вимоги. Вони повинні мати якомога більшу абсорбційну ємність, високу селективність, невисокий тиск насичених парів і невелику в'язкість, бути термохімічно стійкими, не проявляти корозійної активності, легко регенеруватися, бути доступними і мати низьку вартість.

Абсорбенти, що застосовуються для очищення газів, що відходять, наведені в таблиці 3.1.

Процеси абсорбції проводять в поверхневих, плівкових, насадок, тарілчастих і розпилюючих абсорберах. Установки для абсорбції можуть бути розімкнутими (без регенерації абсорбенту) і циркуляційними (з регенерацією абсорбенту) [6, 13].

Щоб неодноразово використати поглинач, його піддають регенерації, при цьому з нього витягують абсорбтив, який в подальшому реалізують як сировину для інших процесів або цільового товарного продукту.

Також поглинач можуть використати лише одноразово у випадку якщо компонент, який отримали більше не представляє цінності або процес регенерації викликає великі труднощі. Перш ніж його злити у каналізацію, поглинач необхідно обробити.

Таблиця 3.1 – Абсорбенти, що застосовуються для очищення газів, що відходять

Поглинаючі компоненти	Абсорбенти
Оксиди азоту $N_2O_3$ , $NO_2$ , $N_2O_5$	Вода, водні розчини та суспензії: $NaOH$ , $Na_2CO_3$ , $NaHCO_3$ , $KOH$ , $K_2CO_3$ , $KHCO_3$ , $Ca(OH)_2$ , $CaCO_3$ , $Mg(OH)_2$ , $MgCO_3$ , $Ba(OH)_2$ , $BaCO_3$ , $NH_4HCO_3$
Оксид азоту $NO$	Розчини $FeCl_2$ , $FeSO_4$ , $Na_2S_2O_3$ , $NaHCO_3$ , $Na_2SO_2$ , $NaHSO_3$
Діоксид сірки $SO_2$	Вода, водні розчини: $Na_2SO_3$ (18 – 25%), $NH_4OH$ (5–15%), $Ca(OH)_2$ , $Na_2CO_3$ (15 – 20%), $NaOH$ (15 – 25%), $KOH$ , $(NH_4)_2SO_3$ (20 – 25%), $ZnSO_3$ , $K_2CO_3$ ; суспензії $CaO$ , $MgO$ , $CaCO$ , $ZnO$ , золи: ксилідин – вода в відношенні 1:1, диметиланілін $C_6H_3(CH_3)_2NH_2$
Сірководень $H_2S$	Водний розчин $Na_2CO_3 + Na_3AsO_4$ ( $Na_2HASO_3$ ); водний розчин $As_2O_3$ (8 – 10 г/л) + $NH_3$ (1,2 – 1,5 г/л) + $(NH_4)_3AsO_3$ (3,5 – 6 г/л); моноетаноламін (10 – 15% – й розчин); розчини $K_3PO_4$ (40 – 50%), $NH_4OH$ , $K_2CO_3$ , $Na_2CO_3$ , $CaCN_2$ , натрієва сіль
Оксид вуглецю $CO$	Рідкий азот; мідно – аміачні розчини $[Cu(NH_3)_m \cdot (H_2O)_n]^+ \cdot COOH^-$
Діоксидвуглецю $CO_2$	Водні розчини $Na_2CO_3$ , $K_2CO_3$ , $NaOH$ , $KOH$ , $Ca(OH)_2$ , $NH_4OH$ , етаноламінами $RNH_2$ , $R_2NH_4$
Хлор $Cl_2$	Розчини $NaOH$ , $KOH$ , $Ca(OH)_2$ , $Na_2CO_3$ , $K_2CO_3$ , $MgCO_3$ , $CaCO_3$ , $Na_2S_2O_3$ , тетрахлоридметан $CCl_4$
Хлороводень $HCl$	Вода, розчини $NaOH$ , $KOH$ , $Ca(OH)_2$ , $Na_2CO_3$ , $K_2CO_3$
З'єднання фтору $HF$ , $SiF_4$	Вода, розчини $Na_2CO_3$ , $NaOH$ , $Ca(OH)_2$

Цей метод полягає в розділенні газоповітряної суміші на складові частини шляхом поглинання одного або декількох газових компонентів цієї суміші поглиначами, званими абсорбентами, з утворенням розчину.

