

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорона праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/проект

групи (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему „Аналіз впливу техногенної промислової підприємств на стан
виплоєної дуги атмосфери повітря”. Тема спеціальної частини -
аналіз техногенної освіти повітря з метою мінімізації ризиків
для здоров'я населення від забруднення атмосфери повітря

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗНС-18-1-мд
спеціальності 183, Техногенний захист навколишнього
середовища

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Техногенний захист навколишнього
середовища

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Ткаченко К.О

(ініціали та прізвище)

Керівник доц. доц., к.т.н. Бєлошова К.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. доц., к.т.н. Рибак В.Г.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра прикладної екології та охорони праці
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код та назва)
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 08 » 01 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Плахотий Кристина Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Аналіз впливу технічної промислових підприємств на стан екологічної безпеки атмосферного повітря. Темою спеціальної частини аналізу технічної очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря

керівник роботи Беложок Карина Володимирівна, к.т.н, доцент каф. ПЕОП
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » 09 2019 року № 1542 - С

2 Строк подання студентом роботи 28.12.2019р

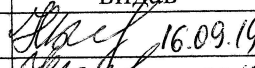
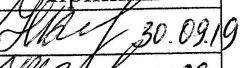

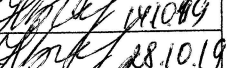
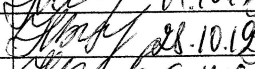
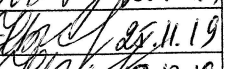
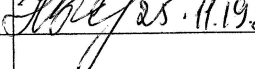
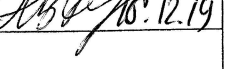
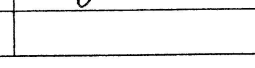
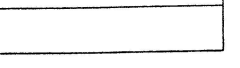
3 Вихідні дані до роботи концентрації забруднювальних речовин, реперентної концентрації, передаювачки рівень добової смертності в м. Запоріжжі від ПМ10, численність населення м. Запоріжжя, Закарпаття та Волинської області

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) перелік умовних показників, вплив забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя та його вплив на стан здоров'я населення, методику оцінки ризику для здоров'я населення, оцінку потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря зварювальними частинками пилу, аналіз технічної очистки газів від пилу, охорона праці та технічно безпеки, висновки, перелік посилань, додатки

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

1) Записи: підручників з металургії, металургія заводних робіт, наукова кваліфікаційна робота, структура величезів, розрах. процесів, фак. задумки, параметри токс. величезів зварк. механізм, коор. ведення, на вці. Заводського району, коор. ведення на вці. Виробничо-випуск. району, коор. ведення в заводському та виробничому рай-х, дод. випуск смерті від дії зварк. газів, переваги та недоліки методів очищення металу, сх. очищення величезів мартенів, тех.-ек. показн. роботи газот. уст. мартен. печі, сх. очищення конверторн. газів, тех.-ек. показн. роботи газот. уст. конвертор. газів, сх. очищення газів в дувальних сталених печі, тех.-ек. показн. роботи газот. уст. очищення газів, висновки.


6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Белокоць К.В., доц. кафедр ПЕОП	 16.09.19	 30.09.19
Розділ 2	Белокоць К.В., доц. кафедр ПЕОП	 30.09.19	 14.10.19
Розділ 3	Белокоць К.В., доц. кафедр ПЕОП	 14.10.19	 28.10.19
Розділ 4	Белокоць К.В., доц. кафедр ПЕОП	 28.10.19	 25.11.19
Розділ 5 (ОН-а ТБ)	Белокоць К.В., доц. кафедр ПЕОП	 25.11.19	 16.12.19

7 Дата видачі завдання 01.09.2019р.

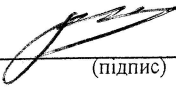
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір та структурування матеріалу	02.09.19 - 15.09.19	
2	Виконання 1 розділу	16.09.19 - 29.09.19	
3	Виконання 2 розділу	30.09.19 - 13.10.19	
4	Виконання 3 розділу	14.10.19 - 27.10.19	
5	Виконання 4 розділу	28.10.19 - 24.11.19	
6	Виконання 5 розділу	25.11.19 - 15.12.19	
7	Виконання графічної частини	16.12.19 - 27.12.2019	
8	Захист ЕК	15.01.2020	

Студент  Тимошенко К.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  Белокоць К.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Резніков В.Г.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Анотація

Плахотня К.О. Комплексна кваліфікаційна робота «Аналіз впливу технологій промислових підприємств на стан екологічної безпеки атмосферного повітря». Тема спеціальної частини – аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник К.В. Белоконь. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислової екології та охорони праці, 2020.

Розглянуто динаміку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел промислових підприємств м. Запоріжжя. Розраховано неканцерогенний ризик для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу, додаткові випадки смерті при хронічній інгаляційній дії зважених часток. Виконано аналіз заходів з мінімізації ризику для здоров'я населення.

Ключові слова: ІНДЕКС НЕБЕЗПЕКИ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, РЕФЕРЕНТНА КОНЦЕНТРАЦІЯ, РИЗИК, ЕКСПОЗИЦІЯ, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ.

Abstract

Plahotnya K.A. Complex qualifying work «The Analysis of the Industrial Technology Impact on the Atmospheric Air Ecological Safety State». The theme of special part is «The Analysis of Gas Cleaning Technology from Dust to Minimize the Public Health Risk Caused by Air Pollution».

Scientific supervisor is K.V. Belokon of qualifying work for obtaining master's degree in higher education on specialty № 183 «Environmental Protection Technologies». Zaporizhzhia National University. Engineering Institute. Faculty of

Construction and Civil Engineering, The Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2020.

The dynamics of pollutants emissions into the air from stationary sources of industrial enterprises of Zaporizhzhia city is considered. The non-carcinogenic risk to public health from air pollution by suspended dust particles, additional deaths due to chronic inhalation exposure to suspended particles are calculated. The analysis of measures to minimize the risk to public health is carried out.

Keywords: HAZARD INDEX, AIR, REFERENCE CONCENTRATION, RISK, EXPOSURE, FIRE SAFETY, POLLUTANTS.

Аннотация

Плахотня К.А. Комплексная дипломная работа «Анализ технологий промышленных предприятий на состояние экологической безопасности атмосферного воздуха». Тема специальной части - анализ технологий очистки газов от пыли с целью минимизации риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель К.В. Белоконь. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра экологии и охраны труда, 2020.

Рассмотрена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников промышленных предприятий г. Запорожья. Рассчитано неканцерогенный риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами пыли, дополнительные случаи смерти при хроническом ингаляционном воздействии взвешенных частиц. Выполнен анализ мероприятий по минимизации риска для здоровья населения.

Ключевые слова: ИНДЕКС ОПАСНОСТИ, АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, РЕФЕРЕНТНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, РИСК, ЭКСПОЗИЦИЯ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	13
1.1 Стан атмосферного повітря в м. Запоріжжі	13
1.2 Вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини та біорізноманіття	24
1.3 Висновки до розділу 1	26
2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	28
2.1 Ідентифікація небезпеки	28
2.2 Оцінка залежності «доза – відповідь»	30
2.3 Оцінка експозиції	32
2.4 Характеристика ризику для здоров'я населення	36
2.5 Висновки до розділу 2	40
3. ОЦІНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ	41
3.1 Характеристика об'єкту дослідження	41
3.2 Результати досліджень топографії, гідрогеології, рослинного і тваринного світу, клімату, метеопараметрів м. Запоріжжя	46
3.3 Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів від стаціонарних джерел	52
3.4 Результати етапу оцінки експозиції пріоритетних забруднюючих речовин	55
3.5 Результати етапу оцінки залежності «доза-відповідь» пріоритетних забруднюючих речовин	57
3.6 Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення	57

3.7 Висновки до розділу 3	61
4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ГАЗІВ ВІД ПИЛУ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	62
4.1 Екологічна оцінка підприємств металургійного комплексу	62
4.2 Захист атмосфери від шкідливих викидів сталеплавильного виробництва	66
4.2.1 Мартенівське виробництво сталі	67
4.2.2 Конверторне виробництво сталі	78
4.3 Захист атмосфери від шкідливих викидів електросталеплавильного виробництва	89
4.4 Висновки до розділу 4	102
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	105
5.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	105
5.2 Заходи з поліпшення умов праці	108
5.3 Виробнича санітарія	108
5.4 Заходи з електробезпеки	111
5.5 Заходи з пожежної та техногенної безпеки	112
5.6 Розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів	114
5.7 Висновку до розділу 5	115
ВИСНОВКИ	116
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	119
ДОДАТКИ	123
Додаток А. Усереднені рівні добових і річних концентрацій зважених речовин викидів Заводського та Вознесенівського районів	123
Додадок Б. Перевищення ГДК забруднюючих речовин по Заводському та Вознесенівському районах за 2019 рік	126
Додаток В. Розрахунки	130

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

HQ	коефіцієнт небезпеки
IRM	індивідуальний ризик смерті
RfC	референтна концентрація
US EPA	Агентство з охорони довкілля США
WHO	Всесвітня Організація Охорони Здоров'я
ГДК	гранично допустима концентрація
ГДК _{м.р.}	гранично допустима максимальна разова концентрація
ГДК _{с.д.}	гранично допустима середньодобова концентрація
ДУ «ІГМЕ ім. М.О. Марзєєва АМНУ»	Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. М.О. Марзєєва Академії медичних наук України»
ДУ «Запорізь- кий ОЛЦ МОЗ України»	Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України»
TSP	зважені частки
PM ₁₀	зважені частки з діаметром часток менше 10 мкм

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема охорони навколишнього середовища та його відтворення стає однією з найважливіших задач. Бурхливий розвиток промисловості призводить до появи перед людством гострої проблеми збереження екологічних систем. Останніми роками екологічні системи потерпають від впливу антропогенних факторів. Тому прогноз зміни екологічних систем в наслідок вказаних причин є актуальним завданням, вирішення якого складається з двох етапів: а) дослідження процесу забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств; б) оцінка впливу шкідливих забруднень на атмосферу.

Важливою складовою цього завдання є оцінка забруднення атмосферного повітря. В процесі поширення промислових відходів в повітрі відбуваються хімічні реакції з парою та іншими компонентами атмосфери, в наслідок чого спостерігається перехід речовин від одного хімічного стану до іншого, змінюючи при цьому характер токсичності по відношенню до навколишнього середовища.

В атмосферному повітрі сучасних міст присутні сотні різних хімічних класів органічної та неорганічної природи, які поступають з чисельних джерел, як правило, антропогенного походження. Основними джерелами надходження шкідливих речовин в атмосферне повітря міст є промислові підприємства та автотранспорт, а найбільш розповсюдженими забруднюючими речовинами – пил (зважені речовини різної природи), сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та вуглеводні (кілька сотень хімічних речовин). Саме вони вносять найбільший вклад у формування екологічно залежних захворювань та станів [1].

Саме тому, об'єктивна оцінка рівня забруднення атмосферного повітря є актуальною проблемою, а гігієнічна діагностика стану навколишнього природного середовища, коректна оцінка реальних рівнів

впливу на організм людини продовжує залишатись однією з найважливіших задач екології [1-3].

Методологія аналізу ризику, яка заснована на політичних, економічних і на сучасних наукових припущеннях, є потужним засобом впливу на політику та політиків шляхом виявлення джерел, причин, динаміки, рівнів та медико-соціальної значимості ризиків, інформування населення та суспільства щодо ризику, ефективності запропонованих заходів щодо його усунення та зниження (політичних, економічних, технологічних, соціальних заходів) [4].

Таким чином, **метою** кваліфікаційної роботи є встановити рівні ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу та виконати аналіз технологій очистки газів від пилу.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних **завдань**:

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів, що зазнає впливу від викидів зважених часток пилу;
- охарактеризувати метеорологічну ситуацію, оцінити характеристику землекористування та особливості рельєфу території розміщення стаціонарних джерел викидів;
- розрахувати та оцінити неканцерогенні ризики за коефіцієнтами небезпеки (HQ) та додаткові ризики смерті (IRM) для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток пилу;
- виконати аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – вплив викидів зважених часток пилу на формування інгаляційного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії викидів стаціонарних джерел.

Предмет дослідження –ризики для здоров'я населення, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря (неканцерогенні ризики, індивідуальні ризики смерті).

Методи дослідження. При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи було використано загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів [5]: ідентифікації небезпеки, оцінки «доза-відповідь», оцінки експозиції та характеристики ризику. Статистична обробка результатів проводилась з використанням комп'ютеризованої програми Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше в м. Запоріжжі оцінено ймовірність виникнення небезпеки для здоров'я населення, обумовленої забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток пилу; обґрунтовано необхідність вивчення вмісту зважених часток PM_{10} , які входять до складу пилу недиференційованого за складом у викидах промислових підприємств, як провідного фактору ризику для здоров'я населення.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність кваліфікаційної роботи полягає у впровадженні результатів у діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», лікувально-профілактичних закладів та екологічних служб. Матеріали роботи також можуть бути впроваджені у навчальний процес кафедри прикладної екології та охорони праці Запорізького національного університету.

Особистий внесок автора.

Магістрант особисто планувала та виконувала наукові дослідження в рамках зазначеної теми: самостійно й у повному обсязі зібрано і оброблено первинний матеріал; проведено аналіз токсичності викидів промислових підприємств; проаналізовано ризики хімічного забруднення атмосферного

повітря промисловими підприємствами; провела обробку отриманих даних; здійснила теоретичне узагальнення результатів дослідження, підготовку матеріалів досліджень до публікації, сформулювала основні наукові положення й висновки роботи.

Відомості про апробацію результатів роботи.

Основні положення кваліфікаційної роботи представлені та обговорені на: V Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, ХНАДУ), XXIV Науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ (Запоріжжя, ІІ ЗНУ).

Відомості про публікації здобувача.

За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано 2 наукові праці, з них 2 - у матеріалах наукових конференцій.

Список публікацій магістранта:

1. Белоконь К.В., Зануда Т.О., Плахотня К.О. Аналіз методів очистки газів в умовах електросталеплавильного виробництва. V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 186-189.

2. Белоконь К.В., Плахотня К.О., Столпакова О.В., Тарабан Є.В. Аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Т. 4 С. 128.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.

Кваліфікаційна робота включає 133 сторінок тексту, 30 рисунків, 18 таблиць, 3 додатки, 33 використаних джерел посилання. Обсяг основного тексту – 122 сторінки.

1. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

1.1 Стан атмосферного повітря в м. Запоріжжі

Запорізька область – є однією з навантажених областей по промислового потенціалу, який обумовлений наявністю і концентрацією підприємств чорної і кольорової металургії, теплоенергетики, атомної енергетики, хімії, машинобудування [6].

Місто Запоріжжя є великим металургійним центром України і входить до складу Придніпровського регіону, на відносно невеликій площі якого (631,9 тис.м² або 5,3 % площі України) розташовано 40% чорної та кольорової металургійної промисловості, 20,5% хімічної та машинобудівельної промисловості, 41% енергетики. Тому для м. Запоріжжя, як і для багатьох інших промислових міст України, що мають значну кількість джерел забруднення атмосферного повітря, обґрунтування безпечних для здоров'я обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є більш актуальним.

Місто Запоріжжя розташоване на обох берегах Дніпра. Однією з найактуальніших проблем міста в контексті збереження стану навколишнього середовища на нормативному рівні, є недотримання в повному обсязі функціонального зонування міста – розподіл міської території на промислову, комунальну, рекреаційну та інше. Специфікою м. Запоріжжя є те, що підприємства це основні забруднювачі, сконцентровані в декількох промислових зонах, розташованих поряд із житловою забудовою міста. Згідно даних Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр МОЗ України» (ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України») близько 25 тис. населення проживають у межах санітарно-захисних зон основних забруднювачів атмосферного повітря обласного центра.

Ситуацію загострює розташування основного промислового вузла з навітряної сторони стосовно житлових районів міста, що сприяє їхній загазованості. Цьому також сприяє рельєф місцевості, який являє собою хвилясту рівнину з яружно-балочною мережею, що погіршує провітрювання території та умови розсіювання пилогазових викидів. Таким чином, забруднення атмосферного повітря над основними районами міста відбувається при напрямках вітру від північно-західного через північ – до східного. Південно-західний та західний вітер сприяє виносу забрудненого повітря за місто. Вітер зі швидкістю у межах 0,1-4 м/с сприяє забрудненню міста незалежно від напрямку.

Отже, побудова прогнозу забруднення атмосферного повітря дає змогу враховувати дані при планування діяльності промислових об'єктів м. Запоріжжя.

Якість атмосферного повітря згідно з «Санітарними правилами охорони атмосферного повітря в населених пунктах» оцінюється за рівнем забруднення як «неприпустима», а за ступенем небезпеки – «помірно небезпечна» [6].

Систематичні спостереження за вмістом забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя проводяться Запорізьким обласним центром з гідрометеорології та ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України».

Оцінка стану атмосферного повітря за 2015-2019 рр. у м. Запоріжжя здійснена за середньомісячними концентраціями у кратності перевищень середньодобових ГДК по пріоритетним забруднюючим речовинам. Пріоритетними забруднюючими речовинами вважаються ті речовини, які вносять найбільший вклад в забруднення атмосферного повітря міста і контролюються на стаціонарних постах спостережень за забрудненням атмосферного повітря.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. тон. В структурі викидів забруднюючих речовин основну частину складають

діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом (табл. 1.1) [6].

Таблиця 1.1 – Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році [6]

Назва забруднюючої речовини	Обсяг викидів, тис. т
Метали та їх сполуки	0,6
Стійкі органічні забруднювачі	0,1
Оксид вуглецю	54,1
Діоксид та інші сполуки сірки	71,3
Оксиди азоту	33,0
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	12,6
Леткі органічні сполуки	2,0
Всього	174,7

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60-70 % від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин.

Це такі підприємства, як: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпрспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», ПрАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів» та інші.

Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря показав, що обсяги викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в 2019 році порівняно з 2018 роком зменшились на 3 % (рис. 1.1).

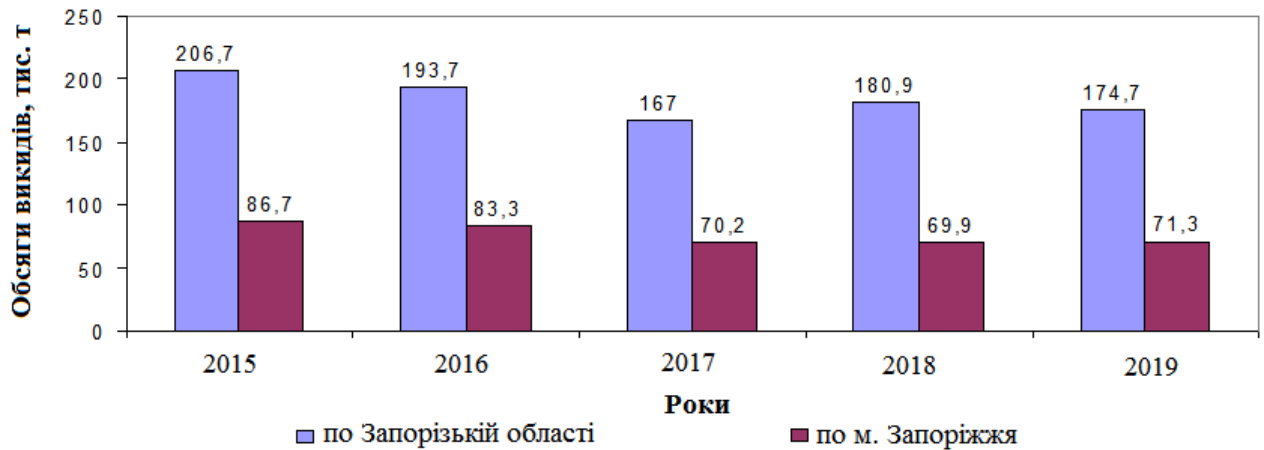


Рисунок 1.1 – Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по Запорізькій області [6]

У 2019 році за даними Головного управління статистики у Запорізькій області за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел звітувало 504 підприємства, що на 108 підприємств менше, ніж у 2018 році. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами за 2019 рік становлять 174,7 тис. т, що на 6,2 тис. т менше, ніж у 2018 році. У 2019 році зменшились обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу і склали 101,9 кг, тоді як у 2018 році – 104,5 кг.

У 2019 році щільність викидів від стаціонарних джерел зменшилась в порівнянні з минулим роком на 0,3 т на 1 км², та склала 6,4 т на 1 км².

Структура викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря та динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря по найпоширеніших речовинах в цілому по Запорізькій області представлена на рис. 1.2, 1.3 [6].

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60-70% від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин. Основними забруднювачами атмосферного повітря в місті

залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, на які припадає майже 90 % викидів від загальної кількості забруднюючих речовин по області.

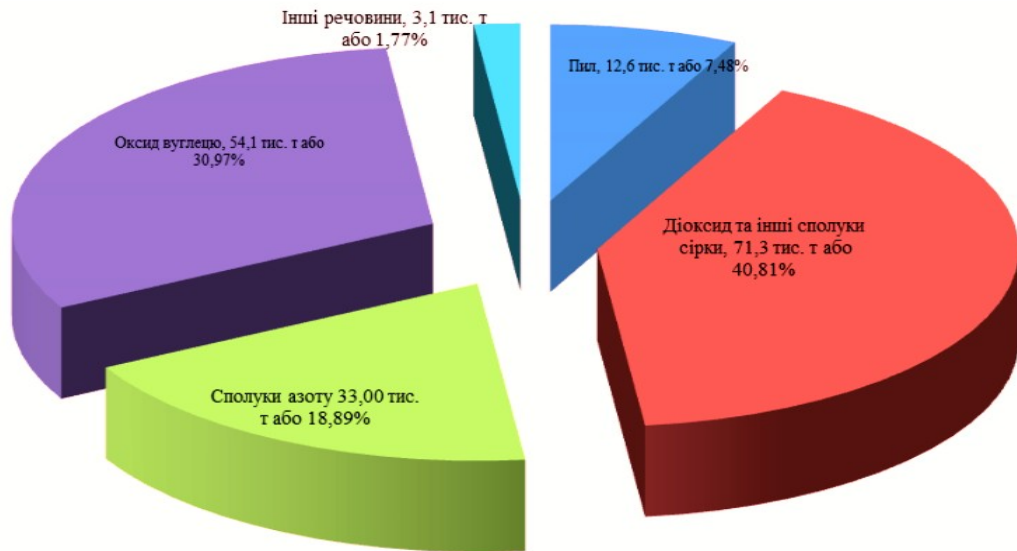


Рисунок 1.2 – Структура викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря по Запорізькій області [6]

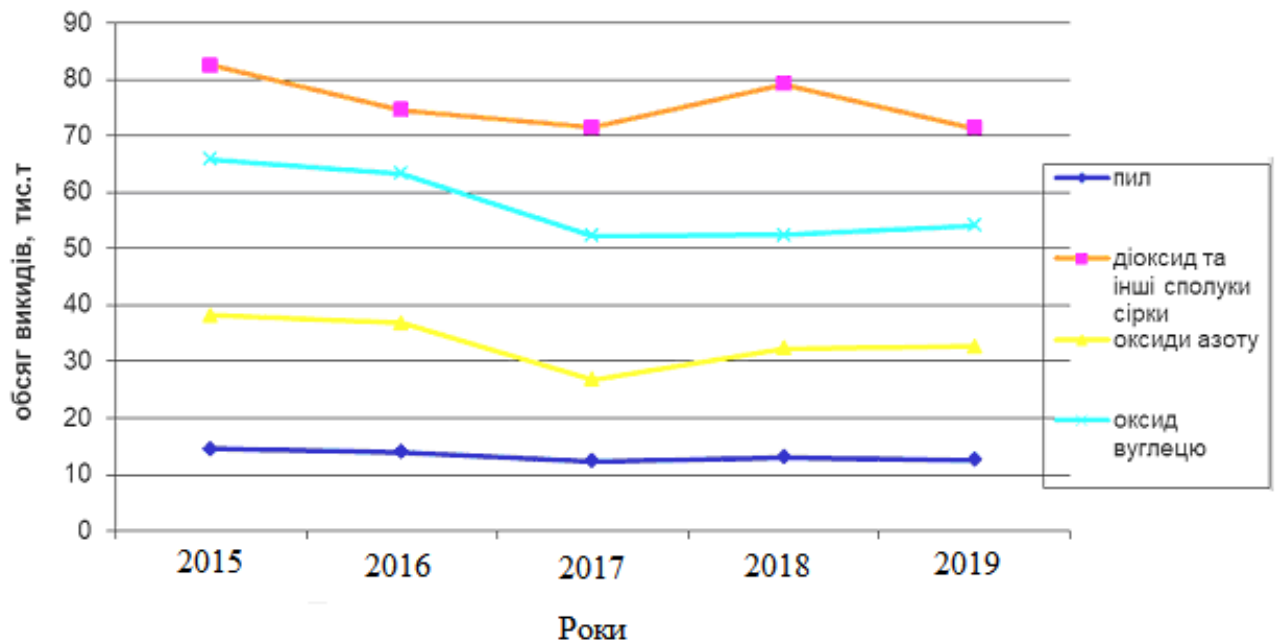


Рисунок 1.3 – Динаміка викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря по Запорізькій області [6]

Це такі підприємства, як ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ВАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів», ПАТ «Мотор січ», ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» та інші. Динаміка викидів від цих підприємств наведена в таблиця 1.2.

Таблиця 1.2 – Динаміка обсягів викидів в атмосферне повітря [6]

№	Назва підприємства	Динаміка обсягів викидів в атмосферне повітря, тис. т/рік				
		2015	2016	2017	2018	2019
1	ПАТ «Запоріжсталь»	59,168	59,125	50,719	50,834	52,294
2	ПАТ «Дніпроспецсталь»	0,683	0,641	0,722	0,752	0,731
3	ПрАТ «Український графіт»	1,285	1,151	1,082	1,254	1,426
4	ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго»	112,53	103,25	91,303	105,23	98,059
5	ПАТ «Запорізький завод феросплавів»	15,609	12,986	8,588	7,656	7,512
6	ПАТ «Запорізький абразивний комбінат»	1,890	1,826	1,766	1,974	2,488
7	ПрАТ «Запоріжжкокс»	2,996	2,316	1,983	1,946	1,804
8	ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» (ДП)	0,852	0,938	0,971	0,92	0,816
9	ПАТ «Мотор Січ»	0,492	0,665	0,86	0,707	0,575
10	ПАТ «Запоріжвогнетрив»	0,365	0,334	0,327	0,35	0,281

Згідно із проведеним аналізом спостерігається зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел порівняно з попереднім роком.

Зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємствами обумовлене зменшенням обсягів виробництва і впровадженням на підприємствах природоохоронних заходів, встановлених

умовами дозволів на викиди та регіональними природоохоронними програмами, а збільшення – зі збільшенням обсягів виробництва.

У 2019 році фахівцями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проводився моніторинг за станом атмосферного повітря у 15 містах та 23 сільських населених пунктах області шляхом підфакельних досліджень в зоні впливу джерел викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту у місцях проживання та відпочинку населення.

Впродовж 2019 року лабораторіями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проведено 12 272 дослідження атмосферного повітря (у 2018 р. – 12 399), у 2,85 % виявлені перевищення гранично-допустимих концентрацій (у 2018 році вказані перевищення склали 3,3 %).

За вказаний період у м. Запоріжжя оцінка впливу на здоров'я людини стану атмосферного повітря проводилась у 60 умовно-фіксованих точках спостереження у житловій забудові міста по 22-х інгредієнтах. Проведено 1 191 лабораторно-інструментальне дослідження атмосферного повітря, з них не відповідало нормативним показникам 211 - 7,7% (у 2018 р.- 7,86 %). Протягом року перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі реєструвались в межах від 1,1 до 2,9 ГДК та обумовлювалось такими показниками: пил (32,7 % від загальної кількості відхилень), фенол (34,6 %), сірководень (22,3 %), сірковуглець (7,1 %), азоту діоксид (3,3 %).

Серед районів м. Запоріжжя найбільше забруднення атмосфери у 2019 році зафіксовано у Вознесенівському (39% від загальної кількості перевищень) та Заводському (37,5%) районах. Нижче середньобагаторічного показника (17,3%) реєструвалося забруднення атмосфери в Дніпровському (15,2%), Шевченківському (6,3%) та Олександрівському (1%) районах м. Запоріжжя. У Хортицькому та Комунарському районах перевищення не реєструвались.

Структура викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по основним видам економічної діяльності наведена на рис. 1.4.

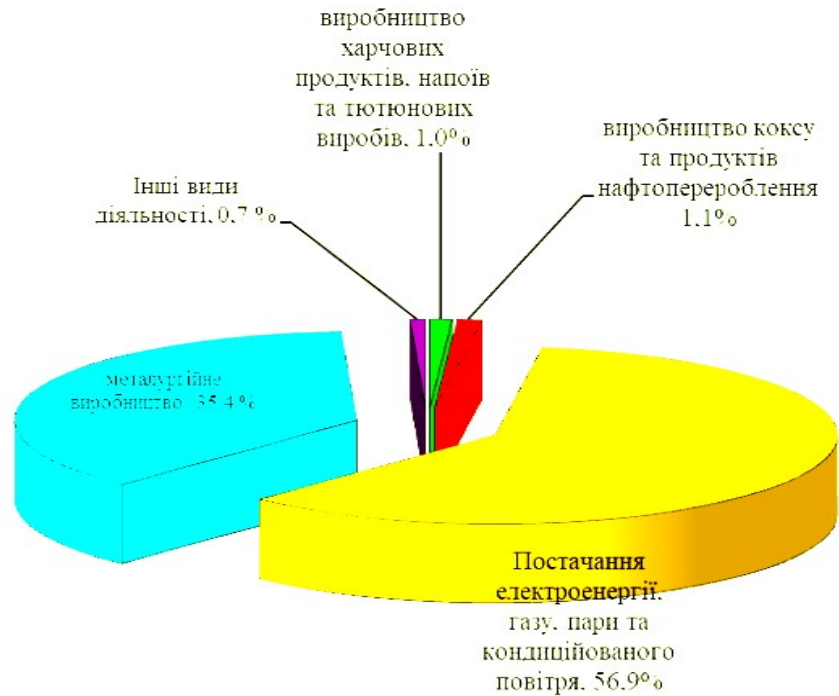


Рисунок 1.4 – Структура викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по основним видам економічної діяльності Запорізької області [6]

Основний внесок у забруднення атмосфери вносять промислові підприємства, викиди яких становлять 50-60 % від загального валового викиду шкідливих речовин. Значний внесок – від 40 до 50 %, вносить автотранспорт, частка викидів якого в загальному валовому викиді щорічно зростає.

Оцінка стану атмосферного повітря за 2019 рік здійснювалась за середньомісячними концентраціями у кратності перевищень середньодобових гранично-допустимих концентрацій (ГДК) по пріоритетним забруднюючим речовинам. Пріоритетними забруднюючими речовинами вважались ті речовини, які вносять найбільший вклад в забруднення атмосферного повітря міста і контролювались на стаціонарних постах спостережень за забрудненням атмосферного повітря.

Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин в житловій забудові міста Запоріжжя представлена в табл. 1.3 [6].

Таблиця 1.3 – Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин в житловій забудові міста Запоріжжя, % [6]

Період, рік	% перевищень ГДК
2015	6,83
2016	9,08
2017	7,63
2018	9,07
2019	7,21

Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, значення середньорічних концентрацій у кратності ГДК представлена в табл. 1.4 [6].

Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя наведена на рис. 1.5.

У порівнянні з попереднім роком не змінився вміст у повітрі окису вуглецю, пилу, фенолу, хлористого водню. Зменшився вміст діоксиду азоту, двоокису сірки та окису азоту. Високі та екстремально високі рівні забруднення повітря в м. Запоріжжя протягом 2015-2019 років не зареєстровані.

Багаторічний моніторинг якості атмосферного повітря свідчить про стабільно високе його забруднення як на межі санітарно-захисних зон, так і в житлових районах. Основною причиною забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя залишаються застарілі технології та устаткування, на базі яких функціонують підприємства і які не можуть забезпечити дотримання сучасних гігієнічних нормативів.