Схема абсорбційної установки приведена на рисунку 3.1.

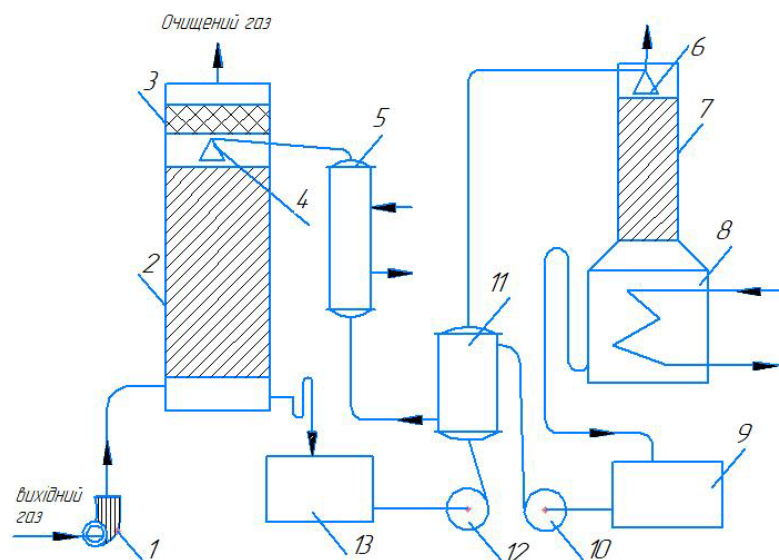


Рисунок 3.1 – Схема абсорбційної установки: 1 – вентилятор (газодувки); 2 – абсорбер; 3 – брызгоотбійник; 4,6 – зрошувачі; 5 – холодильник; 7 – десорбер; 8 – куб десорбера; 9,13 – ємність для абсорбенту; 10,12 – насоси; 11 – теплообмінник – рекуператор

Абсорбент повинен бути розчинний в рідині, добре поглинати газ, витримувати температуру та парціальний тиск газу. Зважаючи на те, що розчинність води становить сотні грамів на 1 кг  $H_2O$ , для видалення з технологічних викидів газів, таких як аміак, хлористий, фтористий водень, більш доцільно застосовувати в якості поглинальної рідини воду. Так як у сірчистого ангідриду та хлору низька розчинність, витрата води буде значною, тому для поглинання цих речовин застосовують інші рідини або інші методи, наприклад, адсорбцію для концентрування газу і каталітичні методи для перекладу їх в концентровані кислоти, наприклад, сірчану або соляну. У деяких випадках замість води застосовують водні розчини таких хімічних речовин, як сірчана кислота (для уловлювання водяної пари), в'язкі масла (для уловлювання ароматичних вуглеводнів з коксового газу) і ін.[7, 14].

### 3.3 Удосконалення системи очищення викидів при виробництві гіпохлориту натрію

Останнім часом в Україні відповідно до нормативних і природоохоронних актів посилені вимоги до якості питної води. Гіпохлорит натрію, в порівнянні з іншими хлоровмістними засобами, є найменш дефіцитним і досить дешевим детоксикантом. Завдяки високій антибактеріальній активності і широкому спектру дії на різні мікроорганізми, гіпохлорит натрію значиться першим у списку заміників хлору, до того ж він значно дешевше і не робить такої сильної корозійної дії на трубопроводи. Вартість гіпохлориту натрію в 2,5–3 рази дешевше рідкого хлору [15 – 16].

Для очищення газових викидів через вихлопну трубу вентиляторів пропонується використовувати санітарну абсорбційну колону, зрошувану розчином гідроксиду натрію. У таблиці 3.2 наведені основні фізико–хімічні і токсичні властивості газоподібного їдкого натру, для роботи установки якого необхідно 6832,24 т/рік.

Щоб уникнути накопичення кристалів натрію хлориду в збірнику розчину лугу, через кожні 4 циклу виробництва гіпохлориту натрію, до збірки надходить конденсат в кількості 5–10 м<sup>3</sup>. За допомогою насоса виробляють циркуляцію, після чого розчин натрію хлориду подається насосом в цех соди каустичної для подальшої утилізації.

Таблиця 3.2– Властивості газоподібного їдкого натру

Найменування	Загальна характеристика	Відносна щільність по повітряю для газів, по воді для рідини, т/м <sup>3</sup>	Токсичні властивості (характер дії на організм людини) і клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007–76	ГДК в повітрі робочої зони, мг / м <sup>3</sup>
Натр їдкий технічний ГОСТ 2263–79	Масова частка їдкого натру не менше 46%. Безбарвна або пофарбована рідина. Чи не вибухо– і не пожежо небезпечний	1,498	Їдка речовина. При попаданні на шкіру викликає хімічні опіки, а при тривалому впливі може викликати виразки і екземи. Сильно діє на слизові оболонки. Небезпечно потрапляння їдкого натру в очі. 2–й клас небезпеки	0,5

Кількісна і якісна характеристика рідких відходів представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількісна і якісна характеристика рідких відходів

Найменування	Кількість, м <sup>3</sup> /год	Стадія утворення	Куди направляються
Розчин натрію хлориду	560	Підготовка сировини (приготування розчину лугу з масовою часткою NaOH 17–23,5%)	Бак промивних розчинів цеху соди каустичної

### 3.4 Апарати для абсорбції газових компонентів

Для умов даного підприємства найбільш доцільно використовувати для очищення газів від хлору абсорбер, запропонований Барановим Н.В.,

Голубєвим А.Н., Дідовим А.С., методом абсорбції хлору чотирьохлористим вуглецем (рисунок 3.1).

Абсорбер містить складовий корпус 1 з охолоджуваним трубчастим теплообмінником 2 в нижній частині і протитоковою зрошувальною колоною 3 у верхній частині. Хлоровмісний газ подається через патрубок 4 в нижню частину абсорбера, очищений від хлору газ виводиться з верхньої частини абсорбера через патрубок 7. Абсорбент на зрошення протитокової колони 3 подається через патрубок 6, а в абсорбат виводиться з донної частини абсорбера через патрубок 5. Охолоджуваний трубчастий теплообмінник 2 обладнаний центральною циркуляційною трубою 8, а нижче теплообмінника 2 розташована газорозподільна решітка 9.

Технічний результат: зменшення пульсацій і вібрації апаратури, створення рівномірного перебігу процесу А і розподілу концентрацій, а також умов для внутрішньої циркуляції рідкої фази.

При абсорбції хлору чотирьохлористим вуглецем виділяється 65 ккал тепла на 1 кг хлору, тому для абсорбції хлору застосовують охолоджувані абсорбери.

Через патрубок подається абсорбент хлору – чотирьохлористий вуглець на зрошення протитокової колони і повністю затоплюють трубчастий теплообмінник абсорбера. Хлоровмісний газ на абсорбцію хлору подають по патрубку. За рахунок опору газорозподільного пристрою під ним створюється газова подушка і рівномірне закінчення бульбашок газу через всю поверхню ґрат газорозподільного пристрою.

Газонасичена рідина надходить в трубчатку теплообмінника, де відбувається відвід тепла, що виділяється при абсорбції хлору. Утворений розчин хлору в чотирьохлористий вуглець вільно повертається по циркуляційній трубі в нижню частину абсорберу. Частина хлору, що можливо зібрати додатково вловлюється в протivotочній зрошувальній колоні абсорбера хлору. Очищений від хлору газовий потік виводять через патрубок.

Отриманий розчин хлору в чотирихлористий вуглець виводять через патрубок і направляють на утилізацію з виділенням абсорбованого хлору в якості цільового продукту. Очищений чотирихлористий вуглець повертають через патрубок на абсорбцію хлору.