Таблиця 1.4 – Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, значення середньорічних концентрацій у кратності ГДК [6]

Забруднюючі речовини	Звітний період, рік				
	2015	2016	2017	2018	2019
Двоокис азоту	2,2	2,2	2,0	2,2	2,0
Двоокис сірки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Окис азоту	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
Окис вуглецю	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Пил	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Фенол	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Фтористий водень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Хлористий водень	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Формальдегід	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3

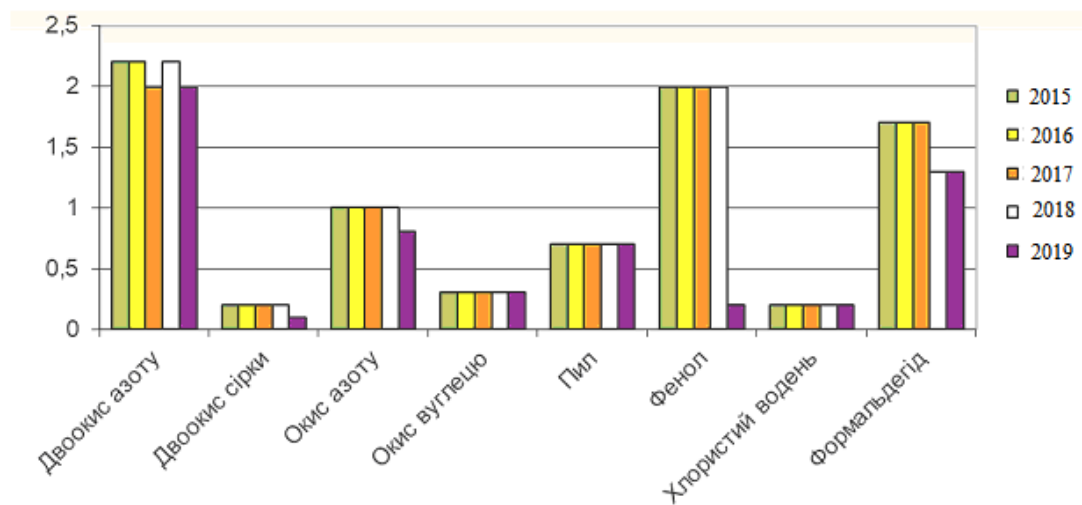


Рисунок 1.5 – Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя [6]

На рис. 1.5 можна побачити, що і в 2019 році вміст двоокису азоту, фенолу та формальдегіду перевищує ГДК.

Місто розташовано на обох берегах Дніпра. Розвиток міста відбувався таким чином, що великі промислові підприємства опинялись в безпосередній близькості до жилих забудов. Багато житлових будинків розташовано в межах санітарно-захисних зон промислових підприємств. Тому, над Запоріжжям часто спостерігається жовто-сиза димка смогу, що формується викидами промислових підприємств, сконцентрованих на відносно невеликій території. Цьому також сприяє рельєф місцевості, який

являє собою хвилясту рівнину з ярусно-балочною мережею, яка погіршує провітрювання території та умови розсіювання пилогазових викидів.

Основні причини понад нормативного забруднення атмосферного повітря міста [6]:

- 240 підприємств практично всіх галузей індустрії, що здійснюють викиди шкідливих хімічних сполук в атмосферне повітря. Все це створює різне по спектру, але надзвичайно інтенсивне навантаження на різні райони міста, погіршуючи екологічну обстановку. Близько 150 хімічних сполук викидаються в атмосферу міста, багато з них є речовинами 1-2 класів небезпеки (двоокис марганцю, бенз(а)пірен, з'єднання свинцю, хрому й ін.);

- кліматичні особливості регіону. Місто Запоріжжя перебуває в кліматичних умовах, для яких характерні несприятливі умови розсіювання (НМУ) шкідливих викидів (температурні інверсії, штилі й т.п.), що приводить до накопичування викидів підприємств у житлових районах. У той же час система регулювання викидів шкідливих речовин у період несприятливих метеоумов працює неефективно;

- розташування основного промвузла з навітряної сторони щодо житлових районів міста, що сприяє їхній загазованості;

- значний обсяг неврахованих в офіційній статистичній звітності неорганізованих (ліхтарних) викидів на підприємствах збільшує загазованість житлових районів;

- застарілі технології й устаткування, на базі яких функціонують підприємства вже не в змозі забезпечити дотримання сучасних екологічних нормативів, основні підприємства міста побудовані в тридцяті роки й функціонують по теперішній час;

- перехід підприємств на неекологічне пальне (вугілля, мазут), неритмічна робота технологічного устаткування, що є джерелом додаткового забруднення атмосферного повітря.

1.2 Вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини та

біорізноманіття

Забруднення атмосферного повітря за ступенем хімічної небезпеки для людини посідає перше місце. Це обумовлено, насамперед, тим, що забруднюючі речовини з атмосферного повітря мають найширше розповсюдження та потрапляють у різні середовища. Наприклад, атмосферні опади спричиняють до 10 % забруднення водних об'єктів басейну Дніпра, значно забруднюють ґрунт тощо. Крім того, людина споживає за добу і в цілому за життя в об'ємному відношенні повітря набагато більше, ніж води і їжі [7].

Природні захисні бар'єри певною мірою захищають людину від потрапляння шкідливих речовин до організму через шлунково-кишковий тракт, але організм людини не захищений надійними природними механізмами від потрапляння шкідливих речовин через дихальні шляхи.

На сьогодні ризик для здоров'я від забруднення повітря не викликає сумніву, але якісні дані про кількісні показники впливу недостатньо визначені внаслідок того, що [7]:

- забруднення повітря широко розповсюджене і важко підібрати однакові та постійні групи населення для контролю;
- існують проблеми в оцінці розмірів індивідуального впливу на кожну окрему людину;
- концентрації атмосферних домішок надзвичайно залежні від метеорологічних умов;
- хвороби, у виникненні і перебігу яких забруднення повітря може відігравати значну роль, є, головним чином, хвороби дихальної системи. Разом з тим, ці хвороби неспецифічні і можуть викликатися іншими факторами, наприклад, палінням, або професійним впливом; значну роль при цьому може відігравати дія внутрішніх алергенів.

Забруднення атмосферного повітря є однією з дуже серйозних причин, які можуть приводити до різних захворювань людини.

Атмосферне повітря населених пунктів сьогодні вміщує різного роду інфекції, алергени, подразники й хімічні токсини, які можуть істотно обмежити тривалість життя й стати причиною хвороб, найчастіше дуже серйозних. При вдиху, найбільш сильно страждають від забрудненого повітря ніс, горло і легені. Сьогодні різними хімічними речовинами забруднено не тільки атмосферне повітря, а також їжа та вода.

На теперішній час концентрації шкідливих речовин не досягають екстремальних значень (у п'ять разів вище гранично-припустимої й більше), що реєструвалися в області до 1990 року. Однак, існуючий по області рівень забруднення атмосферного повітря є критичним, і може призвести до росту числа хронічних захворювань і негативних тенденцій демографічних показників населення.

Атмосферні забруднення можуть спричиняти гостру і хронічну, специфічну і неспецифічну дію на організм людини. Може збільшуватись кількість хворих з гіпертонічною хворобою, злякисними новоутвореннями, патологією органів дихання. Частіше реєструється ексудативний діатез, алергічний дерматит, гострі респіраторні захворювання з астматичним компонентом, набряк Квінке, бронхіальна астма. У дітей, що проживають в промислових районах із забрудненим атмосферним повітрям, індекс здоров'я зазвичай у 2-3 рази нижче, ніж у дітей контрольного району. У них може бути змінений імунний статус: знижені вміст імуноглобуліну, тощо.

Проведені моніторингові та епідеміологічні дослідження в багатьох країнах світу доводять, що численні ефекти для здоров'я, в т.ч. захворювання і смерті від респіраторної і серцево-судинної патології, викликаються саме забрудненням атмосферного повітря речовинами у вигляді твердих зважених частиць (PM_{10}) [3]. Зважені частинці завдають значних незворотніх збитків у вигляді скорочення тривалості життя за рахунок додаткових випадків смерті. Гострий вплив PM_{10} за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6% на кожні 10 мкг/м^3 , а при збільшенні середньодобової концентрації PM_{10} на 10 мкг/м^3 , частота патологічних

симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4% [8].

Середні за розміром частинки осідають на поверхні бронхів і альвеол. Якщо частинці розчинні у воді, то вони розчиняються в слизу, всмоктуються через епітелій слизової оболонки і потрапляють в кров, міжклітинну рідину і лімфу. Нерозчинні частинці від 1,0 до 0,1 мкм потрапляють в альвеоли, осідають на стінках дихальних шляхів, поглинаються макрофагами і знешкоджуються, або проникають крізь біологічну оболонку і з потоком крові і лімфи розносяться в різні органи і тканини, утворюючи пилові скупчення в печінці, нирках та інших органах.

1.3 Висновки до розділу 1

1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. т, що на 6,2 тис. т менше, ніж у 2018 році. У 2019 році зменшились обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу і склали 101,9 кг, тоді як у 2018 році – 104,5 кг. В структурі викидів забруднюючих речовин основну частину складають діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом.

2. Протягом 2019 року перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі реєструвались в межах від 1,1 до 2,9 ГДК та обумовлювалось такими показниками: пил (32,7% від загальної кількості відхилень), фенол (34,6 %), сірководень (22,3 %), сірковуглець (7,1 %), азоту діоксид (3,3 %).

3. Серед районів м. Запоріжжя найбільше забруднення атмосфери у 2019 році зафіксовано у Вознесенівському (39% від загальної кількості перевищень) та Заводському (37,5%) районах. Нижче середньобагаторічного показника (17,3%) реєструвалося забруднення атмосфери в Дніпровському (15,2%), Шевченківському (6,3%) та Олександрівському (1%) районах

м. Запоріжжя. У Хортицькому та Комунарському районах перевищення не реєструвались.

2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Дослідження проводилися відповідно до міжнародної методології оцінки ризику для здоров'я населення від забруднювачів навколишнього середовища.

Повна або базова схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме [5]: ідентифікацію небезпеки; оцінку експозиції; характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»); характеристику ризику.

2.1 Ідентифікація небезпеки

Головним завданням цього етапу є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення [4].

Етап ідентифікації небезпеки передбачає [4]:

- виявлення всіх джерел забруднення навколишнього середовища та можливого їх впливу на людину;
- ідентифікацію всіх забруднюючих речовин;
- характеристику потенційних шкідливих ефектів хімічних речовин і оцінку наукової доведеності можливості розвитку цих ефектів у людини;
- виявлення пріоритетних для подальшого вивчення хімічних сполук;
- встановлення шкідливих ефектів, що викликаються пріоритетними речовинами при оцінюваних маршрутах впливу (включаючи пріоритетні забруднені середовища та шляхи надходження хімічних речовин в організм людини), тривалості експозиції (гострі, підгострі, хронічні, довічні) і шляхів їх надходження в організм людини (інгаляційне, пероральне, накожне).

На етапі ідентифікації небезпеки при виборі показників небезпеки, необхідних для вирішення конкретних завдань оцінки ризику, формується

попередній сценарій і визначаються попередні маршрути і шляхи впливу хімічних речовин, які в подальшому уточнюються на етапі оцінки експозиції.

Стандартними при оцінці ризику є сценарії для умов селітебної та промислової зон, сільської місцевості та ін. Можливі також більш складні сценарії, що включають ті чи інші елементи різних стандартних сценаріїв. Сценарій впливу, як правило, включає в себе кілька маршрутів і шляхів впливу.

Ідентифікація небезпеки являє собою процес встановлення причинного зв'язку між впливом хімічної речовини і розвитком несприятливих ефектів для здоров'я людини, що передбачає поглиблений аналіз всіх наявних наукових даних про:

- особливості поведінки хімічної речовини в навколишньому середовищі і впливу на організм людини;
- шкідливі ефекти у людини і / або тварин та залежності ефектів від шляхів надходження речовини в організм, рівнів і тривалості впливу;
- можливі механізми розвитку порушень стану здоров'я.

Ідентифікація небезпеки здійснюється як для вихідного з'єднання, так і для токсичних продуктів його перетворень у навколишньому середовищі та в організмі людини.

Джерелами даних про потенційну небезпеку хімічної речовини є: фізико-хімічні властивості хімічної речовини; результати епідеміологічних досліджень; повідомлення про порушення стану здоров'я осіб, що піддавалися шкідливому впливу; результати клінічних досліджень, експериментів на лабораторних тваринах, аналізу залежності «хімічна структура - біологічна активність» [4].

На етапі ідентифікації небезпеки слід [4]:

- провести аналіз наявності даних про референтні рівні при гострих та / або хронічних впливах хімічних речовин, що включені до попереднього переліку пріоритетних сполук;
- необхідно вказати ті критичні органи/системи і ефекти, які

відповідають встановленим референтним дозам/концентраціям;

- вказати наявні відомості про епідеміологічні критерії ризику аналізованих речовин.

При аналізі переліку потенційно пріоритетних речовин необхідно виділити групи речовин, які імовірно одночасно надходять в організм. Для таких хімічних сполук необхідно провести зіставлення критичних органів / систем та ефектів, а також на основі наявних літературних даних або аналогії зі структурно близькими речовинами спробувати припустити тип їх спільної (комбінованої та комплексної) дії. В якості консервативного підходу до оцінки комбінованої дії неканцерогенів використовується припущення про аддитивність дії речовин, що впливають на одні й ті ж органи або системи організму.

На етапі ідентифікації небезпеки рекомендується згрупувати речовини по їх шкідливим ефектам і/або критичним органам і системам: канцерогени; речовини, що впливають на печінку, нирки, органи дихання і т.д.

2.2 Оцінка залежності «доза – відповідь»

Оцінка залежності «доза-відповідь» – це процес кількісної характеристики токсикологічної інформації і встановлення зв'язку між впливаючою дозою (концентрацією) забруднюючої речовини і випадками шкідливих ефектів у популяції, що експонується.

Аналіз залежності «доза-відповідь» передбачає встановлення причинної обумовленості розвитку шкідливого ефекту при дії даної речовини, виявлення найменшої дози, що викликає розвиток спостережуваного ефекту, та визначення інтенсивності зростання ефекту при збільшенні дози.

Міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що [4]:

- канцерогенні ефекти при впливі хімічних канцерогенів, що володіють генотоксичною дією, можуть виникати при будь-якій дозі, що викликає

ініціювання пошкоджень генетичного матеріалу;

- для неканцерогенних речовин і канцерогенів з негенотоксичним механізмом дії передбачається існування порогових рівнів, нижче яких шкідливі ефекти не виникають.

Метою даного етапу є узагальнення та аналіз всіх наявних даних по гігієнічним нормативам, безпечним рівням впливу (референтних дозах і концентраціях), критичним органам/системам і шкідливим ефектам, а також оцінка застосовності цих даних для вирішення завдань, поставлених у проекті з оцінки ризику.

На даному етапі здійснюється спільний аналіз якісних даних про показники небезпеки аналізованої хімічної сполуки, отриманих в процесі ідентифікації небезпеки, і відомостей про кількісні параметри залежностей «концентрація (доза) – відповідь».

Оцінка ризику суто конкретна і оцінює ризик розвитку конкретних шкідливих ефектів та/або ступінь правдоподібності поразки певних органів і систем організму людини.

Орієнтуватися слід на той шкідливий ефект, який виникає при дії найменшої з ефективних доз (критичний ефект, критичні органи / системи). Такий підхід використовується при встановленні референтних рівнів впливу хімічних речовин. При цьому, однак, не слід ігнорувати й інші шкідливі ефекти, що виникають при дозах, які перевищують порогову.

Характеристиками залежності «доза-відповідь», які використовуються для оцінки канцерогенного ризику, а також ризиків для здоров'я при впливі деяких найбільш поширених хімічних забруднень є [4]: величина нахилу залежності, що відображає зростання ймовірності розвитку шкідливої реакції при збільшенні дози (концентрації) на 1 мг/кг або 1 мг/м³; рівень впливу, пов'язаний з певною ймовірністю ефекту (показники цієї групи застосовуються для встановлення реперних, тобто опорних доз і концентрацій).

Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів використовуються такі показники залежностей «доза – відповідь», як максимальна недіюча доза і мінімальна доза, що викликає пороговий ефект (для неканцерогенів і канцерогенів, що володіють негенотоксичним механізмом дії). Ці показники є основою для встановлення рівнів мінімального ризику - референтних доз (RfD) і концентрацій (RfC) хімічних речовин.

Основний параметр для оцінки канцерогенного ризику впливу канцерогенного агента з безпороговим механізмом дії – фактор канцерогенного потенціалу (CPF) або фактор нахилу (SF), що характеризує ступінь наростання канцерогенного ризику із збільшенням впливаючої дози на одну одиницю.

2.3 Оцінка експозиції

Оцінка експозиції є етапом оцінки ризику, в процесі якого встановлюється кількісне надходження агента (хімічного, фізичного, біологічного) в організм різними шляхами (інгаляційним, пероральним, шкірним) в результаті контакту з різними об'єктами навколишнього середовища (повітрям, водою, ґрунтом, продуктами харчування).

Оцінка експозиції полягає у вимірюванні або визначенні (якісному і кількісному) частоти, тривалості та шляхів впливу хімічних сполук, що знаходяться в навколишньому середовищі. Оцінка експозиції описує також природу впливу, розміри і характер експонованих популяцій.

Найбільш важливими кроками при оцінці експозиції є [4]: визначення маршрутів впливу; ідентифікація того середовища, яке переносить забруднюючу речовину; визначення концентрацій забруднюючої речовини;

- визначення часу, частоти і тривалості впливу; ідентифікація популяції, що піддається впливу.

На етапі оцінки експозиції проводиться остаточне уточнення сценарію

впливу, що характеризує шлях (рух) речовини від місця його утворення до точки впливу на людину. З урахуванням обраного сценарію здійснюється аналіз наявних даних про рівні впливу хімічних речовин на людину – концентраціях речовини у всіх середовищах в аналізованій точці впливу. Сценарій впливу складається виходячи з цілей проекту та концептуальної моделі досліджуваної території.

Повний сценарій експозиції, що відображає вплив на населення в реальних умовах, включає оцінку надходження хімічних речовин в організм людини одночасно з різних середовищ (атмосферне повітря, питна вода, вода поверхневого водоймища, ґрунт, продукти харчування) різними шляхами (пероральний, інгаляційний, накожний). Такий тип експозиції характеризується як багатосередовищний і комплексний вплив.

Залежно від мети проекту сценарій впливу може передбачати оцінку надходження хімічних речовин тільки з одного середовища (наприклад, атмосферного повітря) і одним шляхом (наприклад, інгаляційним). У деяких випадках сценарій впливу може обмежуватися оцінкою надходження шкідливих агентів від певних джерел викидів (наприклад, тільки стаціонарні джерела / промислові підприємства або автотранспорт).

У всіх випадках, з метою створення найбільш сприятливих умов для подальшого процесу управління ризиком, на стадії оцінки експозиції обов'язковим є виявлення [4]:

- конкретного місця контакту людини із шкідливим агентом;
- відносного внеску кожного специфічного джерела забруднення цим агентом у цьому місці;
- факторів навколишнього середовища, що впливають на характер впливу, що дозволяє забезпечити ефективні і раціональні заходи щодо зниження ризику.

Загалом на етапі оцінки експозиції проводиться аналіз [4]:

- джерел забруднення навколишнього середовища;
- механізмів утворення і надходження забруднювачів;

- транспорту, накопичення і трансформації хімічних речовин у різних об'єктах зовнішнього середовища;
- середовищ, що впливають на людину, і шляхів надходження хімічних речовин з кожного впливаючого середовища;
- концентрацій забруднюючих речовин або продуктів їх трансформації в різних середовищах в точці впливу на людину (місце його перебування);
- населення та його чутливих підгруп, потенційно схильних досліджуваному впливу.

Визначення експозиції є складовою частиною не тільки оцінки ризику, а й процесу управління ризиком, тому що дозволяє встановити [4]:

- розподіл концентрацій в часі і просторі в різних об'єктах навколишнього середовища;
- популяції або субпопуляції з високим і низьким ризиком;
- пріоритетні, ефективні та найбільш економічні програми і заходи щодо зниження ризику;
- внесок у рівні впливу від різних джерел забруднення;
- фактори, що впливають на попадання забруднювачів у навколишнє середовище, шляхи поширення шкідливих речовин і шляхи надходження в організм людини;
- відповідність заходів, що застосовуються для зниження забруднення, досягненню безпечних для здоров'я рівнів.

Процес оцінки експозиції зазвичай складається з трьох основних етапів.

Перший етап – характеристика навколишнього оточення, яка передбачає аналіз основних фізичних параметрів досліджуваної області та характеристику популяцій, потенційно схильних до впливу.

Другий етап – ідентифікація маршрутів впливу, джерел забруднення, потенційних шляхів поширення і точок впливу на людину.

Третій етап – кількісна характеристика експозиції передбачає встановлення та оцінку величини, частоти і тривалості впливів для кожного

аналізованого шляху, ідентифікованого на другому етапі. Найчастіше цей етап складається з двох стадій: оцінки впливаючих концентрацій і розрахунку надходження.

На першому етапі оцінки експозиції проводиться детальний опис фізичного середовища і деталізована історична характеристика досліджуваної території. Необхідні дані для аналізу повинні включати інформацію про [4]: топографію, гідрогеологію, рослинний і тваринний світ, земельні ресурси та їх використання, господарську діяльність людини.

Історичний огляд повинен містити відомості про сільськогосподарську, промислову і комерційну діяльність, характеристики селітебних зон.

Характеристика фізичного середовища включає в себе аналіз наступних властивостей і показників [4]: клімат (температурний режим, кількість опадів, відносна вологість, особливості топографії, висота місцевості, кількість днів зі стійким сніговим покривом, процес циркуляції повітряних мас і т.д.); метеоумови (наприклад, швидкість і напрям вітру, повторюваність штилів, туманів, приземних інверсій температури та ін.); геологічна будова; рослинність (наприклад, трав'яний покрив, деревна рослинність та ін.); тип ґрунту (наприклад, кислий, основний, органічний, піщаний і ін.); гідрологію підземних водних джерел (наприклад, глибина, напрямок і тип водного потоку); місця розташування і опис поверхневих водойм (наприклад, тип, швидкість течії води, солоність та ін.).

На підставі характеристик фізичного середовища досліджуваної області та аналізу історичних даних використання земельних ресурсів робиться попередній висновок про потенційні шляхи шкідливого впливу, маючи на увазі всі взаємодіючі середовища і фактори навколишнього середовища - ґрунт, підземні та поверхневі води, опади, повітряне середовище, біоту, а також можливий транспорт шкідливої речовини з одного середовища в інше.

Характеристика населення, потенційно схильного до впливу на досліджуваній території і поблизу від неї, передбачає аналіз місць

проживання (локалізація і відстань від джерела забруднення навколишнього середовища), видів діяльності, виявлення чутливих підгруп.

В аналіз слід включати всі групи популяції, потенційно схильних до дії досліджуваних факторів, навіть якщо вони проживають далеко від джерела забруднення (наприклад, населення, яке споживає забруднену водопровідну воду або продукти харчування, вирощені на забрудненому ґрунті). Крім того, в аналіз слід включати і населення, яке може піддаватися впливам в майбутньому, наприклад в результаті міграції хімічних речовин із забрудненої зони.

2.4 Характеристика ризику для здоров'я населення

Характеристика ризику інтегрує дані про небезпеку аналізованих хімічних речовин, величину експозиції, параметри залежності «доза-відповідь», отримані на всіх попередніх етапах досліджень, з метою кількісної та якісної оцінки ризику, виявлення та оцінки порівняльної значущості існуючих проблем для здоров'я населення.

На цьому етапі здійснюється розгляд всіх припущень, наукових гіпотез і невизначеностей, які здатні спотворити результати аналізу ризику і кінцеві висновки.

Характеристика ризику є сполучною ланкою між оцінкою ризику для здоров'я та управлінням ризиком.

Характеристика ризику здійснюється у відповідності з наступними етапами.

1. Узагальнення результатів оцінки експозиції і залежностей «доза (концентрація) – відповідь».
2. Розрахунок значень ризику для окремих маршрутів і шляхів надходження хімічних речовин.
3. Розрахунок ризиків для умов агрегованої (надходження однієї хімічної сполуки в організм людини всіма можливими шляхами з різних

об'єктів навколишнього середовища) і кумулятивної (одночасний вплив декількох хімічних речовин) експозиції.

4. Виявлення та аналіз невизначеностей оцінки ризику.

5. Узагальнення результатів оцінки ризику та представлення отриманих даних особам, що беруть участь в управлінні ризиками.

Провідними принципами характеристики ризику є [4]:

- інтеграція інформації, отриманої в процесі ідентифікації небезпеки, оцінки експозиції та залежності «доза – відповідь»;

- характеристика та обговорення факторів невизначеностей та варіабельності результатів;

- представлення інформації про характеристики ризику у зрозумілій і доказовій формі з вказівкою на достовірність та обмеження характеристик ризику.

У процесі характеристики ризиків використовується величина умовно прийнятого ризику – ймовірність настання події, негативні наслідки якої настільки незначні, що заради одержуваної вигоди від фактора ризику людина, або група людей, або суспільство в цілому готові піти на цей ризик.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюється або шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними рівнями впливу (індекс/коефіцієнт небезпеки), або на основі параметрів залежності «концентрація – відповідь», отриманих в епідеміологічних дослідженнях.

Характеристика ризику розвитку **неканцерогенних ефектів** для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ) за формулою:

$$HQ = \frac{AD}{RfC}, \quad (2.1)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м³;

RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг;

RfC – референтна (безпечна) концентрація, мг/м³.

Коефіцієнт небезпеки розраховується окремо для умов короткочасних (гострих), підгострих і тривалих впливів хімічних речовин. При цьому період усереднення експозицій та відповідних безпечних рівнів впливу повинен бути аналогічним.

Оцінка ризику для здоров'я населення від дії зважених частинь. Під зваженими частицями розуміється сума всіх індивідуальних твердих зважених речовин і аерозолів, що викидаються підприємством в атмосферне повітря після очищення відхідних газів та позначаються у світовій літературі як TSP. Зважені речовини (TSP) при оцінці ризику представлені безпосередньо як більш специфічні частинки діаметром 10 мікрон і менше (PM₁₀), а не як загальний обсяг TSP з урахуванням допущення, прийнятого в США, що $PM_{10} = 0,55 \cdot TSP$.

Забруднення повітря PM₁₀ характеризується середньорічною концентрацією суми цих частинок (вираженої в мг/м³ або в мкг/м³), вимірної в атмосферному повітрі в зоні дихання дорослої людини.

Індивідуальний коефіцієнт ризику (SF), що відображає число додаткових випадків смерті від вдихання суми зважених речовин PM₁₀ протягом усього життя із зростанням концентрації на кожні 10 мкг/м³, розраховується за формулою [4]:

$$SF = IRM \cdot 71,2 \cdot 365, \quad (2.2)$$

де IRM – передбачуваний рівень добової смертності в місті Запоріжжі, пов'язаної з впливом концентрації 10 мкг/м³ PM₁₀ щодня на все населення міста;

71,2 років – очікувана тривалість життя в місті Запоріжжі у обох статей у середньому в 2019 р. (середня тривалість життя чоловіків становить 65,9 років, а жінок – 76,43);

365 – число днів у році.

$$IRM = \frac{10585 \cdot 0,005}{365 \cdot N}, \quad (2.3)$$

де 10585 – число випадків смертей у місті Запоріжжя в 2019 р., виходячи з показника 14,2 осіб на 1000 чоловік населення;

0,005 – зростання добової смертності на кожні 10 мкг/м³ РМ₁₀;

365 – число днів у році;

N – чисельність населення, яка становить 745432 осіб в м. Запоріжжі у 2019 р.

Число додаткових випадків смерті в кожній рецепторній точці від концентрації РМ₁₀, зумовленої викидами досліджуваного підприємства, розраховується за формулою [4]:

$$AM = C \cdot SF \cdot N, \quad (2.4)$$

де C – концентрація РМ₁₀ в мкг/м³;

N – кількість населення, що проживає в рецепторній точці.

Класифікація рівнів неканцерогенних ризиків. На даному етапі доцільно при характеристиці ризику для здоров'я населення, обумовленої дією хімічних речовин, що забруднюють довкілля, орієнтуватися на систему критеріїв прийнятності ризику.

Різними авторами неоднозначно інтерпретуються рівні прийнятності неканцерогенних ризиків. З одного боку ситуація при $HQ > 1$ не обов'язково пов'язана з розвитком шкідливого ефекту: чим вище впливаюча доза і чим більше вона перевершує референтну, тим вище ймовірність появи шкідливих реакцій [4]. З іншого боку, ризик на рівні $HQ = 1$, не може прийматися як досить прийнятний [9].

У роботі [10] наводиться така градація кордонів розвитку неканцерогенних ефектів: надзвичайно високий (> 10); високий (5-10); середній (1-5); низький (0,1-1,0); мінімальний (менше 0,1).

На підставі перерахованих відомостей була сформульована характеристика рівнів ризику, яка представлена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Класифікація рівнів небезпеки неканцерогенних ризиків

Рівень небезпеки	Коефіцієнт/індекс небезпеки, (HQ/HI)	Характеристика рівня ризику
Мінімальний	$\leq 0,1$	ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній
Низький	0,1 - 1	ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим
Середній	1 - 5	існує ризик розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення (неприпустимий для населення, допустимий для виробничих умов)
Високий	5 - 10	існує ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частині населення
Надзвичайно високий	≥ 10	масові скарги, виникнення хронічних захворювань

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розглянуто методологію оцінки ризику для здоров'я населення, розроблену Агентством охорони навколишнього середовища США (EPA U.S.), а саме алгоритм проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів: ідентифікацію небезпеки, оцінку експозиції, характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»), характеристику ризику.

2. Розглянуті формули для розрахунків коефіцієнтів небезпеки та числа додаткових випадків смерті.

3. ОЦІНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ

3.1 Характеристика об'єкту дослідження

Місто Запоріжжя є одним з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. Воно розташоване на головній водотранспортній магістралі - річці Дніпро, у місці її перетинання транспортно-комунікаційними коридорами, що з'єднують південь України з центром Росії, Донбас із Криворіжжям і Закарпаттям. Населення - 745,432 тис. осіб на 2019 рік. Площа міста Запоріжжя становить 33 099 га. Більше 4 тис. га зайняті водними просторами (12,8 %), порядку 8 тис. га займають промислові, комунально-складські об'єкти, спецтериторії, 17,6 % міських земель використовується в сільському господарстві.

В Запорізькій області більше двох третин населення проживає в екологічно напружених умовах. Неприятливий вплив розмаїття техногенних чинників спричинює збільшення рівня смертності, інвалідності, захворюваності, зростання донозологічних станів, погіршення фізичного розвитку [11]. Пріоритетний внесок в формування стану навколишнього середовища Запорізької області здійснює промисловий комплекс м. Запоріжжя. На території міста функціонує більше 230 підприємств.

Якість навколишнього середовища, особливо повітряного басейну, визначається складною взаємодією цілої низки факторів. До найгостріших проблем відноситься забруднення повітряного басейну. За рівнем хімічного забруднення повітряного басейну Запорізька область відноситься до найбільш забруднених регіонів в Україні.

В області 73,4 % населення перебуває під шкідливим впливом атмосферних забруднень. За цим показником Запорізька область у 3,1 рази перевищує середньодержавний показник.

Основними причинами забруднення повітряного басейну є потужний промисловий комплекс та застарілі технології на підприємствах. Стан навколишнього середовища також визначається рівнем урбанізації. В Україні одним із великих промислових центрів є Запоріжжя. Його промисловий профіль сформовано підприємствами чорної та кольорової металургії. За обсягами викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря Запорізька область займає четверте місце. Її вклад у загальнодержавне забруднення від різних джерел складає 4,4-6,7 %.

Як об'єкт дослідження було вибрано Заводський та Вознесенівський райони.

Заводський район – адміністративний район міста Запоріжжя, утворений 23 травня 1969 року Указом Президії Верховної Ради УРСР шляхом виділення з території Орджонікідзевського району (нині – Вознесенського).

Назва походить від слова «завод», що вказує на основне джерело роботи мешканців району. Житлова частина району в повсякденному мовленні називається Павло-Кічкас. До району увійшли: житловий масив Павло-Кічкас, сел. Запоріжжя-Ліве, вул. Скворцова, сел. Підпорожнє. Площа району складає 56 км², на яких розташовано 155 вулиць та більше ніж 6,8 тис. будинків. Кількість населення району в 2017 році склала 55,5 тис. осіб, із яких 26,2 тис. чоловіків і 29,3 тис. жінок.

Межує із Дніпровським, Орджонікідзевським та Шевченківським районами [12-14].

Заводський район – індустріальний центр міста Запоріжжя і зона екологічного лиха. Район, зосередивши в собі значні промислові потенціали, опинився перед багатьма екологічними проблемами. Населення змушене жити в умовах подальшої деградації навколишнього середовища та погіршення здоров'я. Показником цього є у 1,5 разів більш висока, в порівнянні з ситуацією в цілому по місту, смертність мешканців району,

найбільш близько розміщеного до основного промислового майданчика міста.

Заводський район є частиною міста, промисловий майданчик якого складається з більш ніж 200 підприємств. Його галузева структура представлена підприємствами практично всіх галузей індустрії: чорної і кольорової металургії, авіаційної промисловості, машинобудування, легкої, харчової промисловості, виробництва будівельних матеріалів, поліграфії, а також великими хімічними виробництвами. Крім того, територією району проходить велика автотранспортна магістраль. Тому не дивно, що в атмосфері Заводського району виявлено більше 150 хімічних сполук. Багато з них є речовинами, що відносяться до 1-2 класів небезпеки. Заводський район являє потужний індустріальний комплекс, до складу якого входять 7 потужних підприємств металургії та оброблення металу, хімічної та легкої промисловості, машинобудування: ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь», ПАТ «Запоріжжкокс», ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Український графіт», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» [12-14].