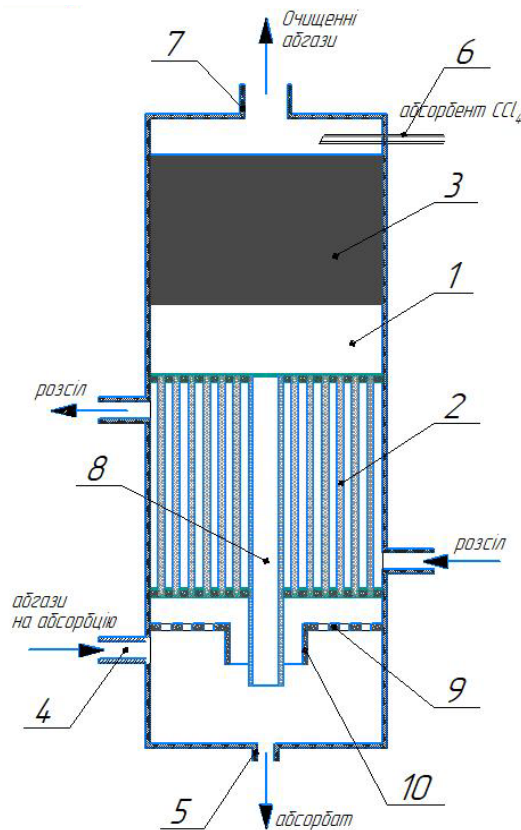


Рисунок 3.1 – Абсорбер хлору: 1 – корпус абсорбера; 2 – трубчастий теплообмінник; 3 – протиточна колона; 4 – патрубок 2; 5 – патрубок 4; 6 – патрубок 1; 7 – патрубок 3; 8 – циркуляційна труба; 9 – газорозподільне пристрій; 10 – гідрозатвор

Запропонований абсорбер хлору більш надійний в експлуатації, за рахунок вільного руху отриманого розчину хлору в чотирихлористий вуглець по циркуляційній трубці виключаються великомасштабні пульсації і вібрація апарату, за рахунок розподілу газової фази по всьому перерізу трубчатки теплообмінника створюються рівномірний перебіг процесу і розподіл

концентрацій, а також умови організованої внутрішньої циркуляції рідкої фази.

В результаті впровадження на ПАТ «ДніпроАзот» абсорбера як це видно з таблиці 3.4, при середньому ступені очищення газів 99,95%, кількість уловленого хлору складатиме 21,035 кг/рік.

Таблиця 3.4– Очікуваний ефект від впровадження запропонованих заходів

Газоочистна установка		Викид забруднюючої речовини (Cl <sub>2</sub> )			
метод	абсорбція	до заходів		після заходів	
тип	абсорбер	г/сек	т/ГОД	г/сек	т/ГОД
Середня ступінь очистки, %	99,95	4,38	138,2	0,667	21,035

Таким чином, запропоновані заходи дозволять істотно зменшити кількість хлору, що надходить в атмосферу в результаті виробництва гіпохлориту натрію на ПАТ «ДніпроАЗОТ», це дасть можливість підвищити рівень екологічної безпеки процесу виробництва реагентів на знезараження води і зменшити антропогенний тиск на навколишнє середовище.



## 4 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

### 4.1 Розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованих заходів

Розмір шкоди, який заподіяно навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин в атмосферу, можливо розрахувати методом усередненої оцінки збитку за формулою (4.1) [9]:

$$Y = \gamma \cdot d \cdot \sigma \cdot \frac{\sum m_i \cdot A_i}{R}, \quad (4.1)$$

де  $Y$  – збиток, що завдається навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин в атмосферу (грн/рік);

$\gamma$  – питомий збиток, що наноситься народному господарству викидом в атмосферу однієї умовної тони забруднюючих речовин,  $\gamma = 2,4$  грн/умов. т.

$d$  – безрозмірна константа, з її допомогою враховують кліматичні особливості, значення вибирають в залежності від географічного району, для території України величина становить 1,2.

$\sigma$  – безрозмірний показник відносної небезпеки забруднення атмосфери над забруднюючою територією,  $\sigma = 4$ .