Основними забруднювачами атмосферного повітря Заводського району є: зважені речовини, двоокис азоту, фенол, фтористий водень, сірководень, сірковуглець, сірчаний ангідрид, мідь та її сполуки, марганець та його сполуки, алюмінію оксид, хлор та його сполуки, акролеїн, ванадій, сірчана кислота, хром та бенз(а)пірен.

У Заводському районі, порівняно з іншими районами міста, вищий рівень захворюваності. На першому місці стоять гострі захворювання органів дихання різної етіології, з кожним роком за словами медиків збільшується кількість хронічних захворювань, хвороби крові і систем кровообігу, серцево-судинної системи, рухового апарату, імунної системи. Тому виникає потреба в проведенні досліджень у визначенні зон найбільшого техногенного навантаження підприємств підвищеної небезпеки на стан здоров'я населення.

Територія Заводського та Вознесенівського районів в м. Запоріжжі та ступінь їх забрудненості зображено на рис. 3.1.

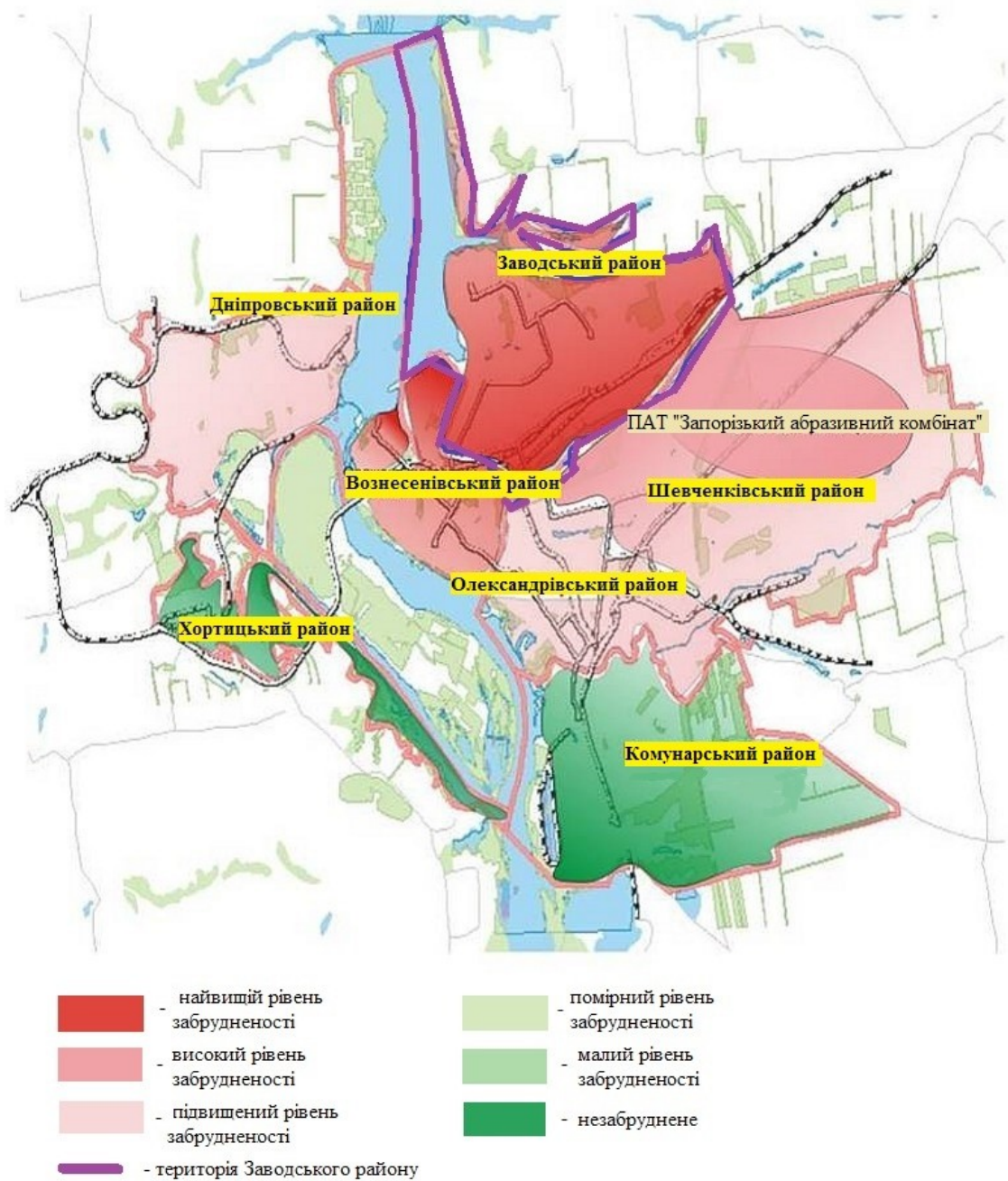


Рисунок 3.1 – Територія Заводського та Вознесенівського районів в м. Запоріжжя та ступінь його забрудненості

Вознесенівський район (до 2016 року - Орджонікідзевський) - адміністративний район міста Запоріжжя. Загальна площа району 50,78 км².

Район займає центральну частину міста. На його території знаходяться органи влади Запоріжжя, велика кількість підприємств (в тому числі розвинена мережа підприємств сфери обслуговування) і установ, а також великі житлові масиви.

Через територію району проходить інтенсивний рух транспорту в бік Комунарського, Шевченківського, Олександрівського, Дніпровського та Хортицького районів.

Район сформувався в післявоєнний час, рік заснування - 1939 г. Він розташований на території колишнього села Вознесенка, яка до Другої світової війни ділила місто на дві частини: Соцмістечко і Олександрівськ.

У 50-х роках 20 століття Орджонікідзевський район знайшов сучасну територію - на проміжку між площею Фестивальній і 12 квітня зводилися «сталінські будинки», вигляд яких пізніше визнали надмірністю в архітектурі. Саме тому решта міста був забудований «хрущовками».

На території району знаходиться 13 пам'яток містобудування та 25 пам'яток архітектури, в основному періоду 1950-х років (лише один пам'ятник кінця XIX в. - будинок земської школи с. Вознесенка). У Вознесенівському районі розташовано 5 парків і 10 скверів.

Район включає 50 промислових підприємств різних форм власності. Вознесенівський район належить до найбрудніших та найбільш загазованих районів міста Запоріжжя. На стан атмосферного повітря у даному районі дуже великий вплив завдають такі підприємства, як:

- ПрАТ «Укрграфіт» - провідний виробник вуглеграфітової продукції в Україні;

- ПАТ «Запоріжсталь» - одне з провідних підприємств металургійної галузі. Третій за масштабами виробник металопродукції в Україні;

- ПАТ «Дніпроспецсталь» - єдине підприємство в Україні, яке спеціалізується на випуску спецсталей: сортового прокату, сталі, що калібрується, а також підшипникової, безнікелевої, хромонікелевої;

- ПАТ «[Запорізький завод феросплавів](#)» - один з найбільших в Європі виробник феросплавів не тільки за обсягами виробництва, а й по продукції, що випускається номенклатурі сплавів. Частка виробництва підприємства в Україні становить 30-35%, в світовому обсязі феросплавів -1-2%;

- Запорізький титано-магнієвий комбінат - єдиний виробник титанової губки в Європі, а нова продукція - результат глибокої переробки титану, яка відкриває для підприємства нові ринки збуту в Європі та Азії. Титанові зливки, а також сляби (зливки прямокутного перерізу) широко застосовуються як конструкційний матеріал в атомній енергетиці, хімічному машинобудуванні, суднобудуванні та в багатьох інших промислових галузях;

- ПАТ «Запоріжвогнетрив» - одне з найбільших в Україні підприємств з випуску вогнетривких виробів і матеріалів високої якості, а за асортиментом продукції йому немає рівних у світі. «Запоріжвогнетрив» - це 200 тисяч тонн вогнетривів, 5 тисяч штук карбідкремнієвих електронагрівачів, 74 тисячі тонн неформованих матеріалів в рік.

3.2 Результати досліджень топографії, гідрогеології, рослинного і тваринного світу, клімату, метеопараметрів м. Запоріжжя

Згідно з вимогами, що пред'являються до процедури оцінки ризику на етапі ідентифікації небезпеки щодо характеристики просторового поширення забруднення та кількісної оцінки інгаляційного впливу викидів стаціонарних джерел Заводського району, була проведена загальна еколого-гігієнічна характеристика території, що базувалася на використанні алгоритму розробленого лабораторією гігієни атмосферного повітря та оцінок ризику ДУ «ІГМЕ ім. М.О. Марзєєва АМНУ» та складався з наступних параметрів: даних високої роздільної здатності Землі (ДЗЗ); характеристики землекористування; топографії (цифрова модель рельєфу); метеопараметрів; характеристики стаціонарних джерел викидів; оцінки токсичності викидів; характеристики населення.

Завдяки збору та обробці цих даних був модифікований етап оцінки експозиції, який є невід'ємною складовою процедури оцінки ризику для здоров'я населення в будь-якому досліджуваному регіоні.

Складність проведення таких робіт в Україні за наявності великої кількості даних полягає в адаптуванні та препроцесінгу наявної метеорологічної, топографічної та демографічної інформації до формату баз даних, що сумісні з програмами розрахунку усереднених рівнів експозиції та створення самих баз даних для розрахунків.

Для оцінки характеристики землекористування дуже широко використовують дані високої роздільної здатності (космічні знімки), які дозволяють детально оцінити територію дослідження з урахуванням житлової та промислової забудови, гідрографії, рослинності та спроектувати якомога точнішу модель рельєфу.

Використання супутникових зображень, доповнених наземними контрольними даними, забезпечують прекрасну базу для абсолютного позиціонування та картографії. Карти, які створені з використанням зображень високої роздільної здатності, дозволяють визначати різні наземні географічні об'єкти та забезпечують високу деталізацію об'єктів дослідження. Але основна перевага таких космічних зображень полягає у сумісництві з геоінформаційними системами (ГІС) та картографічними форматами даних, що дозволяє не тільки визначити необхідні для наукових досліджень характеристики землекористування, а й деталізувати дані щодо розташування промислових об'єктів, джерел забруднення, сельбищної та рекреаційної зон та ін.

На рис. 3.2 представлено результати проведеної класифікації землекористування території вивчення м. Запоріжжя. Як видно з рис. 3.2, промислова зона у м. Запоріжжя зосереджена у центрі та граничить з житловою забудовою, де проживає найбільша кількість населення, що прямим чином підпадає під експозицію промислових підприємств.



промислова забудова



житлова забудова



гідрографія



рослинність

Рисунок 3.2 – Результати опрацювання даних використання земельних ресурсів у м. Запоріжжі

Особливості метеорологічних умов є одним з визначальних чинників, який має вплив на просторове та часове розповсюдження забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря.

Варіації ключових метеорологічних параметрів (тиск, хмарність, атмосферна вологість, температура, швидкість та напрямок вітру, хмарність, сонячна радіація та ін.) впливають на формування специфічних стійких на певному часовому проміжку станів атмосфери (класів стабільності), які і визначають рівні концентрацій забруднюючих речовин та їх часово-просторовий розподіл.

Можливість найгіршого варіанту розвитку ситуації складається тоді, коли високі концентрації викидів припадають на маловітряний період, який характеризується класами стабільності атмосфери F та E. Періоди сильних вітрів, клас D, сприяють активній дисперсії та поширенню забруднюючих речовин на значні відстані, що значно збільшують турбулентність атмосфери, а це обумовлює зменшення концентрації забруднюючих речовин [15].

Запоріжжя розташоване в континентальній зоні зі спекотним літом і помірно холодною зимою.

Клімат – атлантично-континентальний, з вираженими в літній період посушливими суховійними явищами, що проявляються в окремі роки з особливою інтенсивністю. Літо тепле, звичайно починається в перших числах травня і продовжується до початку жовтня, охоплюючи період біля п'яти місяців. Зима помірно м'яка, часто спостерігається відсутність стійкого сніжного покриву. У середньому, висота сніжного покриву становить 14 см, найбільша - 35 см. Середня річна температура + 9,0 °С, середня температура в липні + 22,8 °С, а в січні - 4,9 °С. Середня глибина промерзання ґрунту - 0,8 метрів, максимальна - близько 1,0 метра [11].

За умовами забезпеченості вологою територія міста відноситься до посушливої зони. Середньорічна кількість опадів становить 443 мм, а випаровування з поверхні суходолу – 480 мм, з водної поверхні – 850 мм. При цьому влітку часто спостерігаються зливи, що сильно розмивають поверхню ґрунту. Відносна вологість повітря о 13 годині становить 60 %, найменша – 40 % - спостерігається в липні-серпні.

Переважними напрямками вітру в теплий період є північний і північно-східний, у холодний період - північно-східний і східний. Середня швидкість вітру становить 3,8 м/сек, посилюючись до 4,2 м/сек на околиці міста. Максимальна швидкість вітру, до 28 м/сек, спостерігається один раз на 15-20 років. Щорічно, у середньому, місто вкрито туманом 45 днів на рік. Найбільше число туманів - 60 на рік.

Метеорологічні стани атмосфери прийнято класифікувати відповідно до їх можливості сприяти розсіюванню та перенесенню забруднюючих речовин. Визначальними характеристиками цих класів є такі параметри як, швидкість вітру, рівень сонячної інсоляції, хмарність та ін. В моделях, рекомендованих U.S. EPA стабільність атмосфери характеризується класами стабільності атмосфери Паскуїлла-Гіффорда-Тернера. Дана класифікація представлена 6-ма категоріями стабільності атмосфери від А до F (табл. 3.1).

У м. Запоріжжя протягом 2017-2019 років домінуючим класом стабільності атмосфери був нейтральний клас (D – 29,8 %) (рис. 3.3). Однак, досить значним є показник перебування атмосфери в помірному класі (E – 26,5 %). Найменше часу атмосфера перебувала в максимально нестабільному (A – 2 %) та середньонестабільному (B – 9,0 %) станах.

Можливість найгіршого варіанту розвитку ситуації складається тоді, коли високі концентрації викидів припадають на маловітряний період, який характеризується класами стабільності атмосфери E та F (26,5 % та 15,2 % відповідно).

Періоди сильних вітрів, клас D (29,8 %) протягом року сприяють активній дисперсії та поширенню забруднюючих речовин на значні відстані.

Оскільки, на території м. Запоріжжя у 2017-2019 роках переважаючими були вітри південного, південно-східного та західного напрямків, то у поєднанні з нейтральним класом стабільності атмосфери D, забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів активно поширювалися у відповідних напрямках.

Рельєф території міста Запоріжжя – рівнина, розмежована річками і балками. Схили поверхні спрямовані у бік рік і водойм. У геологічній будові ділянки до глибини 15-20 м беруть участь четвертинні та неогенові відкладення (суглинки, супіски, піски, глини).

Абсолютні висотні відмітки рельєфу для досліджуваної території коливаються в межах від 48 м до 105 м над рівнем моря у розрізі захід-схід та у діапазоні від 48 м до 87 м у розрізі північ-південь.

Таблиця 3.1 – Класи/категорії стабільності атмосфери

Категорія стабільності	Клас	Природні стани	Найбільш схожий період дня	Найбільш схожа пора року
A	максимально нестабільний	сильна температурна нестабільність, яскраве сонце	від пізнього ранку до півдня	весна-літо
B	середньо нестабільний	перехідні періоди, спокійне перемішування	денні переходи	протягом року
C	помірно нестабільний	перехідні періоди, незначне перемішування	денні переходи	протягом року
D	Нейтральний	сильний вітер, суцільна хмарність, переходи день-ніч	денна та нічна хмарність, сильний вітер, світанок та захід	протягом року
E	помірно стабільний	перехідні періоди, нічні помірні вітри	нічні переходи	протягом року
F	середньо стабільний	чисте небо опівночі, дуже обмежене вертикальне перемішування	ніч з чистим небом, слабкий вітер	протягом року

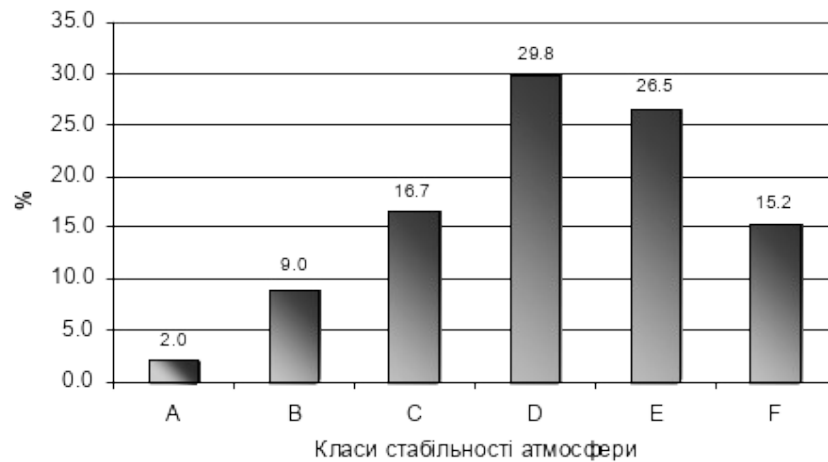


Рисунок 3.3 – Класи стабільності атмосфери для м. Запоріжжя

Забудова міста представлена компактною відкритою структурою і розташована на обох берегах р. Дніпро. Лівобережна частина - лінійна і дуже неоднорідна по функціональному зонуванию. Селітебні території, що розчленовуються транспортними і комунікаційними коридорами, витягнуті уздовж берегів і безпосередньо примикають до промислових територій. У результаті значна частина житлової забудови (до 70 %) знаходиться в зонах впливу промислових підприємств. Правобережна частина міста більш компактна й однорідна по функціональному зонуванию. Особливістю міста Запоріжжя є те, що в ньому зосереджено близько 65% продуктивних потужностей області і близько 43 % населення області.

Отримані результати досліджень є необхідними для розрахунку та оцінки специфіки поширення пріоритетних забруднюючих речовин на досліджуваній території.

3.3 Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів від стаціонарних джерел

Характеристика сценарію і маршруту впливу забруднюючих речовин, обраних для умов Заводського та Вознесенівського районів, представлена в

табл. 3.2. Пріоритетний шлях надходження забруднюючих речовин в організм людини є інгаляційний шлях, аналізованим середовищем визначено – атмосферне повітря.

Таблиця 3.2 – Сценарій і маршрут впливу забруднюючих речовин

Складова частина експозиції	Характеристика експозиції			
Фактор негативного впливу	викиди підприємств в атмосферне повітря від стаціонарних організованих джерел			
Шлях впливу	інгаляційний			
Сценарій впливу	селітебна зона			
Тип впливу за часом контакту	гострий	хронічний (70 років)		
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)	≤ 6	6-18	18≥

Як джерела забруднення обрано такі об'єкти: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Український графіт», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Основними джерелами інформації відносно промислових викидів, зазначених підприємств були: перелік викидів за поточний рік на основі звітів державної статистичного спостереження про охорону атмосферного повітря за формою 2-ТП (повітря).

На даному етапі було проведено аналіз наявності даних відносно референтних рівнів при гострих та хронічних впливах пилу та вказані ті критичні органи/системи та ефекти, які відповідають встановленим референтним дозам/концентраціям (табл. 3.3). В результаті аналізу використовувалися наступні банки даних IRIS (Інтегрована інформаційна система по ризикам), RTECS (Реєстр токсичних ефектів хімічних сполук Національного Інституту професійної безпеки та здоров'я США), NAAQS (американські національні стандарти якості атмосферного повітря), CalEPA (Каліфорнійське Агентство з охорони довкілля), EPA (публікації Агентства США з охорони довкілля), WHO (Всесвітня організація охорони здоров'я),

NCEA (Національний центр оцінки довкілля) та OSHA (Агентство професійної безпеки та здоров'я США).

Таблиця 3.3 – Параметри токсичності зважених речовин від стаціонарних джерел

Назва речовини	CAS	ГДК _{м.р.} , мг/м ³	ГДК _{с.д.} , мг/м ³	КН	RfC, мг/м ³ , вплив на органи і системи*	ARfC, мг/м ³ , вплив на органи і системи*
Зважені речовини	-	0,5	0,15	3	0,075, ОД, ССС, ВДР, смерть	0,3, ОД
Зважені речовини, розміром не менш 10 мкм	-	-	-	-	0,05, ОД, ССС, ВДР, смерть	0,15, ОД

Що стосується направленості дії та впливу пилу на здоров'я населення (органи та системи), то можна зазначити, що пил викликає широкий спектр порушень стану здоров'я людини, які можна розглядати як різні форми прояву токсичних ефектів, які реєструються на молекулярному, клітинному, тканинному, популяційному рівнях. Постійний тиск забрудненого повітря на здоров'я населення впливає на показники захворюваності та смертності. В першу чергу – це збільшення хронічних захворювань органів дихання, серцево-судинних захворювань [16, 17].

Зважені речовини з розмірами менше 10 мкм наносять значні незворотні збитки у вигляді скорочення тривалості життя за рахунок додаткових випадків смерті. Вплив PM₁₀ за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6% на кожні 10мкг/м³, а при збільшенні середньодобової концентрації PM₁₀ на 10 мкг/м³, частота патологічних симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4% [17].

3.4 Результати етапу оцінки експозиції пріоритетних забруднюючих речовин

При визначенні експозиції з метою оцінки ризику для здоров'я населення, обумовленого техногенним забрудненням атмосферного повітря, найактуальнішим питанням було визначення експонованої популяції. Необхідно було встановити чисельність населення, на яке впливають шкідливі чинники такого забруднення. При цьому потрібно враховувати, як щільність населення в рецепторних точках, так і географію розташування джерел забруднення, аби популяція в рецепторній точці підпадала під порівняно однакову (в якісному і кількісному відношенні) дію шкідливих чинників забруднення атмосферного повітря в зонах проживання населення.

По план-схемах основних промислових майданчиків 7 підприємств м. Запоріжжя (рис. 3.4) було уточнено положення стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин. План-схеми було отримано з матеріалів проведених інвентаризацій в останні роки.



Рисунок 3.4 – Геокодування джерел викидів

Статистика населення в місті Запоріжжі та в Заводському та Вознесенівському районах за 2019 р. представлена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Статистика населення в місті Запоріжжі та в Заводському і Вознесенівському районах

Роки	Чисельність м. Запоріжжя, тис. осіб	Чисельність Вознесенівського району, тис. осіб	Чисельність Заводського району, тис. осіб
2019	745432	101,5	55,5

Для дослідження були вибрані вулиці, які наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Досліджувані вулиці Заводського та Вознесенівського районів м. Запоріжжя

№	Вулиці Вознесенівського району	Вулиці Заводського району
1	Антенна	Фінальна
2	Рекордна	Фундаментальна
3	Яценка	Морфлотська
4	Гагаріна	Зразкова
5	Незалежної України	Билкіна
6	бул. Центральний	Електрична
7	Волгоградська	Вогнетривка
8	Адмірала Нахімова	-
9	Матросова	-
10	Сєдова	-
11	Я. Новицького	-
12	пр. Соборний	-
13	бул. Шевченко	-
14	Лермонтова	-

Продовження таблиці 3.5

№	Вулиці Вознесенівського району	Вулиці Заводського району
15	Сталеварів	-
16	Патріотична	-
17	пр. Маяковського	-
18	Єнісейська	-

Усереднені рівні добових і річних концентрацій зважених часток пилу за 2019 р., які формують експозиційні навантаження на здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів м. Запоріжжя, представлені в додатку А (табл. А.1, А.2).

3.5 Результати етапу оцінки залежності «доза-відповідь» пріоритетних забруднюючих речовин

ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» у Запорізькій області щотижнево надає дані моніторингу якості атмосферного повітря у місцях проживання, на автомагістралях та в зоні впливу промислових підприємств.

Перевищення ГДК зважених речовин по Заводському та Вознесенівському районах за 2019 рік представлено в додатку Б (табл. Б.1, Б.2).

Вплив викидів зважених речовин на здоров'я населення представлено в табл. 3.6.

3.6 Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення

На основі розрахованих рівнів експозиції були встановлені характеристики ризику для Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря зваженими речовинами, обумовлені викидами підприємств, які включали [18, 19]:

- неканцерогенні ризики (коефіцієнти небезпеки для зважених часток пилу (HQ));
- число додаткових випадків смерті (AM) при хронічній інгаляційній дії зважених частинок діаметром < 10 мкм (PM₁₀).

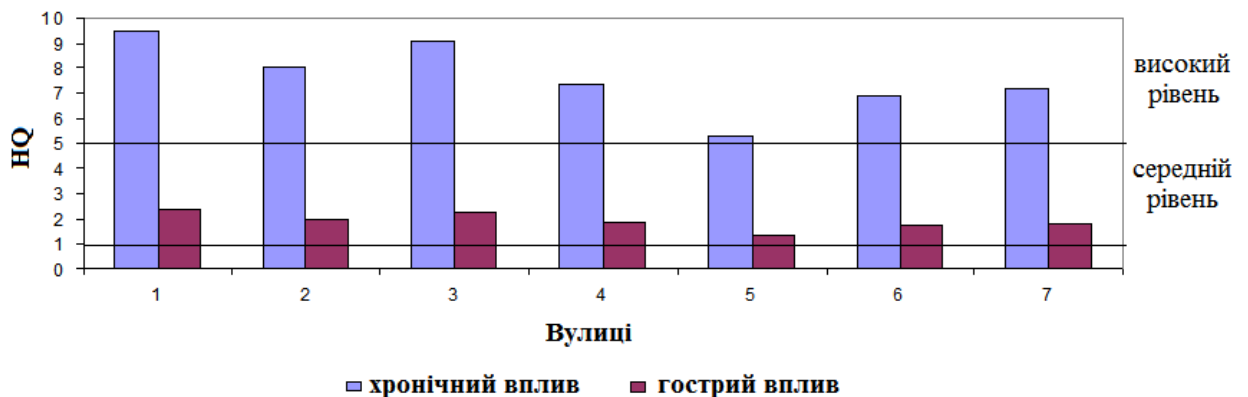
Таблиця 3.6 – Вплив викидів зважених речовин на здоров'я населення

Забруднююча речовина	Негативні наслідки для здоров'я населення
Зважені речовини	Загальна смертність. Смертність від серцево-судинних захворювань, від захворювань органів дихання. Число дітей і підлітків, що страждають бронхітом (вік менше 18 років). Частота симптомів з боку верхніх відділів дихальних шляхів, з боку нижніх відділів дихальних шляхів. Частота кашлю та загострення бронхіальної астми

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при хронічному та гострому впливах на досліджуваних вулицях Заводського та Вознесенівського районів за 2019 р. свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) у деяких місцях заміру рецепторних точок та представлені в дод. В (табл. В.1-В.3).

Коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин на досліджуваних вулицях Заводського району при хронічному та гострому впливах представлено на рис. 3.5 [18, 19].

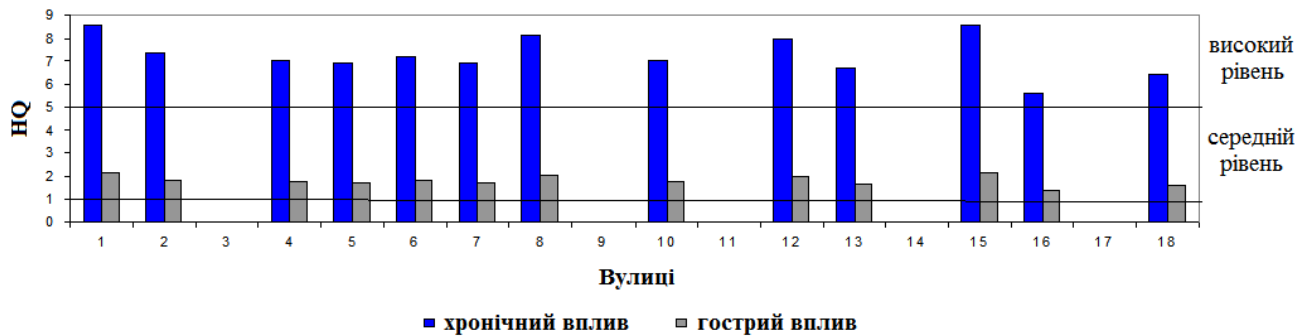
Коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при хронічному та гострому впливах представлено на рис. 3.6 [18, 19].



1 – Фінальна; 2 – Фундаментальна; 3 – Морфлотська; 4 – Зразкова; 5 –

Билкіна; 6 – Електрична; 7 – Вогнетривка

Рисунок 3.5 – Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин від промислових підприємств на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 рік



1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка; 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Рисунок 3.6 – Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин від промислових підприємств на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік

Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при довічному інгаляційному впливі на всіх вулицях Заводського ($HQ = 5,33 \div 9,47$) та Вознесенівського ($HQ = 5,6 \div 8,53$) районів, та на середньому рівні – при гострому впливі на всіх вулицях Заводського ($HQ = 1,33 \div 2,37$) та Вознесенівського ($HQ = 1,4 \div 2,13$) районів [18, 19].

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин в середньому по

районах свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів (рис. 3.7).

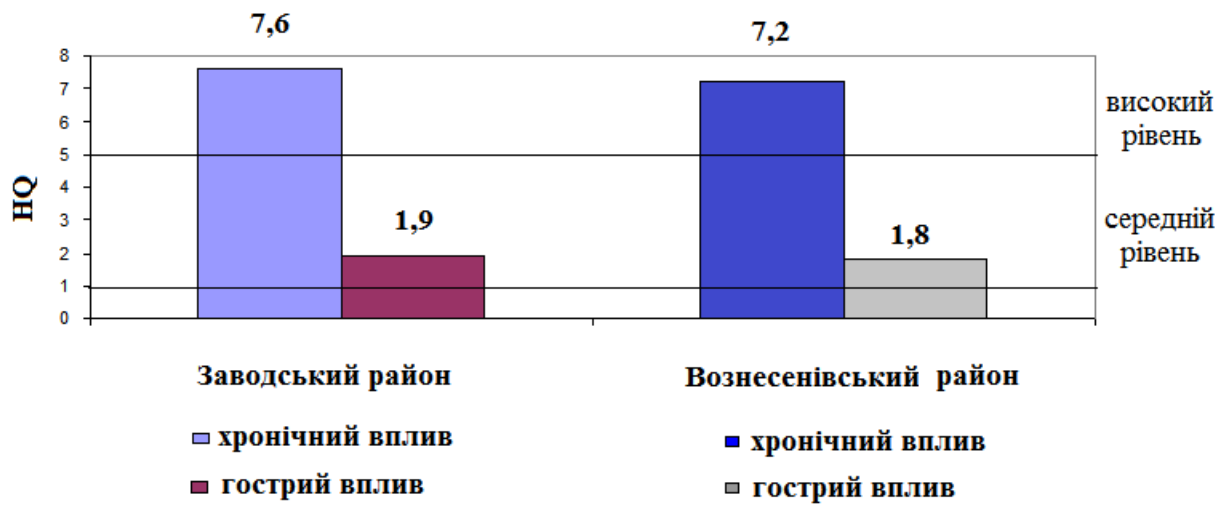


Рисунок 3.7 – Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин в Заводському та Вознесенівському районах за 2019 р.

Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при хронічному інгаляційному впливі в Заводському (HQ = 7,6) та Вознесенівському (HQ = 7,2) районах, при гострому впливі – на середньому рівні в Заводському (HQ = 1,9) та Вознесенівському (HQ = 1,8) районах.

Розрахунки додаткових випадків смерті від дії зважених часток представлені в додатку В (табл. В.4, В.5) та на рис. 3.8, і складають 86,03 в 2019 році на все населення Заводського району, або 15,5 на 10 000 населення, 152,25 на все населення Вознесенівського району, або 15 на 10 000 населення [18, 19].

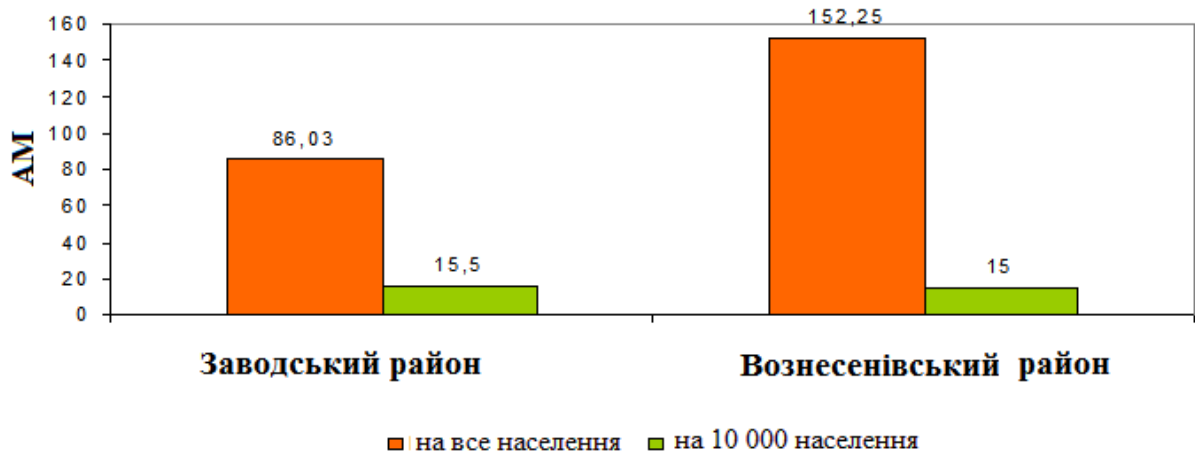


Рисунок 3.8 – Додаткові випадки смерті від дії зважених часток в Заводському та Вознесенівському районах за 2019 р.