$m_i$  – маса річного викиду  $i$ -ої домішки (т/рік);

$A_i$  – показник відносної агресивності  $i$ -ої домішки (умов.т/т), його значення пов'язане з величиною  $\Gamma Д К_{cd_i}$  наступним чином

$$A_i = \frac{1}{\Gamma Д К_{cd_i}}; \quad (4.2)$$

$R$  – коефіцієнт розведення викидів з розглянутого джерела, м<sup>2</sup>/с.

$$R = \frac{U}{2,5} \cdot (f_0 \cdot H + 20), \quad (4.3)$$

де  $U$  – середньорічне значення швидкості вітру, м/с. Якщо величина  $U$  невідома, то її приймають рівній 3 м/с.

$f_0$  – безрозмірна константа, що враховує середньорічне значення різниці температур між навколишнім середовищем і газами ( $\Delta T$ ), її значення вибирають виходячи з умов таблиці 4.1;

$H$  – висота джерела викиду, м.

Таблиця 4.1 – Середньорічні значення різниці температур між навколишнім середовищем і газами

Умови	Коефіцієнт $f_0$
Холодні викиди ( $\Delta T < 10^\circ C$ )	1,0
Теплі викиди ( $10 < \Delta T < 100^\circ C$ )	1,5
Гарячі викиди ( $\Delta T > 100^\circ C$ )	2,0

В таблиці 4.2 наведені кількісні показники шкідливих речовин, що викидаються в атмосферне повітря.

Таблиця 4.2 – Кількісні показники шкідливих речовин, що викидаються в атмосферне повітря

Найменування джерела викиду	Найменування викиду	Склад газу	Концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Викид забруднюючої речовини, т/рік	$ГДК_{сdi}$
Труба 102–I. Діаметр вихлопної труби 1,2 м, висота – 30 м.	Гази абсорбційні	Хлор	1	138,2	0,03

За формулою (4.2) розрахуємо показник відносної агресивності домішок [9].

**Забруднююча речовина**

**Значення  $A_i$**

Хлор

$$A_i = \frac{1}{0,03} = 33,33 \text{ умов. т/т}$$

За формулою (4.3) розрахуємо коефіцієнт розведення викидів з розглянутого джерела.

$$R = \frac{3}{2,5} \cdot (2,0 \cdot 30 + 20) = 0,015 \text{ м}^2/\text{с}.$$

За формулою (4.1) розрахуємо розмір шкоди, який заподіяно навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин в атмосферу методом усередненої оцінки збитку.

$$Y = 2,4 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot \frac{138,1 \cdot 33,33}{0,015} = 3535360 \text{ грн/рік}.$$

Після впровадження запропонованих заходів розмір шкоди, який заподіяно навколишньому середовищу становитиме

$$Y = 2,4 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot \frac{21,035 \cdot 33,33}{0,015} = 538496 \text{ грн/рік}$$

Зниження збитку становить 2996864 грн/рік.

В результаті розрахунків отримали зниження збитку на 2996864 грн/рік за рахунок впровадження запропонованих заходів, тобто очевидна доцільність використання методу абсорбції чотирихлористим вуглецем для очищення газів від хлору. Наведено екологічну політику підприємства.

## ВИСНОВКИ

1. Якість атмосферного повітря в багатьох пунктах спостережень України не відповідає нормативним вимогам. Однією з суттєвих причин порушення нормативних вимог є недостатньо ефективне очищення газів, які викидаються підприємствами в атмосферне повітря.

2. Одним з найбільших забруднювачів атмосферного повітря від хімічної промисловості в Дніпропетровській області є підприємство ПАТ «Дніпроазот». В результаті виробництва гіпохлориту натрію на ПАТ «Дніпроазот» можливе надходження в атмосферне повітря абсорбційних газів з вмістом хлору.

3. Для очищення промислових газових викидів від шкідливих газоподібних компонентів можна використовувати різні процеси: абсорбцію, адсорбцію, хімічне перетворення шкідливих газоподібних компонентів в нешкідливі з'єднання. Для умов даного підприємства найбільш доцільно використовувати для очищення газів від хлору абсорбер методом абсорбції хлору чотирьоххлористим вуглецем.

4. Пропонований абсорбер хлору більш надійний в експлуатації, за рахунок вільного руху отриманого розчину хлору в чотирьоххлористий вуглець по циркуляційній трубі виключаються великомасштабні пульсації і вібрація апарату. За рахунок розподілу газової фази по всьому перерізу трубчатки теплообмінника створюються рівномірний перебіг процесу і розподіл концентрацій, а також умови організованої внутрішньої циркуляції рідкої фази.

5. В результаті впровадження на ПАТ «Дніпроазот» абсорбера зі ступенем очищення газів 99,95% буде досягнуто зниження викидів хлору на 21,035 т/рік.

6. Економічний ефект від впровадження запропонованих заходів складає 2996864 грн/рік. Це свідчить про доцільність впровадження методу очистки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист атмосфери від промислових забруднень. / Під ред. С. Калверта і Г. Інглунда. – М.: Металургія, 1988. – 758 с.
2. Страус В. Промислове очищення газів / В. Страус [переклад з англ.]. – М.: Хімія, 1981. – 616 с.
3. Дніпроазот. Сила нового життя [Електронний ресурс]: офіційний сайт АТ Дніпроазот – 2008. URL: <http://www.azot.com.ua/>.
4. Павлов К.Ф. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології / К.Ф. Павлов, Н.Г. Романків, А.А. Носков. – Л.: Хімія, 1984. – 560 с.
5. Методи і засоби захисту біосфери: навч. посібник / М.В. Нечипорук, В.В. Кручина, О.М. Бугаєнко, С.О. Лобов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012. – 51 с.
6. Родіонов А.І. Захист біосфери від промислових викидів. Основи проектування технологічних процесів / А.І. Родіонов, Ю.П. Кузнецов, Г.С. Соловьев. – М.: Хімія, КолосС, 2005. – 392 с.
7. Ветошин А.Г. Технології захисту навколишнього середовища (теоретичні основи): навч. посібник / А.Г. Ветошин, К.Р. Таранцева – Пенза: Вид-во Пенз. технол. інс-ту, 2004. – 249 с.
8. Про затвердження Правил технічної експлуатації установок очистки газу: Закон України від 05.01.2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-09>.
9. Економічна ефективність природоохоронних заходів та оцінка економічного збитку, завданого народному господарству забрудненням навколишнього середовища: навч. посібник / Н.В. Нечипорук, В.Н. Кобрін, М.А. Голованова, В.В. Вамболь, В.В. Лебедченко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012. – 88с.
10. Колосков В.Ю. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 183

«Технології захисту навколишнього середовища», спеціалізація «Техногенно-екологічна безпека» /В.Ю.Колосков, О.М. Кондратенко – Х.: НУЦЗ України, 2019. – 22 с.

11. Денисов С.І. Вловлювання та утилізація пилу та газів: навч. посібник / С.І. Денисов. – М.:Металургія, 1991. – 320 с.

12. Алієв Г.М.–А. Техніка пиловловлювання та очищення промислових газів: довідник / Г.М.–А. Алієв. – М.: Металургія, 1986. – 544 с.

13. Рамм В.М. Абсорбція газів/ В.М. Рамм. Вид. 2-е, перероблене та доповнене. – М.: Хімія, 1976. – 656 с.

14. Шукина Л.В. Суха очистка запилених газів: навч. посібник/ Л.В. Шукина, А.А. Асламов, Е.В. Подоплєлов. – Ангарськ: Вид-во Ангарської державної технічної академії, 2006. – 100 с.

15. Техноекологія: підручник / М.С. Мальований, В.М. Боголюбов, Т.П. Шаніна, В.М. Шмандій, Т.А. Сафронов.– Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 424 с.

16. Ветошин А.Г. Процеси та апарати пилоочистки: навч. посібник/ А.Г. Ветошин. – Пенза: Вид-во Пенз. держ. ун–ту, 2005. – 210 с.

17. Кондратенко О.М. Метрологічні аспекти комплексного критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки експлуатації поршневих двигунів енергетичних установок: монографія [Текст] / О.М. Кондратенко. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2019. – 532 с.

18. Фізичне і математичне моделювання процесів у фільтрах твер-дих частинок у практиці критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки : монографія [Текст] / О.М. Кондратенко, В.Ю. Колосков, Ю.Ф. Деркач, С.А. Коваленко. – Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2020. – 522 с.