3.7 Висновки до розділу 3

1. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень на всіх вулицях Заводського та Вознесенівського районів та знаходяться на високому рівні при довічному інгаляційному впливі, на середньому рівні – при гострому впливі.

2. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень в Заводському та Вознесенівському районах та знаходяться на високому рівні при хронічному інгаляційному впливі, на середньому рівні – при гострому впливі.

3. Розрахунки додаткових випадків смерті від дії зважених часток складають 86,03 в 2018 році на все населення Заводського району, або 15,5 на 10 000 населення, 152,25 на все населення Вознесенівського району, або 15 на 10 000 населення.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ГАЗІВ ВІД ПИЛУ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Екологічна оцінка підприємств металургійного комплексу

Металургія – це галузі науки і промисловості тісно пов'язані між собою для первинного отримання металу. На практиці це вирішується за допомогою спеціальних технологічних операцій і прийомів, які забезпечують відокремлення компонентів порожньої породи від цінних складових сировини. Це, насамперед, доменний процес (виробництва чавуну), конверторний, бесемерівський, томасівський та мартенівський процеси (виробництво сталі).

Україна відзначається дуже великими родовищами якісної залізовмісної руди (27,4 млрд. т.); з урахованих 83-х родовищ 60 розташовано у Криворізькому басейні (18,7 млрд. т.), друге місце за запасами займає Кременчуцький басейн (4,5 млрд. т.). великі запаси сировини для чорної металургії містяться в Білозерському залізорудному районі Запорізької області (1,5 млрд. т.).

Слід відмітити, що паливо доменної печі є не лише джерелом тепла, але й реагентом, який забезпечує відновлення заліза з руди та утворення чавуну.

Основні вимоги до палива: висока теплотворна здатність, малий вміст золи та вологи, чистота за вмістом шкідливих домішок, висока механічна міцність, пористість для забезпечення інтенсивного горіння. Воно повинно бути недефіцитним і недорогим.

Головними видами палива є кам'яновугільний кокс та природний газ. Окрім цього, потрібні флюси, вода, повітря, вогнетривкі та формувальні матеріали; особливе місце займають руди.

Важливо проаналізувати склад і властивості природних ресурсів для металургійного виробництва, необхідні їх витрати для реальної оцінки

впливу його на довкілля.

Підприємства металургії є найбільшими забруднювачами атмосферного повітря, таких великих міст та промислових центрів України, як Алчевськ, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Кривий Ріг, Маріуполь та ін.

До підприємств металургії належать: агломераційне виробництво, обпалювання окатишів, доменне виробництво, мартенівське виробництво сталі, конвертерне виробництво сталі, електросталеплавильне виробництво, виробництво феросплавів, прокатне виробництво, виробництво вогнетривів, виробництво вапна, ливарне виробництво [20].

Основними джерелами утворення викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин є наступні технологічні процеси: підготовки сировини (збагачення, агломерація), виробництво коксу, доменне виробництво, виробництво сталі, виробництво прокату. Частка неорганізованих викидів в загальному об'ємі викидів підприємств досягає 10-26 %.

Таким чином, джерелами хімічного забруднення атмосфери є коксохімічне, агломераційне, сталеплавильне виробництва.

Коксохімічне виробництво викидає в атмосферу велику кількість пилу. Наприклад, при виробництві коксу на 1 тонну переробленого вугілля виділяється близько 3 кг вугільного пилу. Велика кількість пилу виділяється при розвантаженні вугілля, в середньому 0,005 % від маси розвантаженого вугілля.

Джерелами забруднення повітряного басейну на аглофабриках є агломераційні стрічки, барабанні та чашеві охолоджувачі агломерату, випалювальні печі, вузли пересипки, транспортування, сортування агломерату та інших компонентів, що входять до складу шихти. Кількість агломераційних газів – 2,5-4,0 тис. м³ на 1 тонну отриманого агломерату з вмістом в них пилу від 5 г/м³ до 10 г/м³. До складу газів входять оксиди сірки та вуглецю, а пил містить залізо і його оксиди, а також оксиди марганцю,

магнію, фосфору, кальцію, іноді частинки титану, міді, свинцю, нікелю, хрому, кадмію [21].

В доменному виробництві мають місце викиди в атмосферу продуктів згоряння з доменної печі (колошникових газів) у процесах завантаження шихти, випуску чавуну, охолодження шлаку. Колошниковий газ містить: пил – до 30 г/м^3 , CO – 23-40 %, CO₂ – 15-22 %, H₂ – 1,5-6 %, залишки SO₂, H₂S [21]. Чавуноплавильні агрегати є одним з основних джерел забруднення атмосфери. В ливарному виробництві повітря забруднюється, головним чином, пилом, окисом вуглецю та сірчаним ангідридом. Джерелами інтенсивного пилоутворення є обладнання: решітки, барабани, дробилки, сита. Встановлено, що ливарний цех з річною програмою 100 тис. т, обладнаний пилоуловлювачами з ефективністю очистки 70-80 %, викидає в навколишній повітряний басейн до 1000 т пилу щорічно.

Виробництво сталі супроводжується виділенням в атмосферу значної кількості газів та пилу. Виплавка однієї тони сталі пов'язана з викидами в атмосферу 0,04 тонн твердих часток, 0,03 тонни діоксиду сірки, близько 0,05 тонни оксиду вуглецю. Пил містить сполуки марганцю, заліза, міді, цинку, кадмію, свинцю та інших сполук. При виплавці високо- та складнолегованих сталей в пил, крім оксидів заліза, потрапляють і діоксиди кремнію, сполуки сірки, фосфору, оксиди ванадію, сполуки хрому, нікелю, молібдену, селену, телуру, свинцю, цинку, кадмію та ін. Кількість газів, що утворюються, і вміст в них твердих часток залежить від способу виробництва сталі, використання кисневого дуття та інших факторів [22].

З усіх пилогазових викидів із сталеплавильних агрегатів найбільша кількість припадає на мартенівські печі: 90 % оксидів сірки, 85 % оксидів азоту та 75 % пилу [23].

При опаленні мартенівських печей природним газом утворюється від $1000 \text{ м}^3/\text{год}$ до $4000 \text{ м}^3/\text{год}$ газу з температурою 700-800°C, який містить оксид та діоксид вуглецю, оксиди азоту та сірки, кисень, водень, азот, водяну пару та деякі інші речовини.

Окрім газоподібних домішок, газ, що виділяється, містить значні кількості пилу – до 15 г/м^3 . Мартенівський пил складається в основному з оксидів заліза (близько 88 %). Крім цього, в ньому містяться оксиди алюмінію, марганцю та інших речовин, що входять до складу шихти; оксиди заліза надають газу коричневого кольору.

Виділений з мартенівської печі газ підлягає обов'язковій очистці за допомогою електрофільтрів, скрубєрів Вентурі, тканинних фільтрів. В процесі очистки газів утворюються стічні води, які містять до 80 % часток пилу розміром від 0,1 мм до 0,07 мм та до 20 % часток розміром від 0,07 мм до 0,01 мм. На 93 % завислі тверді частки складаються з оксидів заліза [24].

Залізовмісні шлами та пил після пилогазоочисних пристроїв використовуються як домішки в агломераційну шихту та при виробництві будівельних матеріалів.

Для зменшення кількості шкідливих викидів у сталеплавильному виробництві здійснюється механізація ручних робіт (завантаження шихти та інших матеріалів, прибирання шлаків та сміття, ломка зношеної футерівки основних агрегатів, прибирання відходів тощо).

Для зменшення шкідливих викидів при розливанні сталі під шлаком слід прагнути до: зниження інтенсивності фтористих виділень, що досягається зменшенням вмісту фтористих компонентів; підвищення основності шлаку; використання силікокальцію та порошоків алюмомагнію замість алюмінію, марганцевої руди замість натрієвої селітри; зниження вологості домішок; використання мало фосфористих шлакоутворюючих брикетів.

Велике значення має перехід на випарювальне охолодження сталеплавильних агрегатів (заміна в охолоджувальних системах холодної води на киплячу), що дозволяє зменшити витрати води на охолодження більше ніж у 60 разів [25].

Забруднення навколишнього середовища навколо підприємств чорної металургії в залежності від переважного напрямку вітрів відчувається в радіусі 20-50 км. На 1 км^2 цієї території на добу випадає 5-15 кг пилу [24].

Шламопилові відходи характерні практично для всіх стадій металургійного виробництва. Зараз в нашій країні щорічно утворюється близько 80 млн. т доменних, сталеплавильних та феросплавних шлаків, також 1 млн. т шламів, 110 тис. т пилу. Шлам містить велику кількість заліза (майже 50 %) [25].

При виробництві сталі шлаків утворюється у два рази менше, ніж у доменному виробництві. Їх вихід на рік складає 25 млн. т, з них 66,5 % мартенівські шлаки, 30 % – конверторні та 3,1 % – електросталеплавильні. До 1975 р. основна маса шлаків (близько 87,6%) направлялися на звалища [20].

Доменні, феросплавні, мартенівські шлаки містять значні кількості сполук фосфору та оксиду кальцію, а також інші елементи, що використовуються як добрива в сільському господарстві.

Для зменшення антропогенного впливу чавунного виробництва на навколишнє середовище потрібне вдосконалення виробничого процесу. Оскільки чавун виробляється для перетворення в сталь (окрім ливарного), необхідно перебудувати процес так, щоб створити пряме відновлення заліза з руди для сталевого виробництва, минаючи чавунне виробництво. Окрім цього, доцільними є заміна застарілих очисних споруд на нові, очищення газів, стічних вод, зменшення кількості брухту та шлаку, а також розробка заходів щодо вторинного їх використання.

Все вищевикладене обумовлює необхідність пріоритезації хімічних забруднювачів довкілля з позицій гігієнічного регламентування поллютантів, як основних чинників формування ризику захворюваності та смертності населення, що впливають на зниження якості життя жителів м. Запоріжжя. Це стає можливим завдяки використанню методології оцінки ризику.

4.2 Захист атмосфери від шкідливих викидів сталеплавильного виробництва

Сучасні способи виробництва сталі розрізняються за використанням джерел енергії, звідси, безумовно, різний їх вплив на довкілля. Найбільш

розповсюджені такі способи виробництва сталі: мартенівський та киснево-конверторний.

Джерелом тепла для мартенівської печі є паливо, що згоряє в просторі над розплавленим металом.

Киснево-конверторний процес – один з видів переробки рідкого чавуну в сталь без використання палива шляхом продувки в конверторі технічно чистим киснем.

4.2.1 Мартенівське виробництво сталі

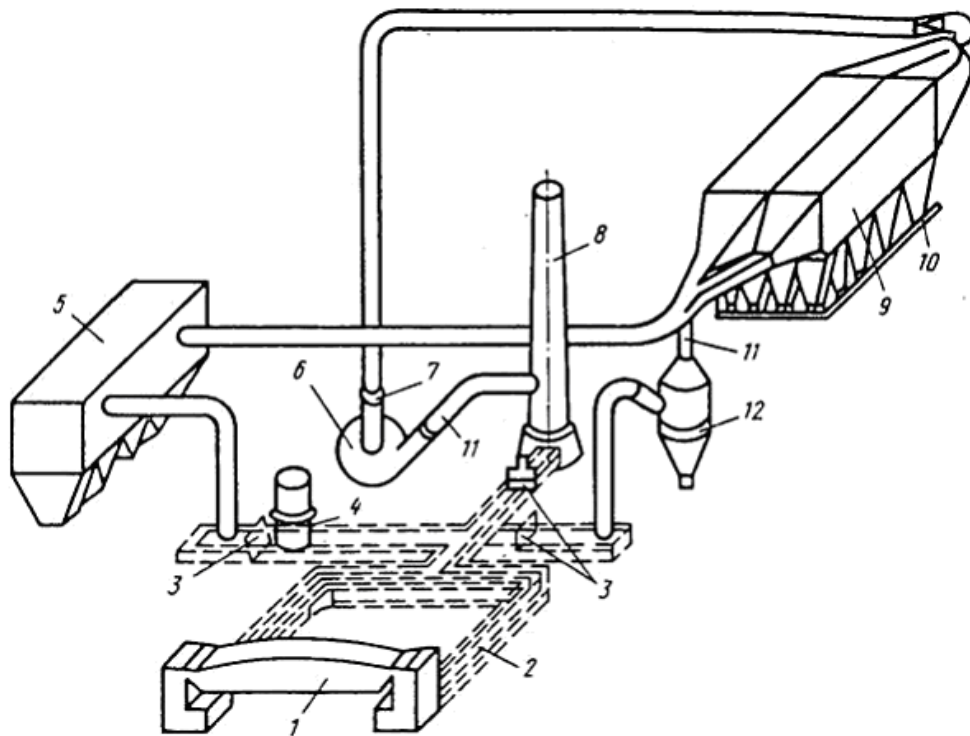
З усіх пилогазових викидів із сталеплавильних агрегатів найбільша кількість припадає на мартенівські печі: 90% оксидів сірки, 85% оксидів азоту та 75% пилу. На одну тонну садки в мартенівських печах при опаленні їх природним газом утворюється від 1000 до 4000 м³/год газу, який має на виході з печі температуру 700-800°C. Хімічний склад газу залежить від виду використаного палива, складу шихти та технології плавки. В ньому містяться оксид та діоксид вуглецю, оксиди азоту та сірки, кисень, водень, азот, водяна пара та деякі інші речовини. Кількість оксидів сірки залежить від виду використаного палива і при опаленні коксодоменним газом може досягати 800 мг/м³.

Окрім газоподібних домішок, газ, що виділяється, містить значні кількості пилу – до 15 г/м³.

Мартенівський пил складається в основному з оксидів заліза (близько 88%). Крім цього, в ньому містяться оксиди алюмінію, марганцю та інших речовин, що входять до складу шихти; оксиди заліза надають газу коричневого кольору. В мартенівських цехах є і неорганізовані джерела потрапляння пилу в довкілля. Наприклад, в повітрі міксерного відділення вміст пилу доходить до 13 г/м³; в місці розвантаження сипких матеріалів на шихтовому підвір'ї 250-450 мг/м³; в люнкеритному пристрої в розливному прольоті 100-160 мг/м³. Виділений з мартенівської печі газ

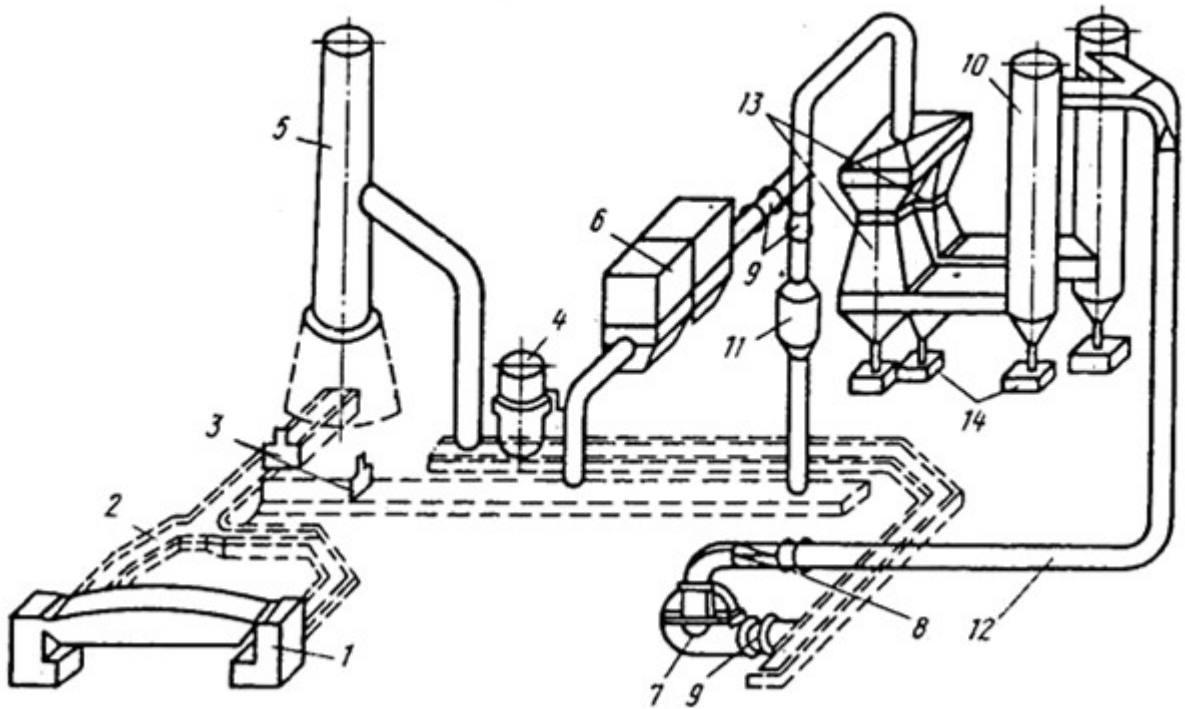
перед викидом в атмосферу підлягає обов'язковій очистці. Перед очисткою газ охолоджують в котлах-утилізаторах до 220-250°C.

В нашій країні найбільше розповсюдження отримали дві схеми очистки мартенівського газу: суха в електрофільтрах (рис. 4.1) та мокра (рис. 4.2). Запиленість очищених за цими схемами газів не перевищує 100 мг/м³. На приведеній на рис. 4.1 схемі очистки мартенівського газу сухі пластинчасті електрофільтри встановлені після котла-утилізатора. Для запобігання вибуху оксид вуглецю, що міститься в газі, допалюється в спеціальній камері, що знаходиться перед котлом-утилізатором.



1 – мартенівська піч; 2 – борова; 3 – шибер; 4 – камера для допалювання окису вуглецю, 5 – котел-утилізатор; 6 – димосос; 7 – направляючий апарат; 8 – димова труба; 9 – електрофільтр; 10 – лінія пневмотранспорту пилу; 11 – дросель-клапан; 12 – випарний скруббер

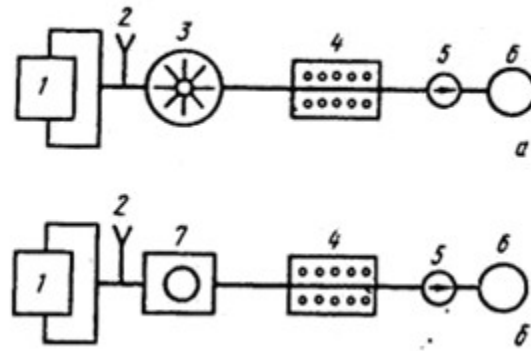
Рисунок 4.1 – Схема очищення мартенівських газів в сухих пластинчастих електрофільтрах



1 – мартенівська піч; 2 – боров; 3 – шибер; 4 – пристрій для підігріву газу;
 5 – димова труба; 6 – котел-утилізатор; 7 – димосос; 8 – направляючий апарат;
 9 – дросель-клапан; 10 – центробіжний скруббер; 11 – зрошувальна камера;
 12 – газопровід очищеного газу; 13 – прямокутні труби Вентурі;
 14 – гідрозатвор

Рисунок 4.2 – Схема очищення мартенівських газів з використанням труб Вентурі з прямокутним перетином горловини

При очистці газу, що відходить від двованного сталеплавильного агрегата, використовується також суха та мокра схеми очистки. На рис. 4.3 показана схема охолодження та сухої очистки від пилу газу двованного сталеплавильного агрегата в електрофільтрі з охолодженням газів у скруббері та в котлі-утилізаторі. Після допалювання оксиду вуглецю газ охолоджується (до 200°C) в скруббері, за яким встановлено електрофільтр типу УГ (рис. 4.3, а). При такій схемі очистки, якщо запиленість газу перед скруббером становить до 7 г/м^3 , то перед електрофільтром вона вже зменшувалася до 3 г/м^3 , а за ним – до $0,1 \text{ г/м}^3$.



а – з охолодженням у скрубєрі; б – з охолодженням у котлі-утилізаторі;
 1 – двованна піч; 2 – підвід повітря для допалювання оксиду вуглецю;
 3 – скрубєр; 4 – сухий електрофільтр; 5 – димосос; 6 – димова труба;
 7 – котел-утилізатор

Рисунок 4.3 – Схема охолодження та сухої очистки від пилу газів двованних печей в електрофільтрі

Якщо в схемі відведення мартенівського газу котел-утилізатор не працює, перед очищенням газу в електрофільтрі його охолоджують і зволожують у полому випарному скрубєрі. Як видно з наведеної схеми газоочистки, газ, що відводиться від мартенівської печі, може бути направлений наступними шляхами: в димову трубу без очистки; через котел-утилізатор в систему газоочистки і димову трубу. При зупинці котла-утилізатора по водній лінії (в цьому випадку газ охолоджують в зрошувальній камері або у полому скрубєрі).

При мокрій очистці газу, що відходить від двованного сталеплавильного агрегата, в скрубберах Вентурі його спочатку охолоджують до 700-800°C шляхом вприскування води, потім направляють в котел-утилізатор. Охолоджені до 200-250°C гази потрапляють далі в скрубєри Вентурі, після них – в краплеуловлювачі, а звідти за допомогою димососів – в димар. Ефективність уловлювання пилу досягає 99%.

Скрубєри Вентурі забезпечують високий ступінь очищення газів від

дрібнодисперсного пилю, але як показав досвід роботи газоочисного устаткування мартенівських цехів, істотним недоліком мокрої системи є значний краплевинос (близько 200 мг/м³).

Це призводить до передчасного корозійного зносу газоходів, вентиляторів і димаря, випаданню кислотних опадів при розсіюванні викидів із-за оксидів азоту і сірки, що містяться в них.

Мокрі апарати разом з перевагами: простота конструкції і порівняно невисока вартість; менші габарити в порівнянні з електрофільтрами; можливість використання при підвищеній температурі і підвищеній вологості газів; уловлювання разом із зваженими твердими частинками пари і газоподібних компонентів, мають наступні недоліки [21]:

- отримання вловленого продукту у вигляді шламу, що вимагає необхідності додаткової утилізації;
- необхідність організації оборотного циклу водопостачання;
- утворення відкладень в устаткуванні і газопроводах при охолодженні газів або краплинному винесенні вологи з пиловловлювача;
- шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стіни димарів;
- погіршення умов розсіювання пилю і шкідливих газів, що викидаються через димарі в повітряний басейн.

При виборі апаратів газоочищення перевага віддається сухим методам. Вони не вимагають споруди дорогих систем водопостачання і шламової каналізації, полегшують утилізацію вловленого продукту, знижують корозійний знос устаткування і комунікацій, характеризуються меншим споживанням електроенергії, покращують умови розсіювання шкідливих викидів в атмосфері. Аналіз техніко-економічних показників газоочисного устаткування дозволяє зробити висновок, що при однаковому ступені очищення питомі капітальні витрати на газоочищення нижче при застосуванні мокрої системи очищення. А питомі експлуатаційні витрати нижче при використанні системи газоочищення з електрофільтром або

рукавним фільтром.

Електрофільтрам разом з перевагами (високий ступінь очищення – до 99 і навіть 99,9%; найменший гідравлічний опір в порівнянні з іншими апаратами (50 – 150 Па); можливість роботи при різному атмосферному тиску і температурах 500° С і вище; можливість уловлювання частинки, розміром від 100 до 0,01 мкм), властиві істотні недоліки. Деякі продукти володіють такими фізико-хімічними властивостями, які унеможливають застосування електрофільтру для їх уловлювання, що наприклад володіють незначною масою, дуже низьким питомим електричним опором.

У мартенівському виробництві сталі для інтенсифікації процесу плавки застосовується подача кисню у ванну. При цьому в газах, що відходять, різко зростають концентрація і дисперсність зважених частинок, а також значно знижується вологість газів (до 40 – 60 г/м³). В результаті сухе очищення газів в електрофільтрах ускладнюється і передбачає проведення спеціальних заходів для забезпечення їх нормальної роботи (зволоження газів із застосуванням хімічних реагентів). Крім того, вартість електрики підвищує вартість газоочищення. Ряд недоліків, що є при експлуатації скрубера Вентурі і електрофільтру, відсутні при експлуатації рукавного фільтру. Пил, вловлений в рукавному фільтрі, сухий і немає необхідності зневоднювання і підсушування вловленого продукту при утилізації. Рукавні фільтри не чутливі до коливань запиленості і витрати газу, малочутливі до коливань температури (але не можна, щоб температура перевищувала термостійкості фільтрувальної тканини).

Газ на виході з рукавного фільтру гарячий і сухий, тому немає заростання вентиляторів, немає конденсації вологи в димарі, краща підйомна сила в димарі, поліпшується розсіювання шкідливих речовин в атмосфері. У рукавних фільтрів менша металоємність в порівнянні з електрофільтрами, простіша конструкція і обслуговування.

Рукавні фільтри володіють наступними перевагами в порівнянні з іншим газоочисним устаткуванням [26]:

- вищий ступінь очищення газів від зважених частинок, фільтри здатні забезпечити практично повне вловлювання частинок всіх розмірів, включаючи субмікронні;
- універсальність, тобто фільтри здатні уловлювати тверді частинки в сухому вигляді і рідкі частинки з туманів;
- можливість очищення газів, нагрітих до високої температури (залежно від матеріалу тканини фільтру);
- можливість повної автоматизації процесу очищення газів;
- стабільність процесу очищення і менша залежність від зміни фізико-хімічних властивостей уловлюваних частинок і витрати газів, ніж при електроочищенні;
- простота експлуатації.

Розглянемо, характеристику димових газів мартенівських печей на ВАТ «МК Запоріжсталь». Кількість димових газів мартенівських печей, опалювальних природним газом, коливається зазвичай від 1050 до 4000 м³/год на 1 т садки печі та змінюється в різні періоди плавки. Найбільша кількість газу виділяється в період плавлення. Газовий тракт, через який відводяться димові гази від мартенівської печі, знаходиться під розрідженням. Тому кількість і склад продуктів згоряння змінюються по довжині димоходів внаслідок підсосу атмосферного повітря через нещільності кладки. Величина підсосів повітря може доходити до 80 – 100 % від кількості продуктів згоряння в голівці печі.

Температура газу, що виходить з мартенівської печі, 700 – 800°С. У котлі-утилізаторі він охолоджується до 240 – 350° С. Хімічний склад газу залежить від застосованого палива, складу шихти і технології плавки. При подачі кисню в ванну газ складається з 8 – 20 % CO₂, 15 % O₂, 0 – 8% CO + H₂, 2 – 2,5 % H₂O, та N₂. Крім того, в димових газах міститься до 8 г/м³ оксидів сірки. Їх кількість залежить головним чином від виду застосовуваного палива. Вологість газу зазвичай становить 40 – 60 г/м³ (н) сухого газу. Склад шихти, кількість флюсів, кількість подаваного у ванну

кисню, тепловий режим та інші фактори визначають вміст пилу в димових мартенівських газах. Найбільша кількість пилу виділяється в період плавлення. При збільшенні витрати кисню кількість пилу в димових газах зростає. Частина пилу осідає в димоходах при проходженні по ньому газу та перед газоочисткою складає $\sim 1,5 - 4 \text{ г/м}^3$ (н) при роботі мартенівських печей без застосування кисню і доходить до $10 - 15 \text{ г/м}^3$ (н) при подачі кисню в ванну. Мартенівський пил складається з оксидів заліза, кремнію, алюмінію, марганцю та інших компонентів, що входять до складу шихти. Оксиди заліза додають диму коричневе забарвлення. Питомий електричний опір пилу становить $107 - 1010 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Змочуваність пилу коливається від 65 до 75 % [24].

Мартенівський пил дрібнодисперсний. При подачі в ванну кисню середній розмір часток складає $0,4 - 0,5 \text{ мкм}$. Дисперсний склад пилу, що міститься в газі, що надходить в систему газоочистки, показано в табл. 4.1.

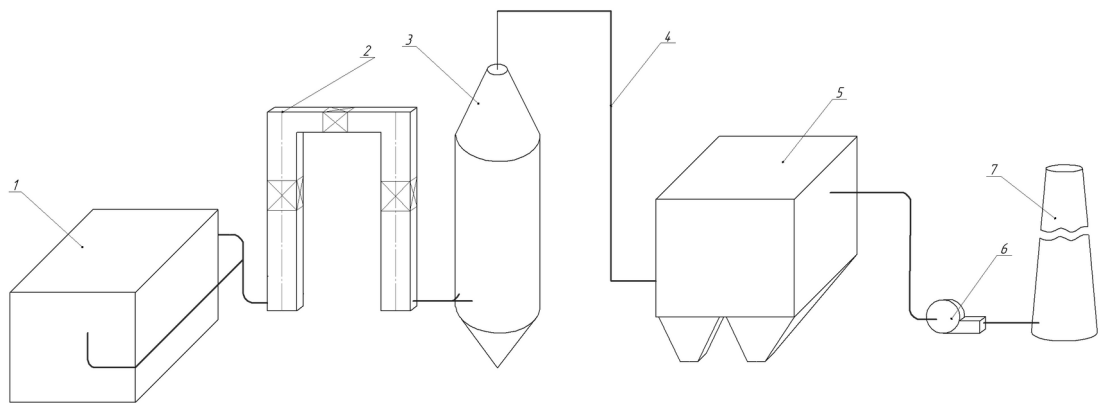
Таблиця 4.1 – Дисперсний склад пилу, що міститься у газах, які надходять в систему газоочистки

Розмір часток, мкм	<10	1 – 5	5 – 10	> 10
Вміст, %				
При продувці киснем	43	35	7	15
Без продувки киснем	11	42	27	20

Концентрація пилу в атмосфері на окремих ділянках та у відділеннях мартенівського цеху становить: у міксерному відділенні 13 г/м^3 (н); у місці розвантаження сипучих матеріалів в шихтовому дворі $250 - 450 \text{ мг/м}^3$ (н); у люнкеритному обладнанні в розливочному прольоті $100 - 160 \text{ мг/м}^3$ (н) [8].

Обґрунтування та вибір очищення технологічних газових викидів мартенівської двованної печі. У кваліфікаційній роботі пропонується

очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської двованної печі, сухим способом з використанням рукавного фільтра. Система газоочищення включає: котел-утилізатор (КУ), порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димотяг і димар (рис. 4.4). Для того щоб понизити температуру газів після КУ з 250°C до температури, що відповідає технічним характеристикам роботи рукавних фільтрів – 135°C (краткочасно температура може підвищитися до 150°C), пропонується встановити порожнистий скруббер.



1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – полий скруббер; 4 – газопровід;
5 – рукавний фільтр; 6 – димотяг; 7 – димар

Рисунок 4.4 – Схема газоочисної системи для аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту

Головним елементом рукавного фільтра є рукав, виготовлений з фільтрувальної тканини. Корпус фільтра розділений на декілька герметизованих камер, в кожній з яких розміщено по декілька рукавів.

При проходженні газу через чисту тканину (у початковий період роботи фільтру) і якщо розмір частинок пилу перевищує розмір пор фільтрувального матеріалу, то відбувається їх відсівання, тобто частинки пилу осідають на волокнах тканини. При русі частинок в порах з великою швидкістю вони не можуть йти разом з газом, огинаючи всі волокна,

притискаються до них і осаджаються на них. Внаслідок того, що щільність упаковки тканини висока, на лобовій стороні фільтру починає формуватися суцільний шар з частинок пил, який не може проникнути в глиб тканини. Утворений вторинний лобовий шар (автошар) починає сам затримувати частинки пилу, внаслідок чого товщина його поступово зростає. Таким чином, накопичуючись на поверхні тканини у вигляді шару, пил сам стає фільтруючим середовищем і збільшує ефективність пилозатримання фільтру.

Разом із зростанням шару пилу росте і гідравлічний опір апарату. Якщо періодично не видаляти пиловий шар з поверхні матеріалу і з його пор відбудеться "замикання фільтру", тобто тягодуттьовий апарат буде не в змозі протягувати газ через фільтрувальну перегородку, що забилася. В результаті поступового забивання падатиме продуктивність вентилятора і, врешті-решт, рух газу через фільтр припиниться. Для підтримки фільтру в працездатному стані необхідно періодично видаляти пил з поверхні пор, що осідає на поверхні фільтрувального матеріалу. Шар пилу одночасно є фільтруючим середовищем, тому з фільтрувального матеріалу необхідно видалити не весь шар пилу, щоб забезпечити прийнятний гідравлічний опір апарату і зберегти його високу ефективність пиловловлювання.

Одним з найбільш ефективних способів регенерації фільтрувального матеріалу, який широко поширений, є імпульсне продування з використанням швидкодіючих продувних клапанів. Фільтри з імпульсним продуванням типу ФРКИ, ФРКДІ, ФРІ, ФКИ, ФРІР, ФРІА знайшли застосування майже у всіх галузях промисловості.

До основних недоліків рукавних фільтрів з імпульсною регенерацією слід віднести: неможливість застосування як фільтрувальний матеріал склотканин, через їх швидке руйнування при терті об каркас; підвищені вимоги до монтажних робіт, за необхідності ретельної центрації регенеруючих сопел з віссю рукавів; необхідність наявності додаткового простору над фільтром для виїмки каркасів; необхідність наявності стислого повітря тиском до 5 атм. Але рукавні фільтри типу ФРІР мають наступні

переваги перед іншими що серійно випускаються: економічність в роботі; менші габарити при тій же продуктивності; простота конструктивного оформлення (закріплення рукавів проводиться з одного боку у верхній частині фільтру, що гранично спрощує заміну рукавів); підвищена ремонтпридатність фільтру; ефективність імпульсної регенерації, здійснюваної за допомогою клапанів з підвищеною швидкістю; розміщення на відкритому повітрі з укриттям тільки верхньої частини фільтру.

Наведемо економічне порівняння двох варіантів очищення газів, що утворюються при виплавці сталі в мартенівській двованній печі.

Базовим варіантом є одноступенева схема очищення, що складається з 10 – ти труб Вентурі типу ГВПВ - 0,060 з горловиною розміром 250 мм, двох краплевловлювачі відцентрового типу (КЦТ-2400) діаметром 2400 мм, призначених для вловлювання крапельної вологи і пилу. В якості побудника тяги використовують димотяг марки ВМ 100/100У в кількості 2-х штук. Вони служать для відсмоктування технологічних газів від печі і подачі їх на газоочистку. Димотяги встановлені після труб Вентурі і краплевловлювачів. Обсяг газу, що надходить на очищення, становить 200 тис. м³/год, початкова запиленість газів становить 15 г/м³, кінцева запиленість становить 0,12 г/м³.

Недоліком цієї схеми очищення є:

- наявність шламового господарства;
- значні витрати енергії при високих мірах очищення;
- утворення відкладень в устаткуванні і газовідводах при краплинному віднесенні вологи з пиловловлювача;
- шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стінки димарів.

Пропонується заміна мокрої газоочистки на суху. Дана схема містить: порожнистий скрубєр, рукавний фільтр типу ФРІР – 5700 і димотяг марки ВДН-25×2. Кінцева запиленість газу після такої схеми очищення становить 0,02 г/м³. Запропонована схема має ряд переваг:

- отримання пилу в готовому виді для повернення у виробництво;

- відсутність шламового господарства.

Техніко-економічні показники приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки мартенівського цеху

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Проектний
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1656	1680
2	Вміст пилу в газі: - до очищення - після очищення	г/м ³	15	15
			0,12	0,02
3	Капітальні вкладення	тис. грн.	45484,8	81675,8
4	Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	39,833	38,506
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн.	-	3,03
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн.	39,833	35,476

4.2.2 Конверторне виробництво сталі

У зв'язку з меншою енергоємністю киснево-конверторного способу виробництва сталі в порівнянні з мартенівським способом частка виплавки конверторної сталі безперервно збільшується.

При продувці рідкого чавуну киснем у конверторі відбувається вигорання з чавуну вуглецю та інших домішок. Утворений продукт згорання (конверторний газ) містить в основному оксид вуглецю (85-90%), діоксид вуглецю (8-14%), а також невелику кількість кисню, азоту та деяких інших речовин, наприклад, сірки. За даними, кількість сірки, що виходить з газової фази за плавку, складає 7-8% від вмісту сірки в шихті [21].

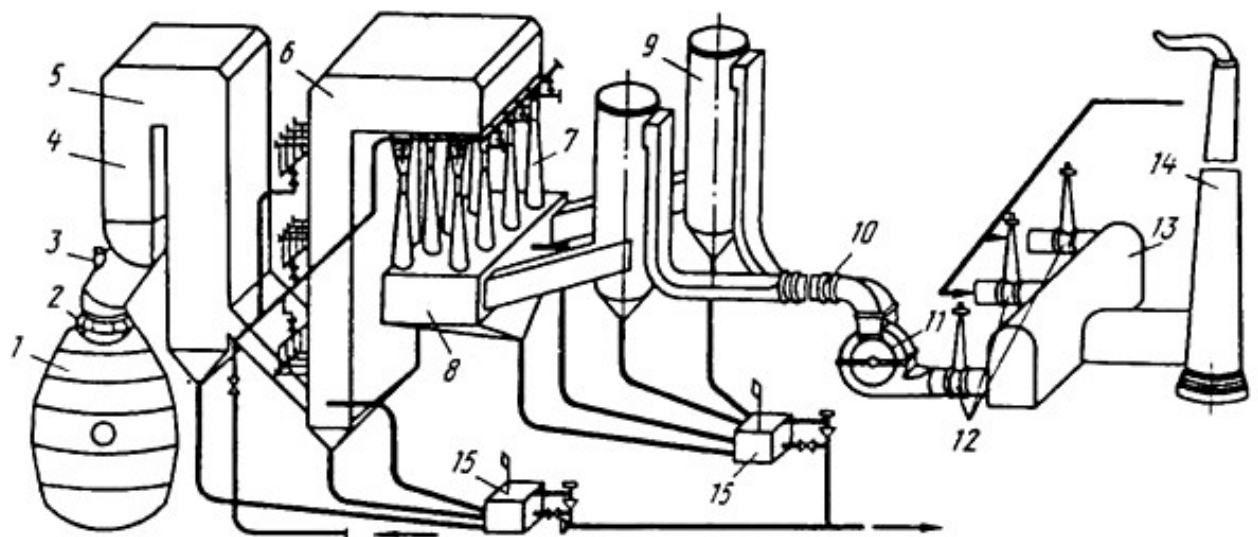
В зоні зіткнення кисню з чавуном в конверторі розвивається висока температура (до 3000°C), при якій випаровуються оксиди заліза та інших домішок. Ці пари разом з конверторним газом охолоджуються та конденсуються, утворюючи велику кількість маленьких часток пилу. Окрім цього, конверторний газ виносить маленькі частинки руди, вапна та інших домішок, що завантажуються в конвертор у процесі плавки. На 1 т плавки в конверторі утворюється до 90 м^3 газу та до 20 кг пилу. Пил складається в основному з заліза та його оксидів (60-70%). Запиленість конверторного газу при виході з конвертора може досягати 250 мг/м^3 . Для уловлювання та відводу конверторного газу над горловиною конвертора є ковпак (кесон), з'єднаний з відвідним газопроводом. Пристрій газовідвідних трактів залежить від того, чи здійснюється допалювання оксиду вуглецю чи ні. За цією ознакою газовідводи поділяються на три групи:

- 1) системи з підсмоктуванням повітря через зазор між конвертором та котлом-охолоджувачем і повним допалюванням CO в останньому;
- 2) системи без доступу повітря в газовий тракт та без допалювання CO;
- 3) системи з частковим допалюванням CO в котлі-утилізаторі. Якщо допалювання CO здійснюється, то в зазорі між горловиною конвертора та газовідходом створюється за допомогою димососа розрідження, внаслідок чого газ не виділяється в довкілля, а в газовідхід підсмоктується повітря, кисень якого перетворює CO в CO_2 . В цьому випадку в газі присутній CO_2 , що забезпечує вибухобезпечність процесу його подальшої очистки та видалення.

Для очистки конверторного газу від пилу використовують скрубери Вентурі, електрофільтри та тканинні фільтри. На рис. 4.5 та 4.6 наведено схеми очистки конверторного газу в скрубберах Вентурі в пристроях з повним допалюванням оксиду вуглецю. За цими схемами конверторні гази підлягають очистці в котлі-утилізаторі, вбудованому в підйомно-опускному газоході, та в скрубері прямокутного перерізу, звідки їх потім направляють у блок з восьми встановлених на інерційний краплеобмежувач труб Вентурі з

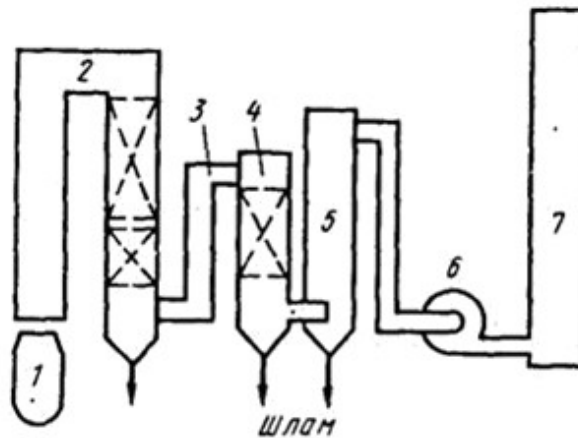
колоподібним перерізом горловини. Остаточна очистка газу відбувається в двох паралельно розташованих відцентрових скруберах. В цьому випадку забезпечується очистка газу до кінцевого пиловмісту близько 70 мг/м^3 .

Використання електрофільтрів у пристроях без допалювання оксиду вуглецю неможливе, бо ці фільтри вибухонебезпечні через виникнення спалахів при електричних пробоях [22].



1 – конвертор; 2 – кесон; 3 – розріз для фурми; 4 – підйомний газохід з радіаційними поверхнями котла-утилізатора; 5 – газохід з конвективними поверхнями і економайзер; 6 – скруббер; 7 – блок труб Вентурі; 8 – інерційний краплеобмежувач; 9 – відцентрові скрубери; 10 – дросельний клапан; 11 – димосос; 12 – засувка; 13 – лежак; 14 – димова труба; 15 – гідрозатвор

Рисунок 4.5 – Схема відводу та очистки конверторного газу з допалюванням оксиду вуглецю



1 – конвертор; 2 – котел-охолоджувач; 3 – зрошувальний газохід; 4 – скрубери Вентурі; 5 – циклон-краплеобмежувач; 6 – димосос; 7 – димова труба

Рисунок 4.6 – Схема охолодження та очистки конверторних газів з повним допалюванням оксиду вуглецю

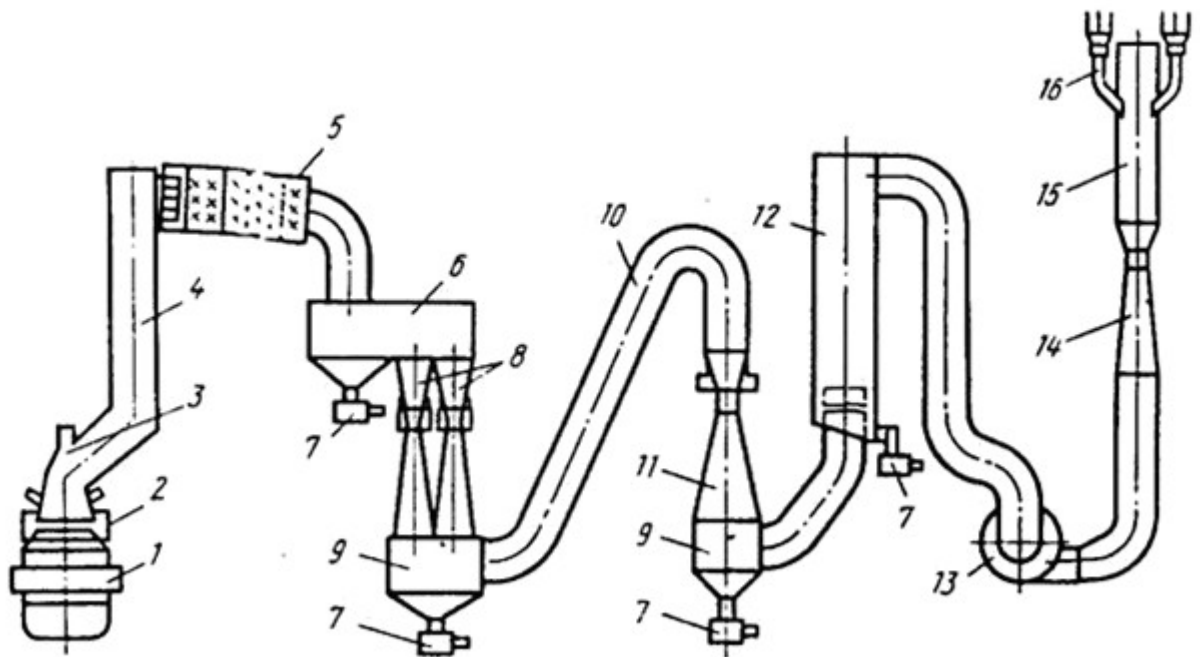
Тканинні фільтри недостатньо газощільні і до того ж великі, тому для очистки газів використовуються скрубери Вентурі. Мокра очистка газів від пилу без допалювання CO відбувається в апаратах, аналогічних використаним пристроям для очистки з повним допалюванням CO. Система відводу газу (рис. 4.7) складається з кесона, що переходить в камін, в який вбудовано котел-утилізатор, де газ охолоджується до 800-900°C; доохолодження його йде спочатку в горизонтальному газоході за рахунок наведення води, а потім в низьконапірних трубах Вентурі з регульованим перерізом горловини; коагуляція малодисперсного пилу відбувається у високонапірній трубі Вентурі [23].

Очистка від великих краплин шламу відбувається в інерційних пило- та водообмежувачах, на яких встановлені труби Вентурі; фінальна очистка газу від великого пилу відбувається у відцентровому скрубері.

Використання сухого способу очищення газів, що відходять від конвертерних печей в електрофільтрах (рис. 4.8) можливо за умови зволоження газів, що поступають до системи очищення.

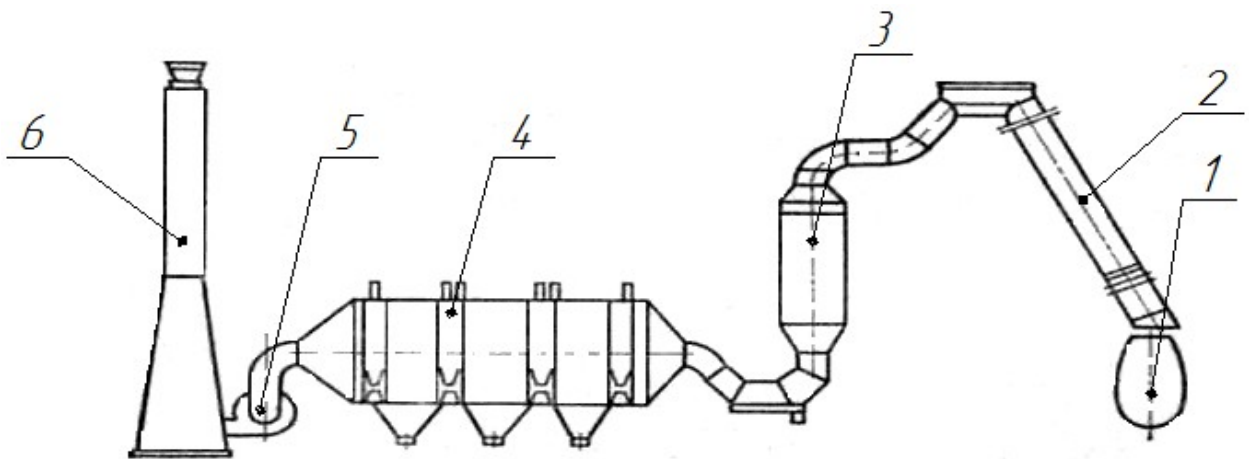
Експлуатуються наступні типи електрофільтрів: пластинчаті, горизонтальні з S-образними осаджувальними і штиковими коронуючими електродами, а також ці фільтри, але лише штикові електроди замінені стрічковими голковими.

Сухі електростатичні фільтри працюють стійко при певній температурі і вологості вхідного газу. Для забезпечення цих умов сухому електрофільтру передуює стабілізатор-вежа висотою до 20 м і діаметром 4-5 м, обладнана соплами для тонкого розпилу води. Кількість води, що вприскується, регулюється автоматично по температурі газів на виході з сухого фільтру, рівною 140—160 °С [21-24].



1 – конвертор; 2 – водоохолоджувальна муфта; 3 – киснева фурма; 4 – котел-утилізатор; 5 – зрошувальний газохід; 6 – колектор запиленого газу; 7 – гідрозатвор; 8 – труби Вентурі; 9 – інерційний пило- та водоуловлювач; 10 – газохід; 11 – труба-коагулятор; 12 – відцентровий скруббер; 13 – димосос; 14 – труба Вентурі; 15 – димова труба; 16 – допалювальний пристрій

Рисунок 4.7 – Система очистки конверторного газу без допалювання оксиду вуглецю



1 - конвертер; 2 - котел-утилізатор; 3 - порожнистий випарний скруббер;
4 - сухий пластинчастий електрофільтр; 5 - димосос; 6 - димова труба

Рисунок 4.8 - Схеми очищення конвертерних газів в сухих електрофільтрах

Для видалення пилу, що збирається на осаджувальних електродах, користуються магнітним імпульсом; крім того, на підвісній рамі укріплені молоточки, які збивають пил. Коронуючі електроди очищають від пилу електромагнітним вібратором. Ефективність очищення фільтрів залежить від якості роботи молоточків і вібраторів.

Через такі фільтри можна пропускати продукти згорання, що містять не більше 5-6% CO.

Осаджувальні електроди очищаються від пилу безперервно; видача ж пилу з електрофільтру в пилосбірний бункер відбувається періодично між продуваннями. Пил видається у вагони шнековими живильниками, забезпеченими зволожувачами.

Експлуатуються також мокрі електрофільтри, їх включають в газовий тракт, після котлів-утилізаторів і скрубера. Через електрофільтр проходять продукти згорання конвертерних газів. Після котла-охолоджувача з примусовою циркуляцією газу при 1100°C поступають в два паралельні скрубери (злегка нахилених до горизонту) і потім при 77° С - у вертикальний трубчастий електрофільтр. Фільтр складається з 1000 труб. Труби є

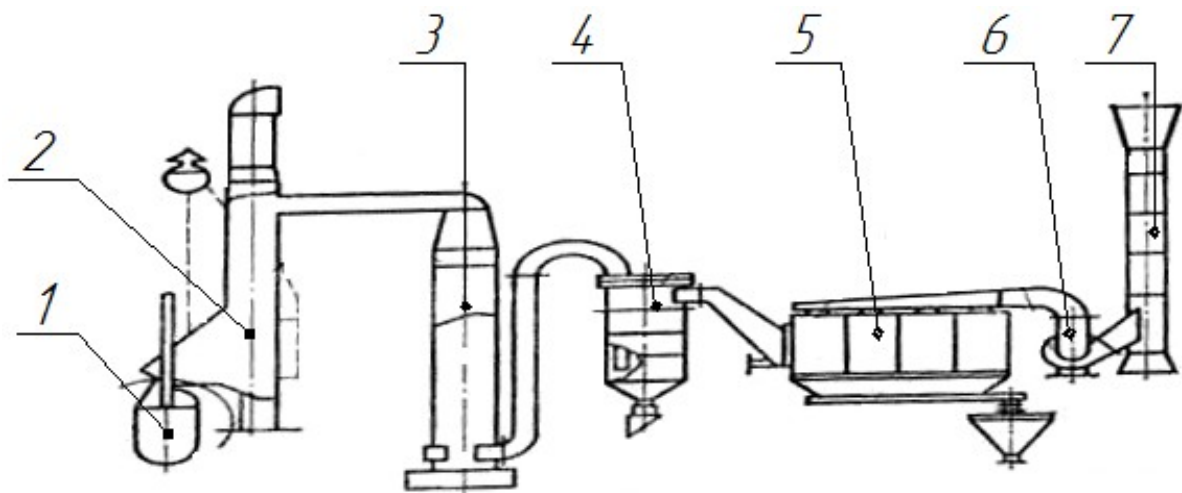
осаджувальними електродами; усередині кожної труби є коронуючий електрод. Робоча напруга складає 40 кВ.

Фільтрація в тканинних фільтрах вимагає ретельного підбору тканини, що фільтрує. Конвертерний пил, неоднорідний по хімічному складу, утворює на тканині шар, через пори якого проникає лише газ. Цей шар сприяє подальшій коагуляції часток.

На рис. 4.9 приведена схема очищення конвертерних газів в тканинних фільтрах.

Для підтримки необхідної температури газів перед тканинним фільтром їх пропускають через випарний скруббер або підключають термостати, регулюючи подачу додаткового повітря. Вміст пилу після тканинного фільтру складає 20 мг/м³.

Очищення тканинних фільтрів здійснюється струшуванням. При роботі в системах з повним спалюванням газів струшування і перемикання секцій відбувається автоматично у будь-який момент продування.



1- конвертер; 2 - водоохолоджуваний камін; 3 - акумулятор; 4 - випарний скруббер; 5 - тканинний фільтр; 6 - димосос; 7 - димова труба

Рисунок 4.9 - Схема очищення димових конвертерних газів в тканинних фільтрах

Обґрунтування та вибір очищення газових викидів від конвертерних печей. Ефективність існуючих способів очищення приблизно однакова: всіма методами можна понизити концентрацію пилу в газах до 50 мг/м^3 , що відповідає санітарним вимогам, тобто міра очищення складає 98-99 %.

Але існує ряд недоліків при використанні мокрої схеми очищення в скруберах Вентурі:

- 1) великі енерговитрати (опір скрубера Вентурі біля 7 кПа);
- 2) громіздке шламове господарство;
- 3) важкі умови роботи вентиляторів: вологий газ, що проходить через лопатки сприяє налипанню на них пилу, що і ускладнює роботу, а також веде до виходу устаткування з строю;
- 4) газовий тракт піддається корозії.

Недолік тканинних фільтрів - підвищена витрата електроенергії: 30 кВт/год на 1 т рідкої сталі. Фільтрація також вимагає ретельного підбору тканини, що фільтрує. Конвертерний пил, неоднорідний по хімічному складу, утворює на тканині шар, через пори якого проникає лише газ. Цей шар сприяє подальшій коагуляції часток. За відсутності такого шару частки проходять через тканину, пори якої в $50-100$ разів більше розміру часток, тому гази не будуть очищатися.

Висока енергоемність мокрого очищення газів і труднощі утилізації уловленим у вигляді шламу пилу роблять доцільним вживання сухих високоефективних апаратів, зокрема горизонтальних електрофільтрів.

Пропонується сухий спосіб очищення газів в електрофільтрі типа ЕГА.

Переваги сухої газоочистки в електрофільтрах:

- 1) енерговитрати (а також трудові витрати) при експлуатації електрофільтрів у декілька разів нижче, ніж при експлуатації скрубєрів Вентурі;
- 2) відсутнє водно-шламове господарство;
- 3) при очищенні в електрофільтрі відсутній краплиніс, унаслідок

чого підвищується термін служби газоходів, оскільки немає заростання і корозії труб.

4) опір сухих електрофільтрів невеликий.

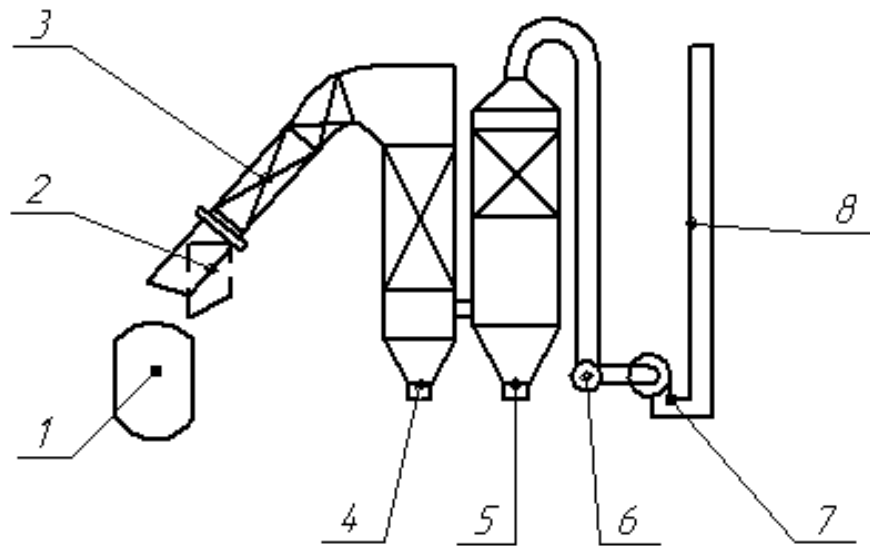
Виходячи з вище викладеного, очищення газів, що відходять від конвертерних печей в сухих електрофільтрах більш економічна, ніж при використанні інших способів очищення.

При виборі схеми газоочиски також враховані тенденції розвитку конвертерного виробництва, які пов'язані з інтенсифікацією продування і нарощуванням одиничних потужностей агрегатів, що наводить до збільшення об'єму газів, які очищаються, де перспективними схемами очищення слід вважати системи відведення газу з допалюванням оксиду вуглецю і використання електрофільтру в якості основного газоочисного апарату.

За вибраною схемою газ (рис. 4.10), виходячи з конвертера по газоходу поступає в камеру для допалювання оксиду вуглецю, потім в котел-утилізатор, в якому газ охолоджується до 850 °С. Далі газ прямує у випарний скрубєр, на виході з якого має температуру біля 200 °С. Далі забруднений газ прямує на очищення в сухий електрофільтр.

Для нашої системи очистки обираємо електрофільтр типу ЕГА призначений для знепилювання неагресивних технологічних газів і аспіраційного повітря температурою до 330 °С в чорній і кольоровій металургії і інших галузях промисловості, електрофільтр даного типу є односекційним апаратом прямокутної форми, що складається з чотирьох полів, встановлених послідовно по ходу газу. Корпус апарату сталевий, покритий зовні теплоізоляцією.

Активна зона електрофільтру складається з осаджувальних електродів (плоских полотен, набраних з пластинчастих елементів спеціального профілю) і коронуючих електродів (трубчастих рам, в яких натягнуті стрічково-голчані елементи). Відстань між сусідніми осаджувальними електродами (300мм) є також шириною одиничного газового проходу.



1 - конвертер; 2 - кесон; 3 - ОКГ; 4 - випарний скруббер; 5 – електрофільтр; 6 – димотяг; 7 – димовий боров; 8 – димова труба

Рисунок 4.10 - Схема очищення газів із застосуванням електрофільтру

Осаджувальні електроди приєднуються до позитивного полюса випрямлячами і заземляються, а коронуючі - ізолюються від землі і до них приєднується дріт від негативного полюса випрямляча. При подачі на електроди струму високої напруги в просторі електрофільтру між електродами виникає електричне поле напруженість якою можна змінювати шляхом регулювання напругу живлення. Підведення струму до електрофільтру здійснюється за допомогою шинного введення від агрегатів живлення, розташованих на даху електрофільтру. При збільшенні напруги до певної величини в просторі між електродами виникає коронний розряд, внаслідок чого виникає направлений рух до електродів заряджених часток, тобто між електродами електрофільтру протікає струм.

Коли через міжелектродний простір електрофільтру пропускаються гази, що містять зважені частки (пил), ці частки заряджають рухомими іонами. Заряджені зважені частки під дією електричного поля рухаються до електродів і осідають на них, а очищені гази, проходять електричне поле та виходять з електрофільтру .

Далі гази прямують в димову трубу, через яку за допомогою димотягів викидаються в атмосферу.

Видалення вловленої пилу з електродів - механічне, шляхом періодичного струшування їх ударами молотків. Пил, який струшується з електродів, обсипається в нижню частину електрофільтру - бункер, який оснащений вібраторами, звідки її періодично видаляють за допомогою гвинтового конвеєра.

Конвертерні гази на виході із конвертерів мають температуру близько 1300-1700 °С та містять 85 - 90 % CO у своєму складі. Це дозволяє ефективно використовувати їх у якості енергоносія для виробництва пари. Використання систем з повним допалюванням CO дозволяє збільшувати температуру газів, що надходять в робочу зону котла-утилізатора, та уникати небезпеки утворення вибухонебезпечних концентрацій CO. Після котла-утилізатора температура газів становить 600 °С і є зависокою для подальшого очищення в електрофільтрах. Тому відхідні гази спочатку охолоджують у випарних скруберах до температури 200 °С. Для сухої очистки відхідних газів доцільніше використовувати електрофільтри, тому що вони дозволяють працювати з більшим діапазоном температур.

Пил, що вловлюється газоочисткою, містить в своєму складі в основному оксиди заліза і тому є доцільним повертати його у виробництво.

Техніко-економічні показники приведені в таблиці 4.3. За базовий варіант приймається система очищення, яка включає: котел утилізатор; високонапірний скрубер Вентурі, насос, димотяг, димову трубу, шламове господарство. Кінцева запиленість газів після скрубера Вентурі становить 100 мг/м³. Проектний варіант передбачає також повне допалювання газів, використання котла-утилізатору. В якості апарату очищення в даному варіанті прийнято електрофільтр. За допомогою димотягу газ через димову трубу викидається в атмосферу. В проектному варіанті також передбачено утилізацію вловленої пилу. Кінцева запиленість газів після електрофільтру становить 0,019 г/м³.

Таблиця 4.3 – Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки очищення конвертерних газів

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Проектний
1	Річна продуктивність газоочисної установки	млн. м ³ /рік	1070.112	1070.112
2	Початкова запиленість	г/м ³	28,00	28,00
3	Кінцева запиленість	г/м ³	0,100	0,019
4	Кількість вловленого пилю	тис. т	29,856	29,942
5	Кількість утилізованої пилю	тис. т	26,870	26,948
6	Капітальні вкладення	тис. грн.	14,018	53,871
7	Економія від утилізації	тис. грн.	2122,770	2128,933
8	Загальні експлуатаційні витрати з урахуванням утилізації пилю	тис. грн.	51333,290	43155,979

4.3 Захист атмосфери від шкідливих викидів електросталеплавильного виробництва

Пиловиділення в період розплавлення дуже нестабільне і залежить від багатьох технологічних і випадкових факторів. До технологічних факторів належать: сила струму і напруги, що подається в піч, спосіб інтенсифікації плавлення, щільність шихти, марка виплавлюваної сталі і т.д. Випадкові фактори - це непередбачені обвали шихти при нерівномірному її плавленні, коротке замикання між шихтою і електродами, поломки електродів і т.д.

Основними елементами, що утворюють газову фазу викидів дугових електроплавильних печей є вуглець, що міститься в шихті і електродах, а також азот і кисень, що потрапляють у робочий простір печі з атмосферним повітрям. У невеликих кількостях в газовій фазі є водень, який виходить в результаті дисоціації водяної пари повітря і вологи, що проступає в піч з шихтою і легуючими добавками.

Вуглець і азот при високих температурах вступають в реакцію з киснем, утворюючи оксид і діоксид, а, поєднуючись між собою, виділяються у вигляді ціаністих з'єднань. Крім того, в газах дугових електросталеплавильних печей в залежності, від марки сталі, що виплавляється, є оксиди сірки та фториди. Загальна кількість газів, що утворюються, і їх хімічний склад значно відрізняється від плавки до плавки і залежать від електричного режиму плавки, способу її інтенсифікації, характеристики вихідної шихти, марки виплавлюваної сталі і т.д.

Температура газів, що відходять залежить від характеру протікання плавки і коливається від 1000°C до 1900°C , але в більшості випадків гази мають температуру, однакову з металом, тобто близько 1600°C . Крім того, температура газів залежить від способу відбору газів з печі, ступеня і місця допалювання оксиду вуглецю з газового тракту, ступеня розведення газів повітрям і періоду плавки [24].

Висока температура у ванні і робочому просторі зумовлює утворення різних летких сполук. Найбільш шкідливими є оксиди вуглецю та азоту. Крім того, вони виділяються в значних кількостях (табл. 4.4). [27].

Як видно, гази дугових електросталеплавильних печей, що відходять, містять значну кількість шкідливих хімічних сполук. Наявність у них окису вуглецю та водню робить ці гази горючими і вибухонебезпечними, тому при проектуванні установок з уловлювання та очищення цих газів слід допалювати СО в спеціальному пристрої щоб уникнути ударів і вибухів.

Кількість і склад плавильного пилу змінюється в значних межах залежно від періоду плавки. Концентрація пилу складає $50\text{-}60\text{ г/м}^3$; її щільність складає $4\text{-}4,2\text{ г/см}^3$, насипна щільність – $1,2\text{ г/см}^3$. Найбільша запиленість газів дугових електросталеплавильних печей спостерігається в період продувки ванни киснем. Слід розрізняти концентрацію пилу в робочому просторі печі і на виході з неї. Як правило, в робочому просторі печі запиленість на порядок вище ніж, наприклад, перед газоочищенням. Це пояснюється розведенням пічних газів атмосферним повітрям по ходу газовідвідного тракту.

Коливання запиленості газів перед газоочищенням спостерігається в залежності від способу їх уловлювання [24].

Таблиця 4.4 – Середній хімічний склад газів у робочому просторі дугової електросталеплавильної печі по періодах плавки

Значення	Складові, %				
	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	N ₂
Розплавлювання					
Мінімальне	1,2	0,3	8,6	1,2	67,6
Максимальне	10,8	10,4	20,6	3,6	79,4
Середнє	5,25	5,4	14,8	2,1	73,0
Продувка киснем					
Мінімальне	7,0	0,8	0,6	0,2	13,0
Максимальне	13,4	5,8	75,0	1,1	83,4
Середнє	11,3	3,24	15,8	1,0	68,0
Рафінування					
Мінімальне	3,0	0,8	2,0	0,4	4,8
Максимальне	13,6	5,1	52,0	3,5	83,0
Середнє	7,4	2,51	24	2,2	58,5

Насичені пилом гази, що утворюються в процесі плавки, підвищують тиск в печі й через нещільності в її конструкції виділяються в виробниче приміщення. Основна кількість газу виходить через нещільності електродів й робочого вікна. Гази виділяються із електропечей не лише в процесі плавки, але й під час завантаження печі й зливу готової сталі в ківш.

З урахуванням даних концентрації пилу і тривалості періодів плавки в дугових електросталеплавильних печах можна відзначити, що 75% валових викидів пилу припадає на першу половину плавки. У таблиці 4.5 представлений хімічний склад пилу, відібраної з робочого простору печі. У таблиці 4.6 представлений фракційний склад пилу [24].

Дрібнодисперсний пил утворюється в результаті випаровування металу в зоні дії електричних дуг і кисневої продувки, і наступної конденсації в пічному просторі. Більш крупні фракції дають шлакоформуєчі і мелені добавки.

Таблиця 4.5 – Хімічний склад пилу

Періоди плавки	Зміст компонентів, %								
	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	NiO	Cr_2O_3	Інші
Розплавлю- вання	11,5	43,6	0,79	8,4	3,3	10,3	4,54	6,66	10,9
Рафінування	15,7	43,9	0,02	8,0	4,0	10,5	5,0	6,66	6,4

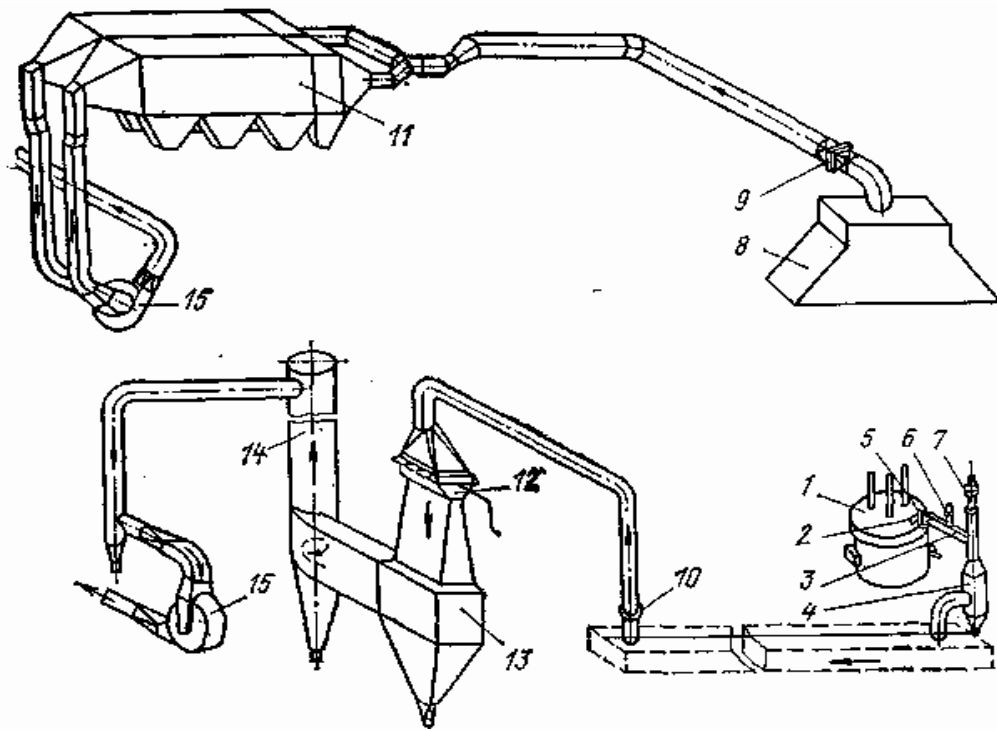
Таблиця 4.6 – Фракційний склад пилу

Розмір часток, мкм	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Зміст, %	71,9	8,3	6,0	7,5	6,3

Електропечі невеликої ємності застосовують в основному в сталеливарних цехах. Для вловлювання запилених газів над електропіччю встановлюють зонти або використовують бортові відсмоктування. В електросталеплавильних цехах металургійних заводів діють в основному великовантажні печі (25 т і більше). Від них запилений газ видаляють через патрубков і склепіння печі. Крім того, у нових цехах вловлюють і піддають очищенню так звані неорганізовані викиди, тобто гази, які потрапили в цех в період заливки чавуну, завалювання шихти і випуску сталі.

Очистку газів від електросталеплавильних печей здійснюють мокрим способом у швидкісних пиловловлювачах з високонапірними трубами Вентурі і сухим способом в пластинчастих електрофільтрах або тканинних рукавних фільтрах. Перевагу віддають очищенні газів в електрофільтрі як найбільш ефективного способу з найменшими експлуатаційними витратами.

За схемами, наведеними на рис. 4.11-4.13, побудовані газоочистки 100- і 200-т електропечей на ряді заводів.



1 – піч 2 – водоохолоджувальний патрубок; 3 – камера для допалювання оксиду вуглецю; 4 – пристрій для охолодження газу; 5 – муфта газовідсмоктування рухома; 6, 7 – клапани підсосу атмосферного повітря; 8 – витяжний зонт; 9, 10 – регулювальні клапана; 11 – сухий електрофільтр; 12 – прямокутна труба Вентурі; 13 – інерційний пило - і краплєвловлювач; 14 – відцентровий скрубєр; 15 – димотяг

Рисунок 4.11 – Схема роздільного очищення газів, що відводяться від електропечі і через підліхтарний зонт

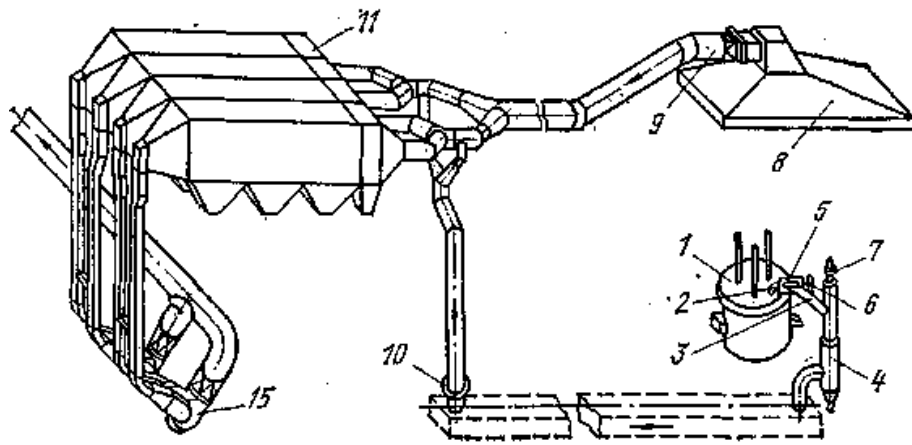
Газ відводять від печі 1 через водоохолоджуваний патрубок, розташований у зводі печі. Між патрубком 2 і газовідвідним трубопроводом є повітряний зазор, який дає можливість регулювати кількість відсмоктувального газу і нахилити піч. Величину цього зазору регулюють муфтою 5, яка може переміщатися за допомогою електроприводу. Після дожигання окис вуглецю в камері 3 газ охолоджують в пристрої 4. Спалювання та охолодження газу здійснюють атмосферним повітрям, яке надходить у камеру допалювання через клапан 6, а в камеру охолодження

через клапан 7. Далі газ відводять в систему газоочистки по газопроводу, забезпеченому клапаном 10, яким регулюють кількість газу. У покрівлі під ліхтарем встановлений зонт 8, через який видаляють неорганізовані викиди. Кількість відсмоктаного газу регулюється за допомогою клапана 9. Схеми очищення газів, що видаляються безпосередньо з печі через підліхтаревий зонт, можуть бути роздільними або поєднаними.

На Донецькому металургійному заводі для очищення газів, що відводяться від 100-т електропечі, використовується мокра газоочистка з трубами Вентурі, а неорганізовані викиди очищаються в сухих електрофільтрах типу УГ (рис. 4.11). Газ, що відводиться від печі пропускають через прямокутну трубу Вентурі 12 з регульованим перетином горловини, де пил коагулює. Укрупнений пил очищається в інерційному пило- та бризговловлювачі 13, а потім у відцентровому скрубєрі 14. Очищений газ за допомогою димососа 15 викидається через димову трубу. Таким чином видаляються неорганізовані викиди після очищення в сухому пластинчастому електрофільтрі 11.

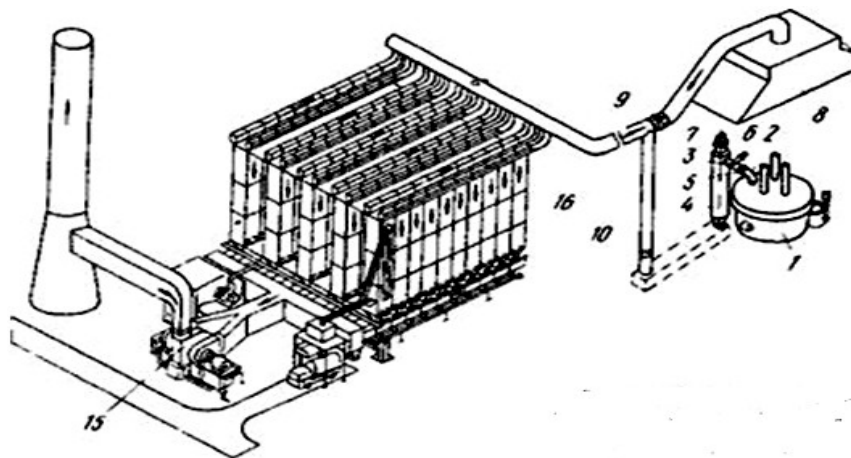
На Кузнецькому металургійному комбінаті застосовують поєднану схему очищення технологічних і неорганізованих викидів в сухому пластинчастому електрофільтрі (рис. 4.12). На Узбецькому металургійному заводі по поєднаній схемою газ очищають в рукавних фільтрах 16 (рис. 4.13).

У період заправки, завантаження печі і зливу металу в ківш, коли електропіч відключена, проводять очищення тільки неорганізованих викидів, що видаляються через зонт. Мокрі швидкі пилловловлювачі з трубами Вентурі і електрофільтри працюють задовільно. У фільтрах типу СМЦ-101-Ш, встановлених на Узбецькому металургійному заводі, рукава зроблені з лавсанової тканини.



1 – піч; 2 – водоохолоджувальний патрубок; 3 – камера для допалювання оксиду вуглецю; 4 – пристрій для охолодження газу; 5 – муфта газовідсмоктування рухома; 6, 7 – клапани підсосу атмосферного повітря; 8 – витяжний зонт; 9, 10 – регулювальні клапана; 11 – сухий пластинчастий електрофільтр; 15 – димотяг

Рисунок 4.12 – Схема сумісного очищення газів в сухому електрофільтрі.



1 – піч; 2 – водоохолоджувальний патрубок; 3 – камера для допалювання оксиду вуглецю; 4 – пристрій для охолодження газу; 5 – муфта газовідсмоктування рухома; 6, 7 – клапани підсосу атмосферного повітря; 8 – витяжний зонт; 9, 10 – регулювальні клапана; 16 – тканинний рукавний фільтр; 15 – димотяг

Рисунок 4.13 – Схема сумісного очищення газів, що відводяться від електропечі і через зонт під ліхтарем цеху, в тканинному рукавному фільтрі

Як показала практика, вони неміцні і швидко виходять з ладу. Крім того викликає великі труднощі боротьба з підсосом повітря через нещільності в конструкції фільтра. У зарубіжній практиці для рукавних фільтрів використовують тканини з синтетичних поліефірних, поліамідних та інших матеріалів.

У зв'язку зі значним розведенням газів, що досягають даху вхідний отвір витяжного накриття прагнуть встановлювати якомога ближче до печі. Однак можливість зменшення відстані між парасолькою і піччю обмежена необхідністю простору для ходу крана, зняття зводу, нахилу печі і т.д. Питомі обсяги відсмоктувальних газів, а також розміри і форми зонтів залежать від ємності і числа печей, геометричних розмірів прольотів. Необхідно, щоб в робочому перетині зонтів швидкість всмоктування газу була більше, ніж швидкість підйому запиленості газів. Зазвичай вона повинна становити 0,5-1 м/с. Форму зонти вибирають з урахуванням профілю даху і розрахунком, щоб висхідний потік не зрікався його внутрішньої поверхні. Фланець трикутного перетину, розташований по периметру кромки зонти, створює найбільш сприятливі аеродинамічні умови для ефективного захоплення газів; крім того, на ньому не утворюється відкладення пилу. Кут розкриття зонти бажаний 60 °.

Для підвищення ефективності уловлювання газів зонтиами в електросталеплавильних цехах прагнуть звести до мінімуму вплив поперечних потоків повітря, що в окремих випадках досягається установкою між пічним та розливним прольотами екранів, опускаються нижче рівня ходу крана, а також зменшенням прорізів для рейкового транспорту в бічних стінах будівлі. При будівництві нових цехів передбачають систему припливної вентиляції, що забезпечує рівномірне по периметру будівлі підведення повітря, а профіль даху виконують відповідно до форми витяжних зонти. У зарубіжній практиці іноді електрпечі укладають у вентилявані кожухи.

Пропускную спроможність системи зонтів під дахом розраховують з урахуванням ємності печі і виходячи з умов відводу газів в кількості близько 7-12 тис.м³/год на 1 т сталі в злитках [22].

Джерелами пилогазових виділень в СПЦ-1 ПАТ «Дніпроспецсталь» є електродугові сталеплавильні печі. Для локалізації і знешкодження шкідливих викидів, що утворюються при роботі основного технологічного устаткування передбачена система газоочисток «мокрого» типу.

Газоочистка електросталеплавильної печі (ЕП) №1 виконана за схемою: піч – водоохолоджуванний газозабірний патрубок – газохід брудного газу – щілинна труба Вентурі – циклон-краплевловлювач – газохід чистого газу – млиновий вентилятор – димова труба (рис. 4.14).

Відбір димових газів від ЕП №1, 2 здійснюється від арки робочого вікна. Гази з температурою близько 1600⁰С з робочого простору печі надходять через водоохолоджуванний газозабірний патрубок в футерований газохід, де відбувається дожигання окису вуглецю, і охолодження газоповітряної суміші до температури 350 ÷ 400⁰С. Далі охолоджені гази по футерованим підземним боровам або газоходам транспортуються до газоочисток.

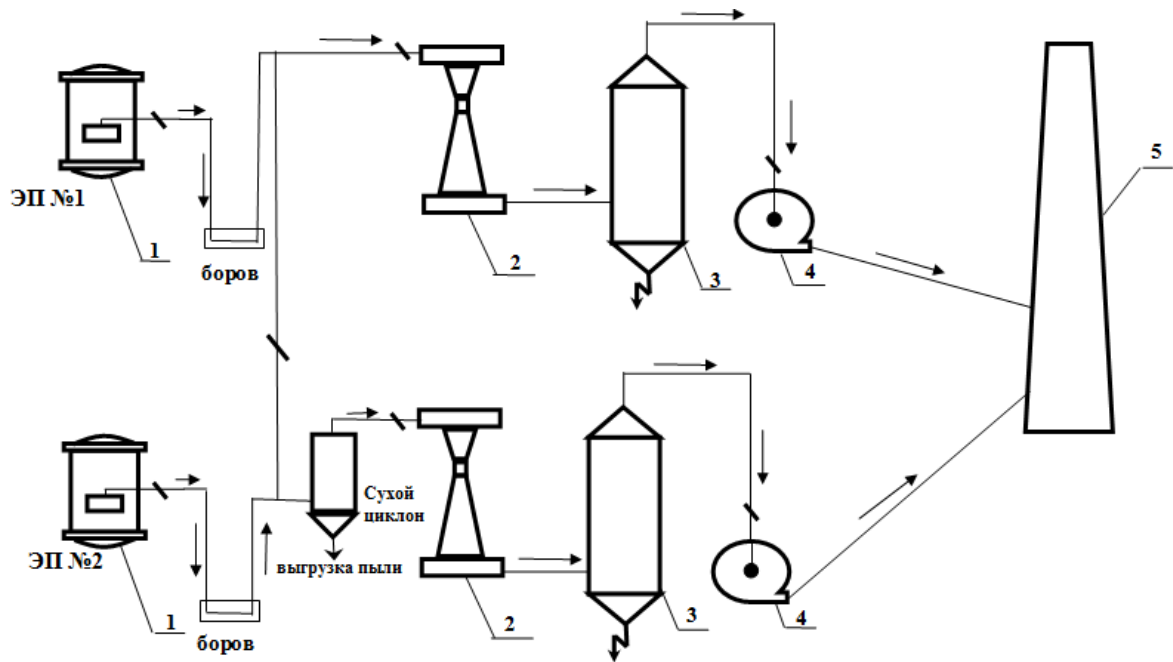
По індивідуальним газоходам брудні гази надходять в скруббер Вентурі, що складається з щілинної труби Вентурі і циклону-краплевловлювача.

Зрошення труб Вентурі здійснюється спреєрними форсунками з отворами $d_y = 20$ мм. Кут розкриття факела розпилюється спреєр води – 100⁰. Висота установки форсунки 400 мм над горловиною. Відстань від форсунки до початку горловини труби Вентурі 700 мм. Тиск води, що подається на форсунки, становить 294,3 ... 392,4 кПа (3 ÷ 4 ат).

Після труби Вентурі гази надходять в нижній колектор, звідки направляються в відцентровий краплевловлювач типу ОТІ. Очищення газового потоку від пилу і крапельної вологи відбувається за рахунок відцентрових сил, що виникають в краплевловлювачі при тангенціальному введенні потоку в апарат.

Очищені гази після краплевлловлювача надходять на млиновий вентилятор ВМ-75/1200-У і викидаються через димову трубу в атмосферу.

Очищений газ на газоочистці печей № 1, 2 викидається в атмосферу за допомогою димової труби, висотою 80 м і діаметром гирла 2500 мм.



1 – электродугова піч; 2 – труба Вентурі; 3 – циклон-краплевлловлювач;
4 – вентилятор ВМ-75/1200-У; 5 – димова труба; 6 – дросель – клапан

Рисунок 4.14 - Принципова схема газоочисток від ЕП № 1, 2 в СПЦ-1

Обґрунтування та вибір очищення газових викидів від електродугових печей. Запропоновано використовувати накатний зонт. Дане рішення дозволить при мінімальних затратах отримати максимальний ефект, так як такий тип зонта може бути встановлений максимально близько до джерела пиловиділення – склепіння печі, і не заважає роботі допоміжного обладнання, наприклад кранів. Зонт забезпечить повне уловлювання викидів, що виділяються через фурмені і електродні отвори в усі періоди плавки, навіть при відкритій заслінці робочого вікна.

В даний час у світовій практиці найбільш застосовується схема відбору газів дугових електропечей, при якій технологічні гази і неорганізовані викиди, що вловлюються зонтом, об'єднуються і далі надходять на газоочисну установку.

Таким чином, пропонується комбінована схема відбору димових газів від електропечей, при якій викиди від зонта і від патрубка арки робочого вікна об'єднуються і надходять на газоочистку. При цьому газовідвідний патрубков розташовують на відстані 20-50 мм від стаціонарно встановленої приймальної воронки приймального патрубка. Виходить з печі струмінь газу підсмоктує навколишнє повітря, в результаті чого обсяг суміші збільшується приблизно в шість разів. Оксид вуглецю, що міститься в газі, допалюють в спеціальній камері в атмосфері повітря, що відсмоктується, потім газ прямує в систему газоочистки.

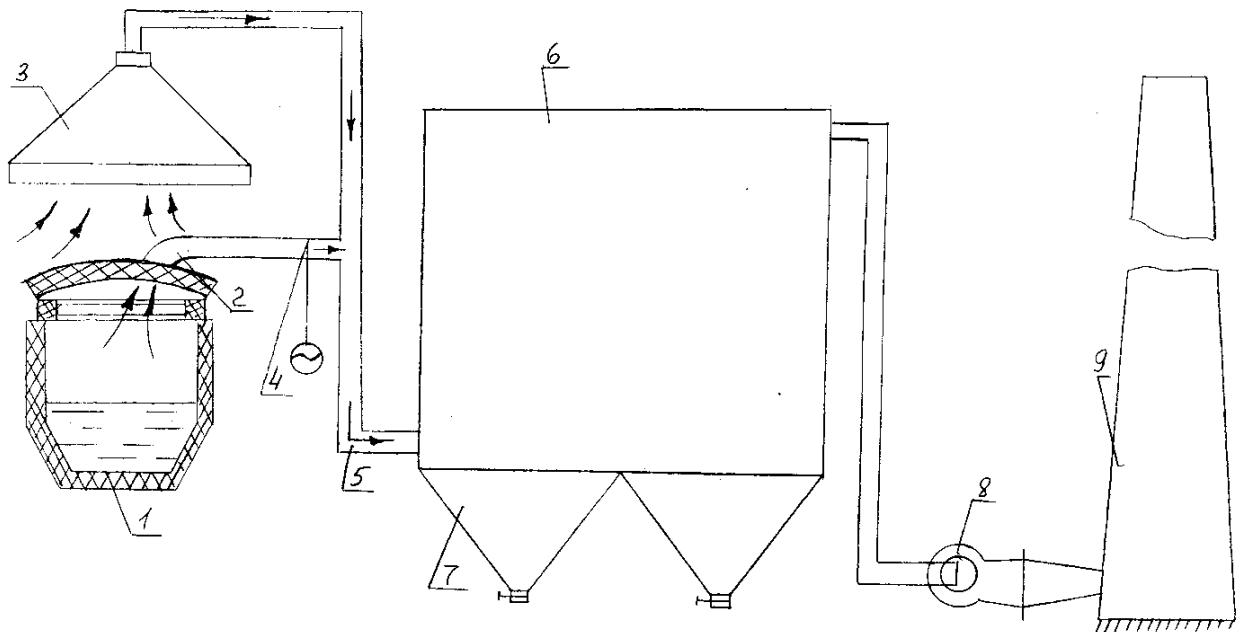
Запропоновано відведення неорганізованих викидів від печей здійснювати через зонти, розташовані над мостовими кранами, що обслуговують дані печі. Конструкції зонтів забезпечують локалізацію неорганізованих викидів і враховують проведення технологічних операцій на даних печах. Зонти складаються з двох секцій, які працюють по черзі при плаванні, завантаження і вивантаження.

Таким чином, пропонується оснастити кожен електродугову піч індивідуальною системою очищення технологічних газів і неорганізованих викидів з установкою рукавного фільтра типу ФРІР виробництва ТОВ НВП «Дніпроенергосталь» і відповідного нового тягодутьового обладнання (рис. 4.15).

Рукавні фільтри типу ФРІР мають наступні переваги перед іншими що серійно випускаються:

- економічність в роботі;
- менші габарити при тій же продуктивності;

- простота конструктивного оформлення (закріплення рукавів проводиться з одного боку у верхній частині фільтру, що гранично спрощує заміну рукавів);
- підвищена ремонтпридатність фільтру;
- ефективність імпульсної регенерації, здійснюваної за допомогою клапанів з підвищеною швидкодією;
- розміщення на відкритому повітрі з укриттям тільки верхньої частини фільтру.



1 - піч; 2 - отвір у своді; 3 - зонт; 4 - вибуховий клапан; 5 - газохід брудного газу; 6 - рукавний фільтр; 7 - пиловий бункер; 8 - димососи; 9 - труба

Рисунок 4.15 – Принципіальна схема очищення газів дугових електропечей в рукавному фільтрі

Регенерація рукавів імпульсним продуванням здійснюється шляхом подачі імпульсів стислого повітря всередину рукава, при цьому тиск стислого повітря на вході в рукавний фільтр до 0,5 МПа (5 кгс/см²), а в накопичувачах стислого повітря в межах 0,3 – 0,5 МПа [28].

Хоча застосування стислого повітря не є дешевим способом регенерації, проте, фільтри з імпульсним продуванням мають підвищене навантаження по газу. Швидкість фільтрування в рукавних фільтрах з імпульсним продуванням за інших рівних умов на 20...30% вище, ніж у фільтрах з механічною регенерацією і зворотним продуванням, завдяки ефективнішою регенерацією за допомогою дуже коротких імпульсів. При ефективній регенерації загальний термін служби рукавів в цих фільтрах вищий, рукави менше зношуються, і до їх заміни залишкова запилена зберігається на рівні 15...50 мг/м³, і лише в окремих випадках ці значення перевищуються.

Техніко-економічні показники приведені в таблиці 4.6. Базовим варіантом є одноступінчата схема очищення, що складається з чотирьох труб Вентурі, чотирьох краплевловлювачів. Труби Вентурі типу ГВПВ-0,100-400 з горловиною діаметром 370 мм. Циклон – краплевловлювач типу (ВТІ). Як спонукачі тяги використовують вентилятори марки ВМ-75/1200-У. Вони служать для відсмоктування технологічних газів від печі і подачі їх на газоочистку. Вентилятор комплектується електродвигуном А-114-4м потужністю 320 кВт, числом оборотів 1480 об/хв. Вентилятори встановлені перед скруббером Вентурі. Початкова запиленість газів складає 1,8 г/м³, кінцева запиленість складає 0,072 г/м³. Ступінь очищення газів від тонкодисперсного пилу по такій схемі складає 96 %. Проте скрубери Вентурі володіють великим гідравлічним опором (до 10 кПа і вище), тому вони відносяться до розряду високоенергоємних апаратів.

Проектний варіант передбачає комбінований відбір запилених газів зонтом, який встановлений над піччю, і від арки робочого вікна. Кількість газів, що відбираються від місць виділень, регулюється замочно-регулювальною арматурою. Запилене аспіраційне повітря за допомогою повітропроводів прямує у вузол входу «брудного» газу в рукавний фільтр ФРІР-2700 і після тонкого очищення за допомогою димаря викидається в атмосферу. Спонукачем тяги в системі є димотяги ДН-26. Димар металевий

діаметром 2220 мм і заввишки 80,0 м. Уловлений в рукавному фільтрі пил при регенерації осідає в бункері, звідки за допомогою шлюзового живильника прямує в систему пилоприбирання. Початкова запиленість газу $1,8 \text{ г/м}^3$, кінцева запиленість 18 мг/м^3 . Ефективність очищення по такій схемі 99 %.

Таблиця 4.6 – Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки електросталеплавильного цеху

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Проектний
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1360,375	1380,090
2	Вміст пилу в газі:	г/м ³	1,8	1,8
	- до очищення			
	- після очищення		0,072	0,018
3	Капітальні вкладення	тис. грн.	49925,6	59785,615
4	Витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	35,32	34,664
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн.	—	1,48
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн.	35,22	33,184

4.4 Висновки до розділу 4

1. Сучасні способи виробництва сталі розрізняються за використанням джерел енергії, звідси, безумовно, різний їх вплив на довкілля. Найбільш розповсюджені такі способи виробництва сталі: мартенівський, киснево-конверторний та електросталеплавильний.

2. З усіх пилогазових викидів із сталеплавильних агрегатів найбільша кількість припадає на мартенівські печі: 90% оксидів сірки, 85% оксидів азоту та 75% пилу. В нашій країні найбільше розповсюдження отримали дві

схеми очистки мартенівського газу: суха в електрофільтрах та мокра.

3. У кваліфікаційній роботі пропонується очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської двованної печі, сухим способом з використанням рукавного фільтру. Система газоочищення включає: котел-утилізатор, порожнистий скрубєр, рукавний фільтр, димотяг і димову трубу. Для того щоб понизити температуру газів після котла-утилізатора з 250°C до температури, що відповідає технічним характеристикам роботи рукавних фільтрів – 135°C (краткочасно температура може підвищитися до 150°C), пропонується встановити порожнистий скрубєр. Запропонована схема має ряд переваг: отримання пилу в готовому виді для повернення у виробництво; відсутність шламового господарства.

4. Для очистки конверторного газу від пилу використовують скрубєри Вентурі, електрофільтри та тканинні фільтри. Ефективність існуючих способів очищення приблизно однакова: всіма методами можна понизити концентрацію пилу в газах до 50 мг/м^3 , що відповідає санітарним вимогам, тобто ступінь очищення складає 98-99 %. Пропонується сухий спосіб очищення газів в електрофільтрі типа ЕГА. Переваги сухої газоочистки в електрофільтрах: енерговитрати (а також трудові витрати) при експлуатації електрофільтрів у декілька разів нижче, ніж при експлуатації скрубєрів Вентурі; відсутнє водно-шламове господарство; при очищенні в електрофільтрі відсутній краплевиніс, унаслідок чого підвищується термін служби газоходів, оскільки немає заростання і корозії труб; опір сухих електрофільтрів невеликий.

5. У кваліфікаційній роботі за вибраною схемою газ, виходячи з конвертера, по газоходу поступає в камеру для допалювання оксиду вуглецю, потім в котел-утилізатор, в якому газ охолоджується до 850°C . Далі газ прямує у випарний скрубєр, на виході з якого має температуру біля 200°C . Далі забруднений газ прямує на очищення в сухий електрофільтр.

6. Очистку газів від електросталеплавильних печей здійснюють мокрим способом у швидкісних пиловловлювачах з високонапірними трубами

Вентурі і сухим способом в пластинчастих електрофільтрах або тканинних рукавних фільтрах. В даний час у світовій практиці найбільш застосовується схема відбору газів дугових електропечей, при якій технологічні гази і неорганізовані викиди, що вловлюються зонтом, об'єднуються і далі надходять на газоочисну установку. Пропонується комбінована схема відбору димових газів від електропечей, при якій викиди від зонта і від патрубка арки робочого вікна об'єднуються і надходять на газоочистку. При цьому газовідвідний патрубок розташовують на відстані 20-50 мм від стаціонарно встановленої приймальної воронки приймального патрубка. Виходить з печі струмінь газу підсмоктує навколишнє повітря, в результаті чого обсяг суміші збільшується приблизно в шість разів. Оксид вуглецю, що міститься в газі, допалюють в спеціальній камері в атмосфері повітря, що відсмоктується, потім газ прямує в систему газоочистки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

5.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Оскільки робота інженера-еколога пов'язана з персональним комп'ютером (ПК), то на людину буде впливати ціла група шкідливих факторів, пов'язаних із застосуванням комп'ютерної техніки, що разом з погано організованим робочим місцем може призвести до зниження продуктивності праці. Для підвищення працездатності, одним із головних чинників є правильно організоване робоче місце інженера-еколога в офісному приміщенні. Комфортні і безпечні умови праці – один з основних факторів, які впливають на продуктивність працюючих з персональним комп'ютером.

Об'єктом дослідження є приміщення відділу досліджень фізичних та хімічних факторів ДУ «Запорізького обласного лабораторного центру МОЗ України», план якого наведено на рис. 5.1. Приміщення розташоване на першому поверсі адміністративної будівлі. Поблизу не має виробничого приміщення з підвищеним рівнем вібрації та шуму, а також високих дерев, які закривали б небосхил, зменшуючи природну освітленість.

Загальна площа приміщення 34 м², висота – 3 м, об'єм – 102 м³, приміщення має 4 вікна. Кількість працюючих в приміщенні 4 особи. У приміщенні розташовано 4 комп'ютери, розміщено 4 письмових столів, шафа для зберігання документів, відповідно до їх функціонального призначення.

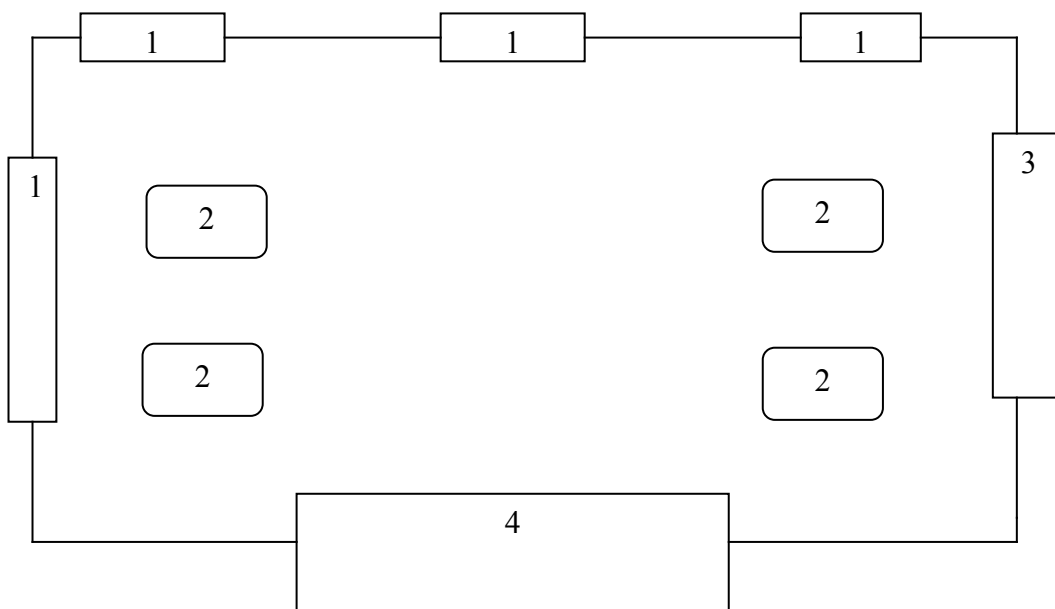
Отже, на одного працюючого в приміщенні припадає робочої площі та об'єму:

$$34 : 4 = 8,5 \text{ м}^2/\text{чол.}$$

$$102 : 4 = 25,5 \text{ м}^3.$$

Можна зробити висновок, що нормативи розмірів та забезпечення працюючих робочою площею та об'ємом дотримано, оскільки норматив

складає 6 м²/чол. та 20 м³/чол. відповідно, якщо використовуються комп'ютери.



1 – вікна; 2 – робочі столи з комп'ютерами; 3 – шафа; 4 – двері

Рисунок 5.1 – План приміщення відділу досліджень фізичних та хімічних факторів

Щодо технологічної оснащеності робочого місця, то воно відповідає вимогам нормативно-правових актів, що регулюють питання охорони праці під час користування офісною технікою. Робочі місця розташовані на відстані 1 м від стіни з вікном. Прохід між рядами робочих місць – 1 м. Кожного дня проводиться вологе прибирання. У приміщенні знаходиться дві медичні аптечки першої допомоги.

В приміщенні на інженера-еколога можуть негативно впливати наступні фактори: шкідливі – підвищена або знижена температура повітря; підвищена або знижена вологість повітря; недостатня освітленість робочого місця; електромагнітні випромінювання різних частотних діапазонів; підвищений рівень шуму; іонізація повітря; статична електрика; небезпечні –

небезпека ураження електричним струмом; психофізіологічні – перенапруження зорового аналізатора; статичні, фізичні навантаження та недостатня рухома активність; нервово-емоційне напруження; розумове напруження.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця інженера-еколога представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу інженера-еколога

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :						
	I клас безпеки – озон	0,1	0,1				40
	II клас безпеки						
	III-IV клас безпеки – оксиди азоту	5	2				40
2	Пил, фіброгенної дії, мг/м ³	4	1,1				50
3	Шум, дБА	50-60	52				75
4	Мікроклімат в приміщенні:						
	- температура повітря, °C	22-24	24				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,1				100
	- відносна вологість повітря, %	40-60	45				100
5	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю

нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

5.2 Заходи з поліпшення умов праці

Вимоги, щодо організації та конструкції робочих місць в приміщенні відділу, забезпечують підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками:

- ступні ніг на підлозі, стегна – в горизонтальній площині, передпліччя – вертикально, лікті під кутом 80 градусів до вертикальної площини, зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20 градусів відносно горизонтальної площини, нахил голови – 15-20 градусів відносно вертикальної площини;

- периферійні пристрої (принтер, сканер) розташовано на основному робочому місці з лівого боку;

- висота робочої поверхні столу для ПК становить 715 мм, ширина – 1000 мм;

- робоче сидіння користувача ПК – стілець, поверхня стільця напівм'яка з неслизьким покриттям;

- монітор розташовано на оптимальній відстані 700 мм від очей користувача, а клавіатура – на відстані 600 мм, розташування монітору забезпечує зручність зорового спостереження.

5.3 Виробнича санітарія

Приміщення відділу є приміщенням з легкою категорією важкості праці (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги [29]: оптимальна температура повітря – 22-24 °С (допустима – 21-25 °С); оптимальна відносна вологість – 40-60% (допустима – не більше 75%); швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с; атмосферний тиск –

750 мм.рт.ст.; вміст пилу – не більше 4 мг/м^3 повітря робочого місця, максимальні розміри частинок – 2 мкм.

Температура повітря в приміщенні не повинна опускатися нижче $+21^\circ\text{C}$, а при повній завантаженості устаткування температура повітря не повинна перевищувати $+25^\circ\text{C}$.

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря [29].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300 лк, а комбінована – 750 лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно [30].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці також застосовується штучне освітлення, яке обладнане системою загального рівномірного освітлення. Застосовують лампи накаливання, потужністю 100 Вт, кількість ламп у світильнику – 2 шт. Світильники розташовані з одного боку від екрана монітору. Мінімальна освітлюваність лампи розжарювання за нормами $E_{\min}=100$ лк [30].

Рівень шуму створюється в приміщенні друкованими пристроями, розмножувальною технікою, обладнанням для кондиціонування повітря та вентиляторами систем охолодження. Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що в свою чергу веде до виробничих помилок.

Для зниження шуму під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, войлоку, завтовшки 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин.

Зниження рівня шуму, проникаючого в виробниче приміщення ззовні,

може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей. Еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 60 дБА [30].

В якості заходів для зниження шуму можна запропонувати наступне: заміна матричного принтера на лазерний, оскільки він виробляє менший рівень шуму; установка нового устаткування з меншим рівнем шуму.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони являють собою джерела найбільш шкідливих випромінювань, що несприятливо впливають на здоров'я інженера-еколога. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова викликає велику реакцію, ніж електрична.

Рівні напруженості електростатичних полів повинні складати не більше 20 кВ/м. Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеному рівні напруженості полів слід скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви протягом півтора годин роботи, обов'язково застосовувати захисні екрани, не розміщувати їх концентровано в робочій зоні і вимикати їх, якщо на них не працюють.

Для безпечної роботи на ПК необхідно перебувати на відстані не менше 50 см від екрана дисплея. Для зниження впливу всіх видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де виконується робота на комп'ютерах, в тому числі на лазерних та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів.

5.4 Заходи з електробезпеки

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) за небезпекою ураження електричним струмом приміщення належить до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом працюючих, оскільки в ньому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку [31].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, 4 персональних комп'ютера, 1 кондиціонер, допоміжні пристрої (принтер, сканер). Напруга, яка використовується для роботи електричних приладів складає 220 В.

ПК, периферійні пристрої підключені до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Електророзетки для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв виконані за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань в одному колі. Розетки знаходяться на відстані 80 см від полу.

Основними причинами поразки працівника приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути:

- несправність розетки;
- пошкодження ізоляції дротів комп'ютера;
- порушення правил експлуатації техніки;
- заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в приміщенні є захист від дотику до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи [32].

Електричні мережі і установки в приміщенні виконані так, що їх струмоведучі частини недоступні для випадкового дотику, по периметру приміщення проведений заземлюючий контур, підлога дерев'яна для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики, також передбачена система аварійного відключення електрики в разі поломки або

аварійної ситуації. Батареї опалення, водопровідні труби захищені діелектричними щитками від випадкового дотику.

5.5 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Приміщення відділу екологічної безпеки за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії В, за вибухонебезпечною робочою зоною приміщень належить до класу В-Па, за пожежонебезпечною робочою зоною належить до класу П-Па. За ступенем вогнестійкості будівель та споруд приміщення належить до 2 ступеня [33].

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробоя ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для запобігання пожежі приміщення оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповіщувачами, кнопкою виклику пожежної служби та переносним вуглекислотним вогнегасником ВВ-5. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами.

Біля телефонних апаратів повинні бути знаходитись таблички з номером виклику пожежної служби, внаслідок виникнення пожежі. Шлях до виходу при евакуації в надзвичайних ситуаціях не повинен бути заставлений речами чи сміттям, що будуть заважати.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

- необхідно залишатися спокійним, не панікувати;
- при необхідності прийняти заходи щодо евакуації та порятунку

людей та матеріальних цінностей (рис. 5.2);

– у разі виявлені пожежі, ознак горіння, задимлення чи запаху необхідно визначити причину, і при можливості розпочати заходи ліквідації пожежі;

– при горінні ПК чи інших діючих електроустановок необхідно використовувати вуглекислотні вогнегасники;

– при неможливості ліквідації пожежі необхідно повідомити пожежну службу по телефону 101;

– при повідомлені необхідно чітко назвати адресу, назву установи, що горить, чи є в приміщенні люди, або вибухові речовини;

– після виклику необхідно зустріти пожежну службу, організувати доступ на територію підприємства, чи установи, допомогти, якщо це потрібно.

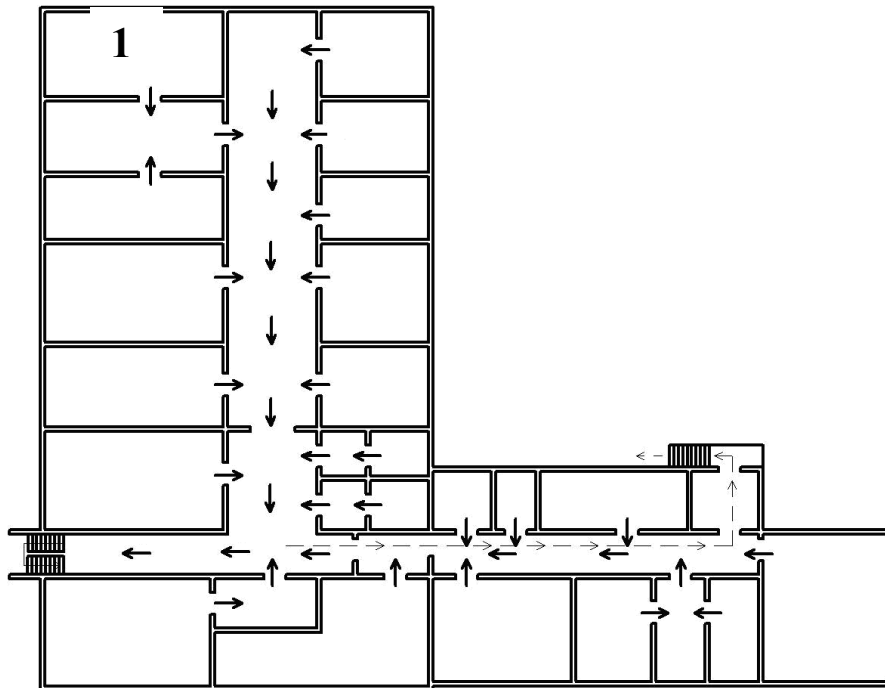


Рисунок 5.2 – План евакуації персоналу у разі виникнення пожежі: 1 – відділ досліджень фізичних та хімічних факторів

5.6 Розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів

Розрахуємо повітрообмін у приміщенні при працюючих в кількості 4 особи, 4 комп'ютера, принтеру і сканеру, потужності освітлювальних приладів 520 Вт. Температура повітря у приміщенні 24 °С. Максимальна кількість тепла від сонячної радіації через вікна 150 Вт. Різниця температур припливного та видаляемого повітря складає ~5 °С. Кількість явного тепла, яке виділяється однією людиною 95 Вт. Теплоємність повітря $C_p=1000$ Дж/кг; $\rho=1,2$ кг/м³. Потужність одного комп'ютера 300 Вт.

Проведемо розрахунок надходження тепла в приміщення, Вт:

$$Q_{надл.} = Q_{обл.} + Q_L + Q_{осв.} + Q_{рад.}, \quad (5.1)$$

Надходження тепла під час роботи обладнання, Вт:

$$Q = n \cdot P \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (5.2)$$

де n – кількість комп'ютерів, $n=4$;

$P=300$ Вт – встановлена потужність комп'ютера;

$k_1 = 0,8$, коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_2 = 0,5$, коефіцієнт одночасної роботи обладнання;

$$Q_{обл.} = 4 \cdot 300 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 480 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо надходження тепла від людей, Вт:

$$Q_L = n_L \cdot q_L, \quad (5.3)$$

$$Q_L = 4 \cdot 95 = 380 \text{ Вт.}$$

Обчислюємо кількість загального тепла в приміщенні:

$$Q_{надл.} = 480 + 380 + 520 + 150 = 1530 \text{ Вт.}$$

Проведемо розрахунок повітрообміну, м³/год:

$$L = \frac{Q \cdot 3600}{C_p \cdot \rho \cdot (t_{вид} - t_{примл.})}, \quad (5.4)$$

$$L = \frac{1530 \cdot 3600}{1000 \cdot 1,2 \cdot (24 - 19)} = 918 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати у приміщення не менше 915 м³/год повітря.

5.7 Висновку до розділу 5

1. Було проведено аналіз умов праці на робочому місці інженера еколога в приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні.

2. Виконаний розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів. Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати у приміщення не менше 915 м³/год повітря.

ВИСНОВКИ

1. В першому розділі було проведено аналіз інформації про характеристику викидів стаціонарних джерел промислових підприємств м. Запоріжжя, особливостей їх впливу на організм людини. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. т, що на 6,2 тис. т менше, ніж у 2018 році. У 2019 році зменшились обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу і склали 101,9 кг, тоді як у 2018 році – 104,5 кг. В структурі викидів забруднюючих речовин основну частину складають діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом.

2. В другому розділі розглянуто методологію оцінки ризику для здоров'я населення, розроблену Агентством охорони навколишнього середовища США (EPA U.S.).

3. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при довічному інгаляційному впливі на всіх вулицях Заводського (HQ = 5,33÷9,47) та Вознесенівського (HQ = 5,6÷8,53) районів, та на середньому рівні – при гострому впливі на всіх вулицях Заводського (HQ = 1,33÷2,37) та Вознесенівського (HQ = 1,4÷2,13) районів.

4. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при хронічному інгаляційному впливі в Заводському (HQ = 7,6) та Вознесенівському (HQ = 7,2) районах, при гострому впливі – на середньому рівні в Заводському (HQ = 1,9) та Вознесенівському (HQ = 1,8) районах.

5. Розрахунки додаткових випадків смерті від дії зважених часток складають 86,03 в 2019 році на все населення Заводського району, або 15,5 на

10 000 населення, 152,25 на все населення Вознесенівського району, або 15 на 10 000 населення.

6. Сучасні способи виробництва сталі розрізняються за використанням джерел енергії, звідси, безумовно, різний їх вплив на довкілля. Найбільш розповсюджені такі способи виробництва сталі: мартенівський, киснево-конверторний та електросталеплавильний. В нашій країні найбільше розповсюдження отримали дві схеми очистки відхідних газів: суха в електрофільтрах і рукавних фільтрах та мокра.

7. У кваліфікаційній роботі пропонується очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської двованної печі, сухим способом з використанням рукавного фільтру. Система газоочищення включає: котел-утилізатор, порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димотяг і димову трубу. Для того щоб понизити температуру газів після котла-утилізатора з 250°C до температури, що відповідає технічним характеристикам роботи рукавних фільтрів – 135°C (краткочасно температура може підвищитися до 150°C), пропонується встановити порожнистий скруббер.

8. Для очистки конверторного газу від пилу використовують скрубери Вентурі, електрофільтри та рукавні фільтри. Ефективність існуючих способів очищення приблизно однакова: всіма методами можна понизити концентрацію пилу в газах до 50 мг/м^3 , що відповідає санітарним вимогам, тобто ступінь очищення складає 98-99 %. Пропонується сухий спосіб очищення газів в електрофільтрі типа ЕГА. Переваги сухої газоочистки в електрофільтрах: енерговитрати при експлуатації електрофільтрів у декілька разів нижче, ніж при експлуатації скрубберів Вентурі; відсутнє водно-шламове господарство; при очищенні в електрофільтрі відсутній крапливиніс, унаслідок чого підвищується термін служби газоходів, оскільки немає заростання і корозії труб; опір сухих електрофільтрів невеликий.

9. У кваліфікаційній роботі пропонується очищення від пилу газів, що відходять з конвертера, сухим способом з використанням електрофільтру. Газ по газоходу поступає в камеру для допалювання оксиду вуглецю, потім в

котел-утилізатор, в якому газ охолоджується до 850 °С. Далі газ прямує у випарний скруббер, на виході з якого має температуру біля 200 °С. Далі забруднений газ прямує на очищення в сухий електрофільтр.

10. Очистку газів від пилу електросталеплавильних печей здійснюють мокрим способом у швидкісних пиловловлювачах з високонапірними трубами Вентурі і сухим способом в пластинчастих електрофільтрах або тканинних рукавних фільтрах. В даний час у світовій практиці найбільш застосовується схема відбору газів дугових електропечей, при якій технологічні гази і неорганізовані викиди, що вловлюються зонтом, об'єднуються і далі надходять на газоочисну установку. Пропонується комбінована схема відбору димових газів від електропечей, при якій викиди від зонти і від патрубка арки робочого вікна об'єднуються і надходять на газоочистку.

11. В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці інженера еколога в приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні.

12. Виконаний розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів. Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати у приміщення не менше 915 м³/год повітря.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Кауля В.С. Прогнозування динаміки забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2015. Том 9, №1. С. 56-63.
- 2 Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Иванов С.И. Современные научные проблемы совершенствования методологии оценки риска здоровью населения. *Гигиена и санитария*. 2005. №2. С. 7-10.
- 3 Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации. Копенгаген: ВОЗ, 2001. №85. 294 с.
- 4 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
- 5 Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря»: затв. указом МОЗ України від 13 квіт. 2007 р. №184. 2007. 25 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2018 році. Запоріжжя: Запорізька обласна державна адміністрація, 2019. 289 с.
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році. Запоріжжя: Запорізька обласна державна адміністрація, 2017. 323 с.
8. Health and the environment in the WHO European Region: Situation and policy at the beginning of the 21st century: *Fourth Ministerial Conference on Environment and Health*, 23-25 June, 2004. Budapest, 2004. P. 23-128.
9. Большаков А.М., Крутько Е.В., Пуцилло В.Н. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. М: Эдиториал УРСС, 1999. 255 с.

10. МосМР 2.1.9.003-03. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. М.: Санэпидмедиа, 2003. 28 с.

11. Федорченко Р.А. Гігієнічна оцінка та профілактика впливу атмосферних забруднень на населення у мегаполісі металургійної галузі: дис. на здобуття наукового ступеня к. мед. Наук: 14.02.01. Запоріжжя, 2016. 189 с.

12. Гриценко А.В. Заводський район міста Запоріжжя. Методичний посібник. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: http://akexgricen.blogspot.com/p/blog-page_85.html.

13. Видання Запорізької міської ради «Запорізька Січ» . Екологія і здоров'я [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: <http://sich.zp.ua/najbilshe-povitrya-zabrudnene-v-zavodskomu-ordzhonikidzevskomu-ta-zhovtnevomu-rajonakh-takij-rezultat-otrimali-spetsialisti-ses-za-rezultatami-monitoringu-atmosferi-oblasnogo-tsentru-protyagom-9-misya/>.

14. Соціально-економічний паспорт Заводського району станом на 20.09.2017 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: <http://www.zavodska-ra.zp.ua/pasport/?page=1>.

15. Богун С.В., Зорин С.В., Картавцев О.Н., Турос Е.И. Использование пространственного анализа загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха отдельными предприятиями города Запорожья при оценке риска их воздействия на здоровье населения. *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. 2003. Т. 17(56). №2. С. 18-26.

16. Гульченко Л.П., Глазкова М.Ф., Курляндський Б.А. О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде и их влияние на здоровье населения. М., 2002. 12 с. (Информ. Письмо / МЗО РФ Департамент ГСЭН).

17. Сердюк А.М., Турос О.І., Картавцев О.М., Петросян А.А., Бережний Є.О., Дюканов В.Г. Методичні рекомендації з оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових джерел. Київ, 2005. 38 с.

18. Белоконь К.В., Зануда Т.О., Плахотня К.О. Аналіз методів очистки газів в умовах електросталеплавильного виробництва. V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 186-189.

19. Белоконь К.В., Плахотня К.О., Столпакова О.В., Тарабан Є.В. Аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. Т. 4 С. 128.

20. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2005. 767 с.

21. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки на металлургическом производстве. М.: Металлургия, 1990. 400 с.

22. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.1. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 917 с.

23. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справ. изд. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

24. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов: учеб. пособие К.: Высшая шк., 1992. 333 с.

25. Гаврилко С.О. Теорія і технологія сталеплавильного виробництва. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 «Металургія чорних металів». Запоріжжя, 2005. 120 с.

26. Белоконь К.В., Нестеренко А.В., Тарабан Є.В., Столпакова О.В. Аналіз методів очистки газів в умовах мартенівського виробництва. V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 169-172.

27. Самохвалов Г.В., Черныш Г.И. Электрические печи черной металлургии : уч. пособие для вузов. М. : Металлургия, 1984. 232с.

28. Технический каталог оборудования и услуг. Запорожье : ООО Научно-производственное Предприятие «Днепроэнергосталь», 2002. 52 с.
29. Жидецкий В.Ц. Основы охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.
30. Геврик Є.О. Охорона праці: [навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
31. Кузнецов Б.В. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок. Мн.: Беларусь, 1987. 479 с.
32. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
33. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. М., 1992.

ДОДАТКИ

Додаток А

**Усереднені рівні добових і річних концентрацій зважених речовин
викидів Заводського та Вознесенівського районів**

Таблиця А.1 – Рівні концентрацій зважених речовин на досліджуваних вулицях

Вулиця	2019
Фінальна	0,71
Фундаментальна	0,6
Морфлотська	0,68
Зразкова	0,55
Билкіна	0,4
Електрична	0,52
Оптимістична	-
Історична	-
Вогнетривка	0,54
Адмірала Ушакова	-
Перспективний провулок	-
Посадочна	-
Автобусна	-
Машинна	-
Павлокічкасна	-
Скворцова	-
Середньорічна концентрація	0,57

Таблиця А.2 – Рівні концентрацій зважених речовин (PM₁₀) на досліджуваних вулицях

Вулиця	2019
Фінальна	0,39
Фундаментальна	0,33
Морфлотська	0,37
Зразкова	0,3

Билкіна	0,22
Електрична	0,29
Оптимістична	-
Історична	-
Вогнетривка	0,3
Адмірала Ушакова	-
Перспективний провулок	-
Посадочна	-
Автобусна	-
Машинна	-
Павлокічкасна	-
Скворцова	-
Середньорічна концентрація	0,31

Усереднені рівні добових і річних концентрацій забруднюючих речовин викидів Вознесенівського району

Таблиця А.3 – Рівні концентрацій зважених речовин на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С**
2019	0,64	0,55	-	0,53	0,52	0,54	0,52	0,61	-	0,53	-	0,6	0,5	-	0,64	0,42	-	0,48	0,54

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Таблиця А.4 – Рівні концентрацій зважених речовин (PM₁₀) на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С**
2019	0,35	0,30	-	0,29	0,29	0,30	0,29	0,34	-	0,29	-	0,33	0,28	-	0,35	0,23	-	0,26	0,3

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

**Перевищення ГДК забруднюючих речовин по Заводському та
Вознесенівському районах за 2019 рік**

Таблиця Б.1 – Перевищення ГДК по Заводському району в 2019 році

Дата	Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ГДК)
1	2
03.01.2019	вул. Фундаментальна: - пил – 0,61 мг/м ³ , в 1,22 рази вище ГДК;
02.02. 2019	вул. Зразкова: - пил – 0,06 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; вул. Фінальна: - пил – 0,07 мг/м ³ , в 1,4 рази вище ГДК;
12.03. 2019	вул. Зразкова: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;
18.04. 2019	вул. Фінальна: - пил – 0,85 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК;
04.04. 2019	вул. Зразкова: - пил – 0,71 мг/м ³ , в 1,42 рази вище ГДК;
05.04. 2019	вул. Фінальна: - пил – 0,72 мг/м ³ , в 1,44 рази вище ГДК;
16.05. 2019	вул. Морфлотська: - пил – 0,76 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК;
13.06. 2019	вул. Вогнетрівна – Фундаментальна: - пил – 0,67 мг/м ³ , в 1,34 рази вище ГДК;
17.07. 2019	вул. Фундаментальна: - пил – 0,66 мг/м ³ , в 1,32 рази вище ГДК;
24.07. 2019	вул. Морфлотська: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;

Продовження таблиці Б.1

1	2
14.08. 2019	вул. Зразкова:

	- пил – 0,77 мг/м ³ , в 1,54 рази вище ГДК;
15.08. 2019	вул. Фінальна: - пил – 0,66 мг/м ³ , в 1,32 рази вище ГДК;
27.09. 2019	вул. Фінальна: - пил – 0,66 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК; вул. Фундаментальна: - пил – 0,51 мг/м ³ , в 1,02 рази вище ГДК;
29.10. 2019	вул. Фінальна: - пил – 0,63 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
30.10. 2019	вул. Фундаментальна: - пил – 0,63 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК.

Таблиця Б.2 – Перевищення ГДК по Вознесенівському району за 2019 рік

Дата	Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ГДК)
1	2
20.02. 2019	вул. Я. Нахімова: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;
23.04. 2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,74 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК;
10.05. 2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
14.05. 2019	вул. Сєдова: - пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК;
15.05. 2019	вул. Антенна: - пил – 0,63 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;

Продовження таблиці Б.2

1	2
22.05. 2019	вул. Рекордна: - пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК;
23.05. 2019	пр. Соборний-пл. Шевченко: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
29.05. 2019	вул. Сталеварів-вул. Незалежної України:

	- пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК;
30.05. 2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
07.06. 2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,52 мг/м ³ , в 1,04 рази вище ГДК;
11.06. 2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,55 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
21.06. 2019	бул. Центральний: - пил – 0,54 мг/м ³ , в 1,08 рази вище ГДК;
26.07. 2019	вул. Рекордна: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;
07.08. 2019	пр. Соборний-бул. Шевченко: - пил – 0,55 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
21.06.2019	бул. Центральний: - пил – 0,54 мг/м ³ , в 1,08 рази вище ГДК;
26.07.2019	вул. Рекордна: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;
07.08.2019	пр. Соборний-бул. Шевченко: - пил – 0,55 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
05.09.2019	вул. Рекордна: - пил – 0,66 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;

Продовження таблиці Б.2

1	2
17.10.2019	вул. Незалежної України: - пил – 0,52 мг/м ³ , в 1,04рази вище ГДК;
18.10.2019	вул. Нахімова: - пил – 0,63 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
22.10.2019	вул. Волгоградська: - пил – 0,52 мг/м ³ , в 1,04рази вище ГДК.

Розрахунки

Таблиця В.1 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних та гострих** інгаляційних впливів викидів зважених речовин (TSP) від промислових підприємств Заводського району на досліджуваних вулицях за 2019 рік

№ п/п	Вулиці	Хронічний вплив	Гострий вплив
1.	Фінальна	9,47	2,37
2.	Фундаментальна	8,00	2,00
3.	Морфлотська	9,07	2,27
4.	Зразкова	7,33	1,83
5.	Билкіна	5,33	1,33
6.	Електрична	6,93	1,73
7.	Вогнетривка	7,20	1,80

Таблиця В.2 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних та гострих** інгаляційних впливів викидів зважених речовин (TSP) від промислових підприємств на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік

№ п/п	Вулиці	Хронічний вплив	Гострий вплив
1.	Антенна	8,53	2,13
2.	Рекордна	7,33	1,83
3.	Яценка	-	-
4.	Гагаріна	7,07	1,77
5.	Незалежної України	6,93	1,73
6.	бул. Центральний	7,2	1,8
7.	Волгоградська	6,93	1,73
8.	Адмірала Нахімова	8,13	2,03
9.	Матросова	-	-
10.	Сєдова	7,07	1,77
11.	Я. Новицького	-	-
12.	пр. Соборний	8	2
13.	бул. Шевченко	6,67	1,67
14.	Лермонтова	-	-
15.	Сталеварів	8,53	2,13
16.	Патріотична	5,6	1,4
17.	пр. Маяковського	-	-
18.	Єнісейська	6,4	1,6

Таблиця В.3 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних та гострих** інгаляційних впливів викидів зважених речовин від промислових підприємств у Заводському та Вознесенівському районах

Забруднюючі речовини	Заводський район		Вознесенівський район	
	хронічний	гострий	хронічний	гострий
Зважені речовини	7,6	1,9	7,20	1,8

Таблиця В.4 – Число додаткових випадків смерті від дії **зважених речовин (PM₁₀)** на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 році

Вулиці	Індивідуальний коефіцієнт ризику (SF)	Передбачуваний рівень добової смертності в місті Запоріжжі, пов'язаної з впливом концентрації 10 мкг/м ³ PM ₁₀ , (IRM)	Число додаткових випадків смерті в кожній рецепторній точці від концентрації PM ₁₀ ,(AM)
Фінальна	0,005	$1,945 \cdot 10^{-7}$	0,70
Фундаментальна			0,59
Морфлотська			0,66
Зразкова			0,54
Билкіна			0,39
Електрична			0,52
Вогнетривка			0,54
Заводський район на все населення			86,03
Заводський район на 10 000 населення			15,5

Таблиця В.5 – Число додаткових випадків смерті від дії **зважених речовин (PM₁₀)** на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2019 році

Вулиці	Індивідуальний коефіцієнт ризику (SF)	Передбачуваний рівень добової смертності в місті Запоріжжі, пов'язаної з впливом концентрації 10 мкг/м ³ PM ₁₀ , (IRM)	Число додаткових випадків смерті в кожній рецепторній точці від концентрації PM ₁₀ ,(AM)
Антенна	0,005	$1,945 \cdot 10^{-7}$	1,95
Рекордна			1,67
Яценка			-
Гагаріна			1,62
Незалежної України			1,62
бул. Центральний			1,67
Волгоградська			1,62
Адмірала Нахімова			1,90
Матросова			-
Сєдова			1,62
Я. Новицького			-
пр. Соборний			1,84
бул. Шевченко			1,56
Лермонтова			-
Сталеварів			1,95
Патріотична			1,28
пр. Маяковського			-
Єнісейська			1,45
На все населення			152,25
На 10 000 населення			15,00

Міністерство освіти і науки України
Інженерний інститут Запорізького національного університету
Кафедра прикладної екології та охорони праці

**Комплексна кваліфікаційна робота
на тему:**

**«Аналіз впливу технологій промислових підприємств на стан екологічної
безпеки атмосферного повітря»**

Тема спеціальної частини:

**«Аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику
для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря».**

Виконав:

ст. гр. ЗНС-18-1мд
Плахотня К.О.

Керівник:

к.т.н., доц. каф. ПЕОП
Белоконь К.В.

м. Запоріжжя
2020 р.

Метою кваліфікаційної роботи є встановити рівні ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря зваженими частками пилу та виконати аналіз технологій очистки газів від пилу.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних **завдань**:

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів, що зазнає впливу від викидів зважених часток пилу;

- охарактеризувати метеорологічну ситуацію, оцінити характеристику землекористування та особливості рельєфу території розміщення стаціонарних джерел викидів;

- розрахувати та оцінити неканцерогенні ризики за коефіцієнтами небезпеки (HQ) та додаткові ризики смерті (IRM) для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення атмосферного повітря викидами зважених часток пилу;

- виконати аналіз технологій очистки газів від пилу з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – вплив викидів зважених часток пилу на формування інгаляційного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії викидів стаціонарних джерел.

Предмет дослідження – ризики для здоров'я населення, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря (неканцерогенні ризики, індивідуальні ризики смерті).

Наукова новизна та практичне значення кваліфікаційної роботи

3

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше в м. Запоріжжі оцінено ймовірність виникнення небезпеки для здоров'я населення, обумовленої забрудненням атмосферного повітря викидами зважених часток пилу; обґрунтовано необхідність вивчення вмісту зважених часток PM_{10} , які входять до складу пилу недиференційованого за складом у викидах промислових підприємств, як провідного фактору ризику для здоров'я населення.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність кваліфікаційної роботи полягає у впровадженні результатів у діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», лікувально-профілактичних закладів та екологічних служб.

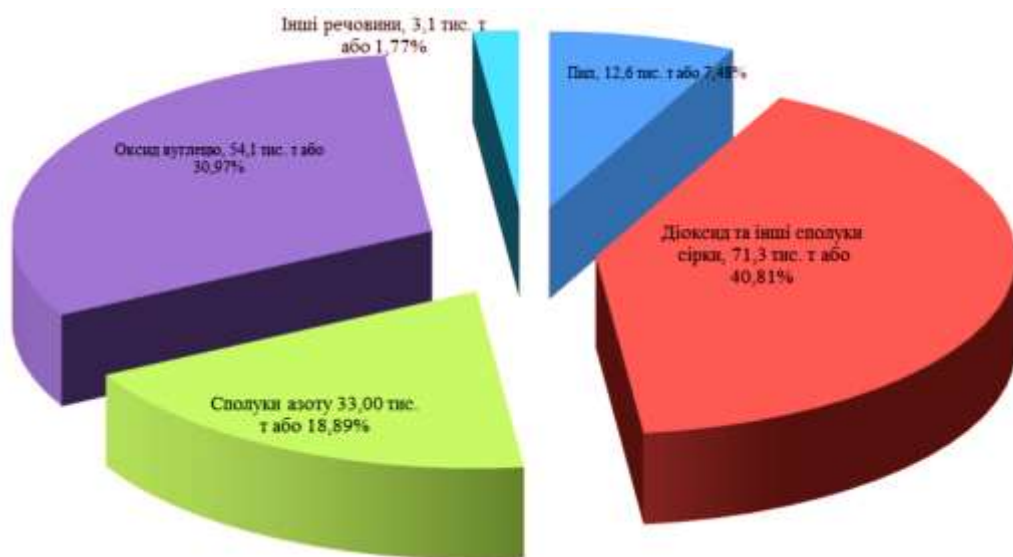
Особистий внесок автора.

Магістрант особисто планувала та виконувала наукові дослідження в рамках зазначеної теми: самостійно й у повному обсязі зібрано і оброблено первинний матеріал; проведено аналіз токсичності викидів промислових підприємств; проаналізовано ризику хімічного забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами; провела обробку отриманих даних; здійснила теоретичне узагальнення результатів дослідження, сформулювала основні наукові положення й висновки роботи.

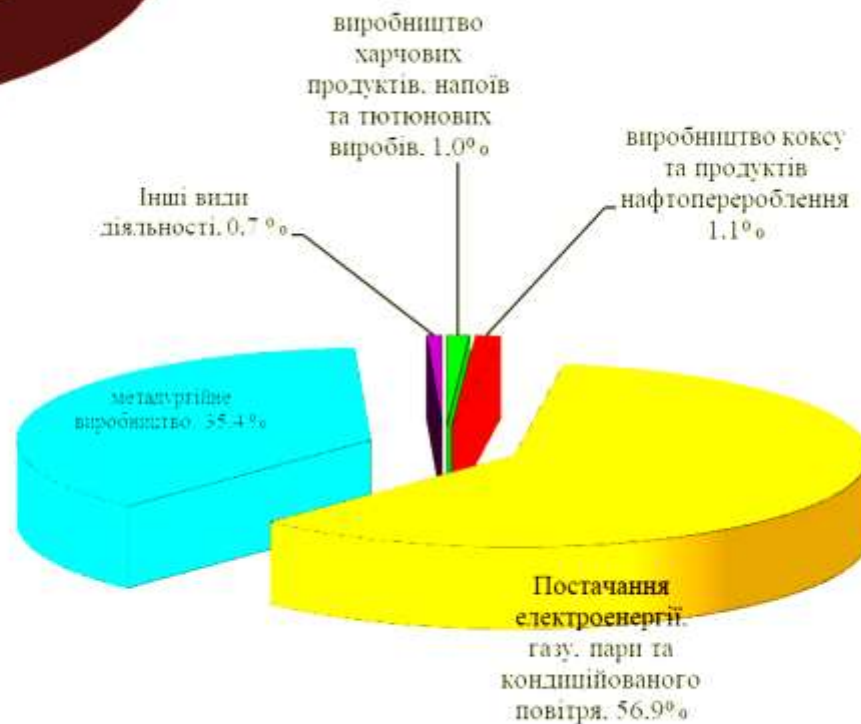
Відомості про апробацію результатів роботи.

Основні положення кваліфікаційної роботи представлені та обговорені на: V Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, ХНАДУ), XXIV Науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ (Запоріжжя, ІІ ЗНУ).

Структура викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря (а) та по основним видам економічної діяльності (б)



а



б

Розрахунок неканцерогенного ризику

Коефіцієнт небезпеки:

$$HQ = AC / RfD,$$

де HQ - коефіцієнт небезпеки;

AC - середня концентрація, мг/м³;

RfD - референтна концентрація, мг/м³.

Розрахунок індивідуальних ризиків смерті (IRM) від вдихання зважених речовин PM₁₀

Індивідуальний коефіцієнт ризику (SF), що відображає число додаткових випадків смерті від вдихання суми зважених речовин PM₁₀:

$$SF = IRM \cdot 71,2 \cdot 365$$

де IRM – передбачуваний рівень добової смертності в Запоріжжі, пов'язаної з впливом концентрації 10 мкг/ м³ PM₁₀ щодня на все населення міста;
71,2 років – очікувана тривалість життя в місті у обох статей у середньому в 2019 р;
365 – число днів у році.

$$IRM = \frac{10585 \cdot 0,005}{365 \cdot N}$$

де 10585 – число випадків смертей у місті Запоріжжя в 2019 р., виходячи з показника 14,2 осіб на 1000 чоловік населення;
0,005 – зростання добової смертності на кожні 10 мкг/ м³ PM₁₀;
365 - число днів у році;
N – чисельність населення, становила 748 058 осіб у м. Запоріжжя в 2019 р.

$$AM = C \cdot SF \cdot N$$

де C – концентрація PM₁₀ в мкг/ м³;
N – кількість населення, що проживає в рецепторною точці.

Джерела забруднення та вулиці, що досліджувалися

Джерела забруднення	Вулиці Вознесенівського району	Вулиці Заводського району
<p>1. ПАТ «Запоріжсталь»;</p> <p>2. ПАТ «Дніпроспецсталь»;</p> <p>3. ПАТ «Запорізький завод феросплавів»;</p> <p>4. ПрАТ «Український графіт»;</p> <p>5. ПАТ «Запоріжвогнетрив»;</p> <p>6. ПрАТ «Запоріжжкокс»;</p> <p>7. ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».</p>	<p>Антенна</p> <p>Рекордна</p> <p>Яценка</p> <p>Гагаріна</p> <p>Незалежної України</p> <p>бул. Центральний</p> <p>Волгоградська</p> <p>Адмірала Нахімова</p> <p>Матросова</p> <p>Седова</p> <p>Я. Новицького</p> <p>пр. Соборний</p> <p>бул. Шевченко</p> <p>Лермонтова</p> <p>Сталеварів</p> <p>Патріотична</p> <p>пр. Маяковського</p> <p>Єнісейська</p>	<p>Фінальна</p> <p>Фундаментальна</p> <p>Морфлотська</p> <p>Зразкова</p> <p>Билкіна</p> <p>Електрична</p> <p>Вогнетривка</p>

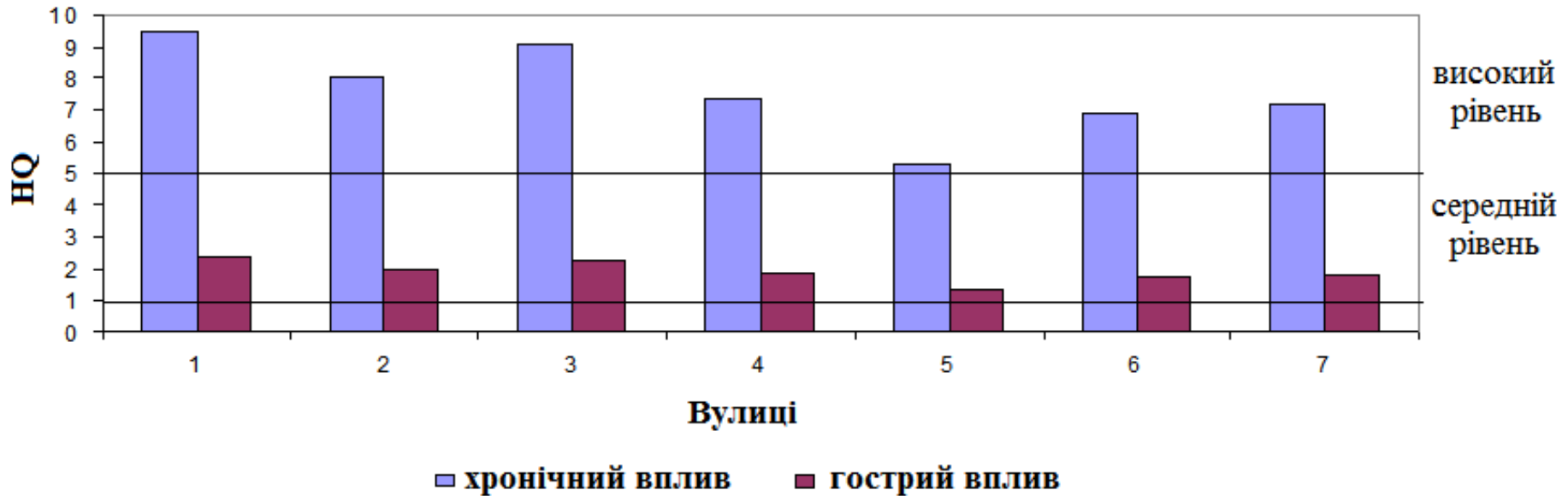
Параметри токсичності викидів зважених речовин

Назва речовини	CAS	ГДК _{м.р.} , мг/м ³	ГДК _{с.д.} , мг/м ³	клас небез- пеки	RfC, мг/м ³	Вплив на органи і системи* при хронічному впливі	ARfC, мг/м ³	Вплив на органи і системи при гострому впливі
Зважені речовини (TSP)	-	0,5	0,15	3	0,075	ОД, CCC, ВДР, смерть	0,3	ОД
Зважені речовини, розміром не менш 10 мкм (PM ₁₀) PM ₁₀ = 0,55 · TSP.	-	-	-	-	0,05	ОД, CCC, ВДР, смерть	0,15	ОД

Вплив викидів зважених речовин на здоров'я населення

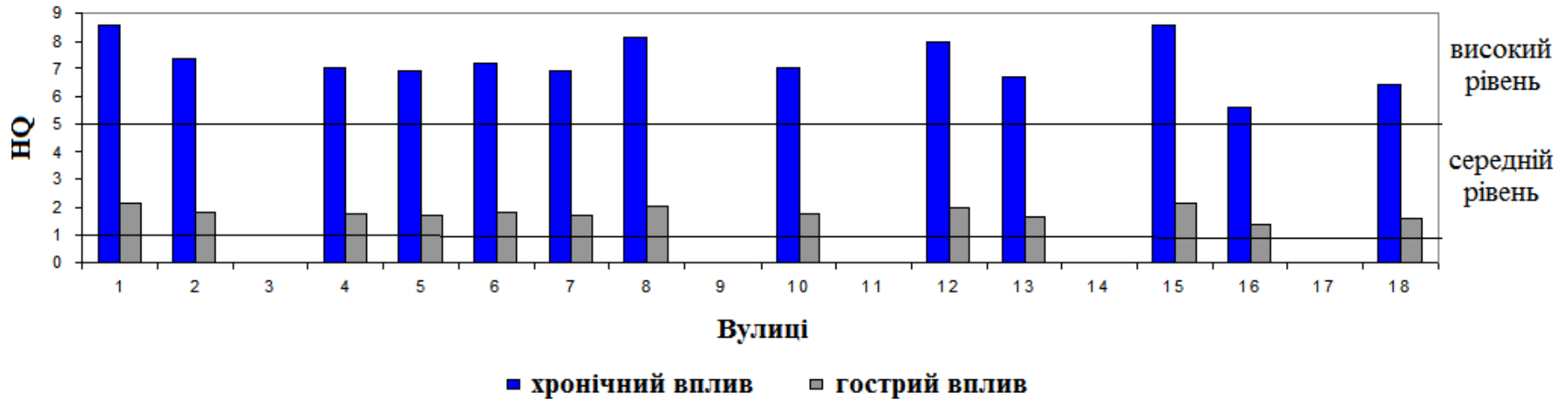
Забруднююча речовина	Негативні наслідки для здоров'я населення
Зважені речовини	Загальна смертність. Смертність від серцево-судинних захворювань, від захворювань органів дихання. Частота симптомів з боку верхніх відділів дихальних шляхів, з боку нижніх відділів дихальних шляхів. Частота кашлю та загострення бронхіальної астми.

Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 рік



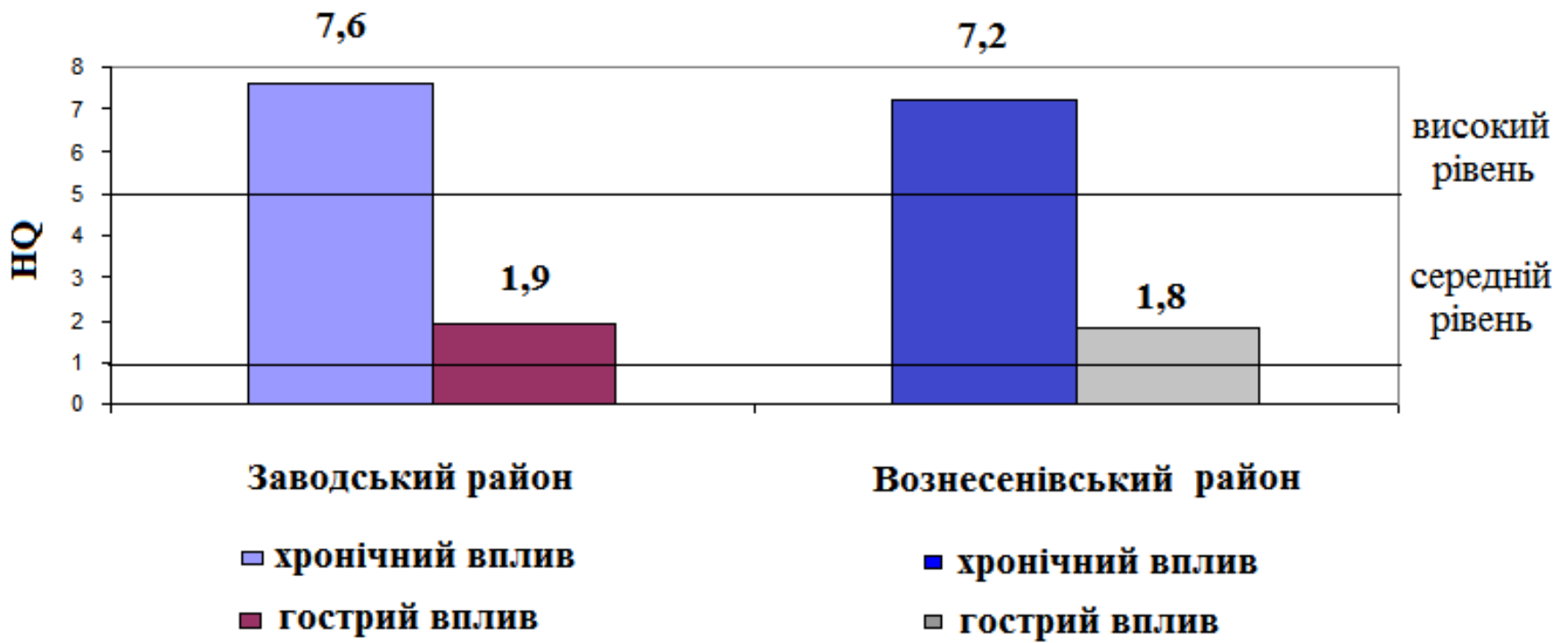
1 – Фінальна; 2 – Фундаментальна; 3 – Морфлотська; 4 – Зразкова; 5 – Билкіна;
6 – Електрична; 7 – Вогнетривка.

Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2018 рік

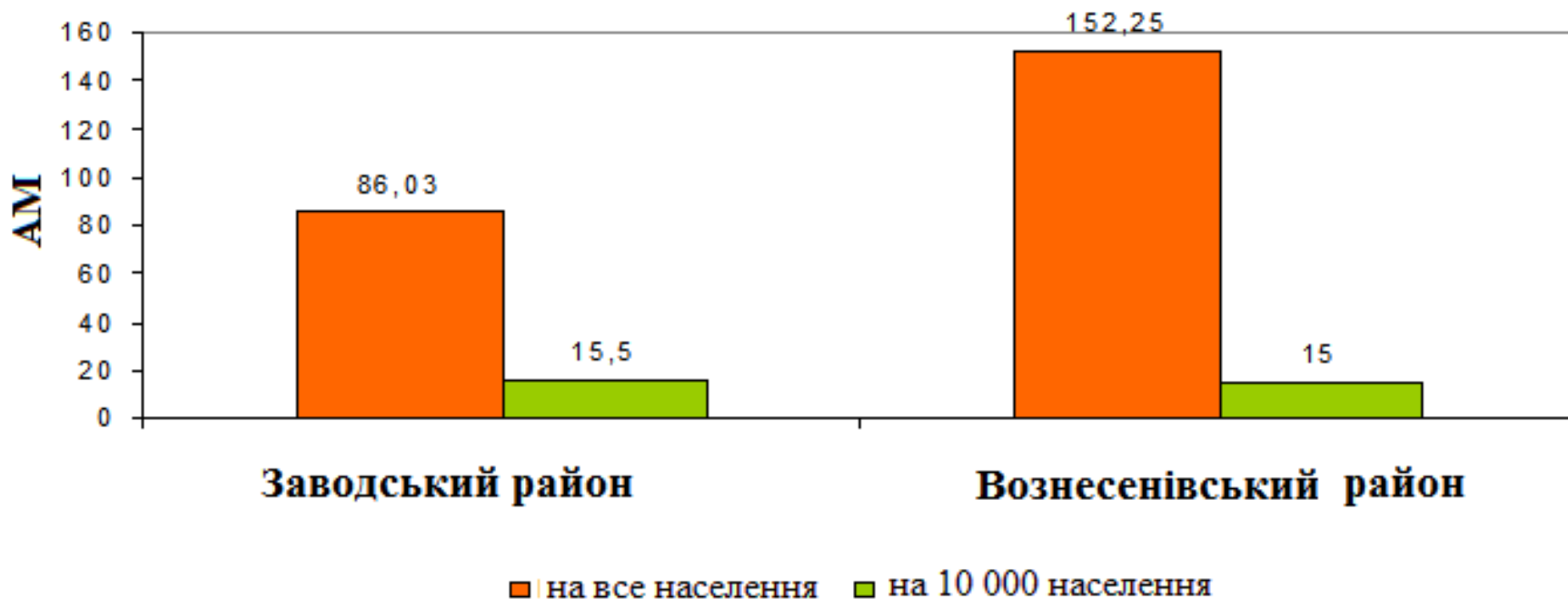


- 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних та гострих інгаляційних впливів викидів зважених речовин в Заводському та Вознесенівському районах за 2019 р.



Додаткові випадки смерті від дії зважених часток в Заводському та Вознесенівському районах за 2019 р.



Мокра очистка газів

Переваги:

- простота конструкції і порівняно невисока вартість;
- менші габарити в порівнянні з електрофільтрами та рукавними фільтрами;
- можливість використання при підвищеній температурі і підвищеній вологості газів;
- уловлювання разом із зваженими твердими частинками пари і газоподібних компонентів.

Недоліки:

- отримання вловленого продукту у вигляді шламу, що вимагає необхідності додаткової утилізації;
- необхідність організації оборотного циклу водопостачання;
- утворення відкладень в устаткуванні і газопроводах при охолодженні газів або краплинному винесенні вологи з пиловловлювача;
- шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стіни димарів;
- погіршення умов розсіювання пилу і шкідливих газів, що викидаються через димарі в повітряний басейн.

Суха очистка газів

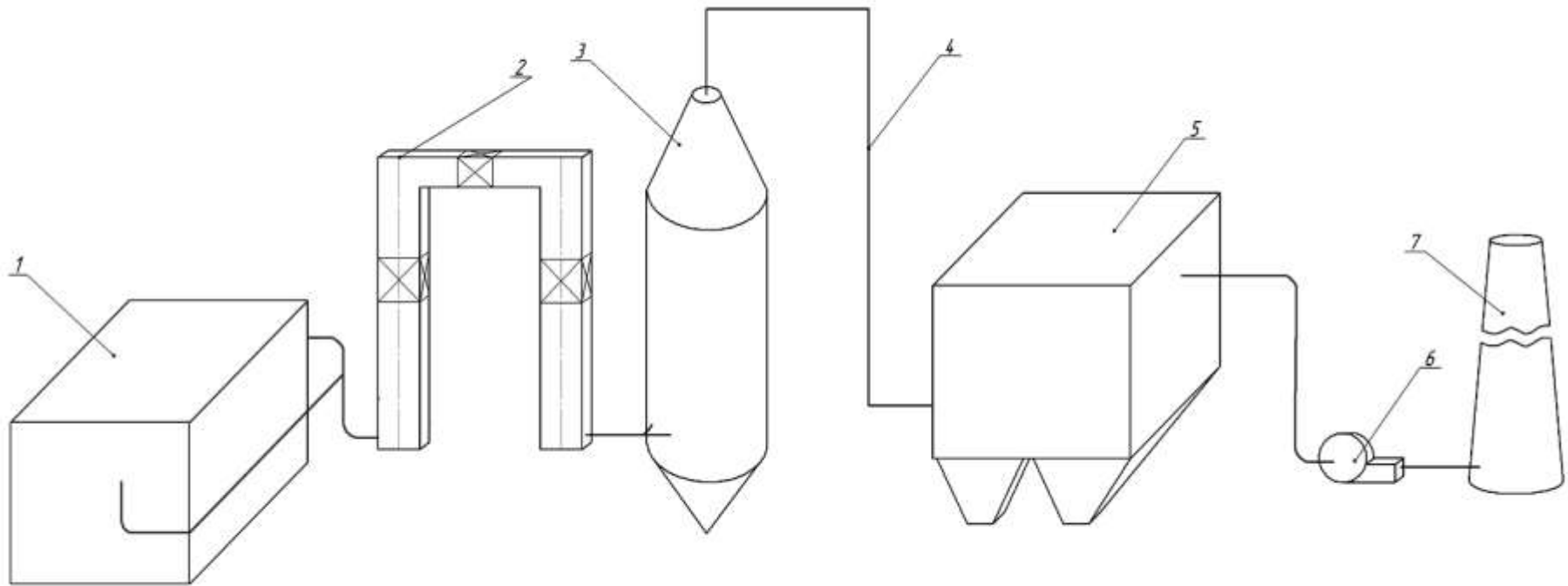
Переваги:

- не вимагають споруди дорогих систем водопостачання і шламової каналізації;
- полегшують утилізацію вловленого продукту;
- знижують корозійний знос устаткування і комунікацій;
- характеризуються меншим споживанням електроенергії;
- покращують умови розсіювання шкідливих викидів в атмосфері.

Недоліки:

- вищі питомі капітальні витрати на газоочищення ніж при застосуванні мокрої системи очищення.

Запропонована схема очищення газових викидів мартенівської печі



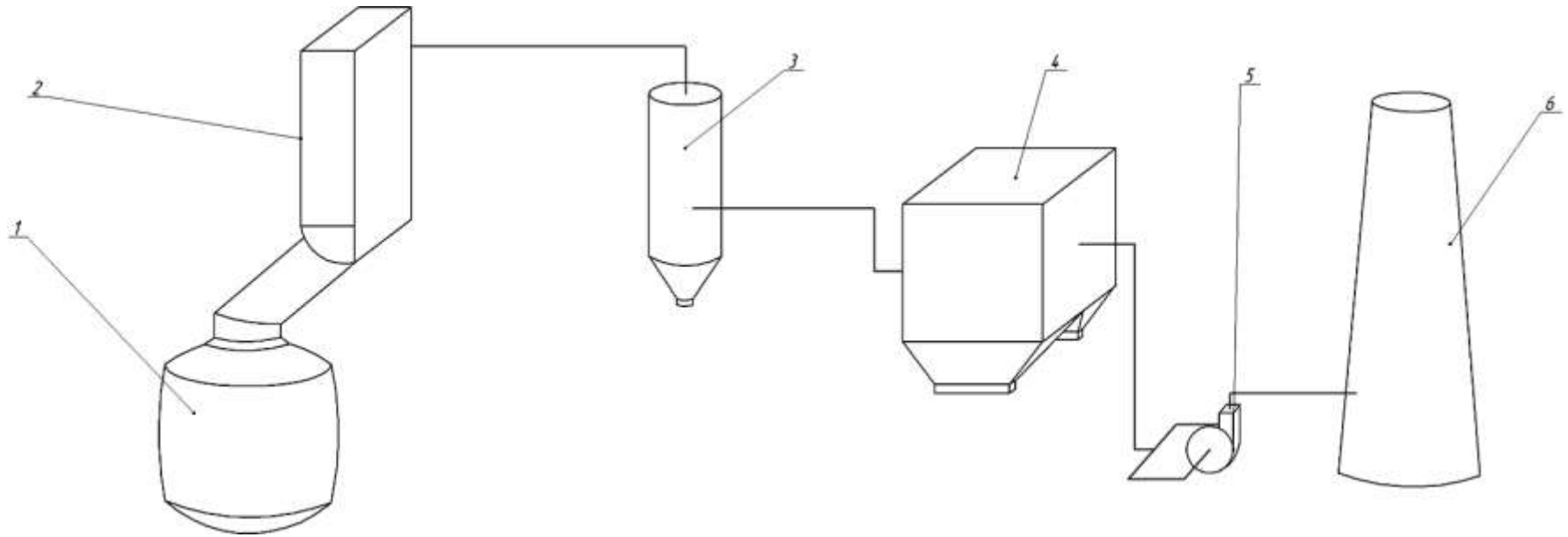
1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – полий скруббер; 4 – газопровід;
5 – рукавний фільтр; 6 – димотяг; 7 – димова труба

Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки очищення мартенівських газів

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант очистки	
			Мокра	Суха
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1656	1680
2	Вміст пилу в газі: - до очищення - після очищення	г/м ³	15 0,12	15 0,02
3	Капітальні вкладення	тис. грн.	45484,8	81675,8
4	Експлуатаційні витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	39,833	38,506
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн.	-	3,03
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн.	39,833	35,476

Базовим варіантом є одноступенева схема очищення, що складається з 10 труб Вентурі, двох краплевловлювачі відцентрового типу. В якості побудника тяги використовують димотяг в кількості 2-х штук. Димотяги встановлені після труб Вентурі і краплевловлювачів.

Запропонована схема очищення конверторних газів із застосуванням електрофільтру



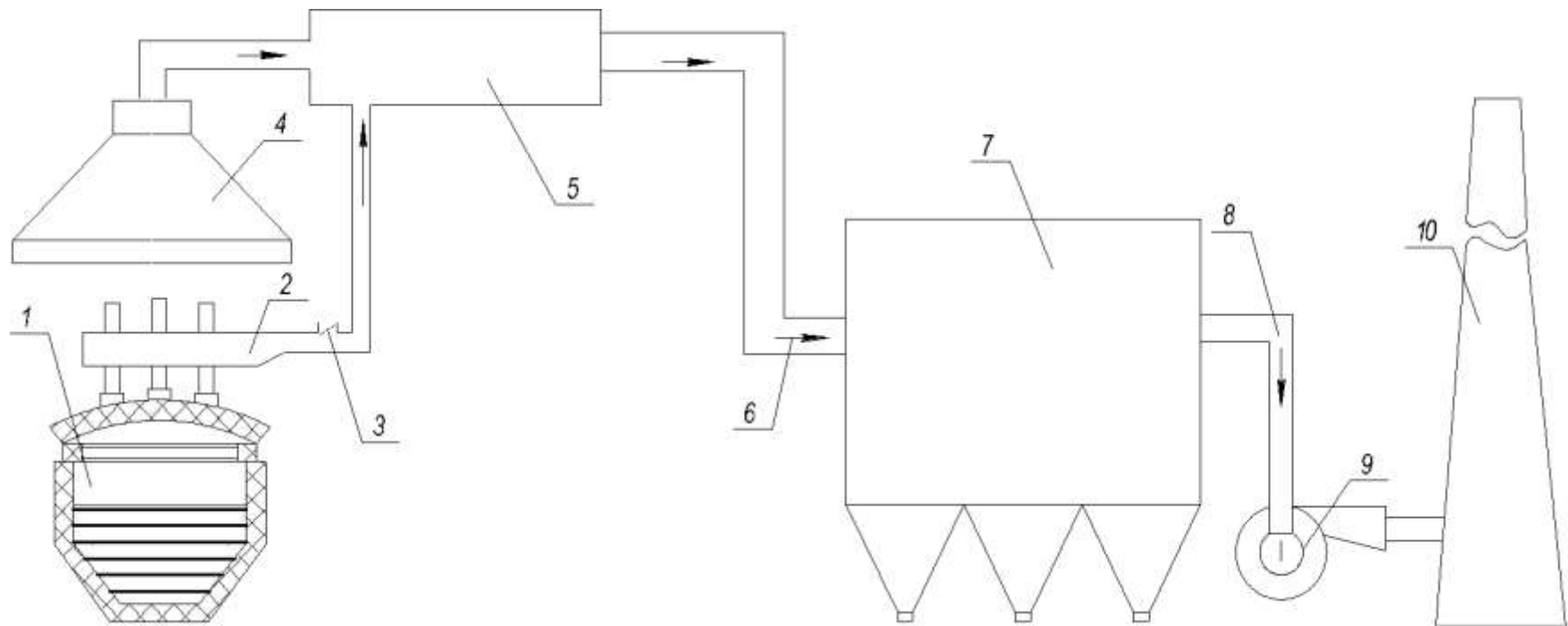
1 – конвертер; 2 – котел-утилізатор; 3 – скруббер; 4 – електрофільтр;
5 – димотяг; 6 – димова труба

Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки очищення конвертерних газів

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант очистки	
			Мокра	Суха
1	Річна продуктивність газоочисної установки	млн. м ³ /рік	1070.112	1070,112
2	Початкова запиленість	г/м ³	28,00	28,00
3	Кінцева запиленість	г/м ³	0,100	0,019
4	Кількість вловленого пилю	тис. т	29,856	29,942
5	Кількість утилізованої пилю	тис. т	26,870	26,948
6	Капітальні вкладення	тис. грн.	14,018	53,871
7	Економія від утилізації	тис. грн.	2 122,770	2 128,933
8	Загальні експлуатаційні витрати з урахуванням утилізації пилю	тис. грн.	51 333,290	43 155,979

За базовий варіант приймається система очищення, яка включає: котел утилізатор; високонапірний скруббер Вентурі, насос, димотяг, димову трубу, шламове господарство. Проектний варіант передбачає повне допалювання газів, використання котла-утилізатору. В якості апарату очищення прийнято електрофільтр. За допомогою димотягу газ через димову трубу викидається в атмосферу.

Запропонована схема очищення газів дугових сталеплавильних печей у рукавному фільтрі



1 – піч; 2 – портална камера; 3 – патрубок допалювання газів; 4 – витяжний зонт;
 5 – камера охолодження; 6 – газохід забрудненого газу; 7 – рукавний фільтр ФРІР;
 8 – газохід очищеного газу; 9 – вентилятор; 10 – димова труба

Основні техніко-економічні показники роботи газоочисної установки очищення електросталеплавильних газів

№ п/п	Найменування Показника	Одиниці виміру	Варіант очистки	
			Мокра	Суха
1	Річна виробнича потужність установки	млн. м ³	1360,375	1380,090
2	Вміст пилу в газі: - до очищення - після очищення	г/м ³	1,8 0,072	1,8 0,018
3	Капітальні вкладення	тис. грн.	49925,6	59785,615
4	Витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	35,32	34,664
5	Економія від утилізації пилу на 1000 м ³ газу	грн.	—	1,48
6	Витрати на очищення 1000 м ³ газу з урахуванням економії	грн.	35,22	33,184

Базовим варіантом є одноступінчата схема очищення, що складається з чотирьох труб Вентурі, чотирьох краплевловлювачів. Труби Вентурі типу ГВПВ-0,100-400. Циклон – краплевловлювач типу ВТІ. Як спонукачі тяги використовують вентилятори марки ВМ-75/1200-У. Вентилятори встановлені перед скрублером Вентурі.

1. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при довічному інгаляційному впливі на всіх вулицях Заводського ($HQ = 5,33 \div 9,47$) та Вознесенівського ($HQ = 5,6 \div 8,53$) районів, та на середньому рівні – при гострому впливі на всіх вулицях Заводського ($HQ = 1,33 \div 2,37$) та Вознесенівського ($HQ = 1,4 \div 2,13$) районів.

2. Середні значення коефіцієнтів небезпеки в 2019 р. перевищують допустимий рівень та знаходяться на високому рівні при хронічному інгаляційному впливі в Заводському ($HQ = 7,6$) та Вознесенівському ($HQ = 7,2$) районах, при гострому впливі – на середньому рівні в Заводському ($HQ = 1,9$) та Вознесенівському ($HQ = 1,8$) районах.

3. Розрахунки додаткових випадків смерті від дії зважених часток складають 86,03 в 2019 році на все населення Заводського району, або 15,5 на 10 000 населення, 152,25 на все населення Вознесенівського району, або 15 на 10 000 населення.

4. У кваліфікаційній роботі пропонується очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської двованної печі, сухим способом з використанням рукавного фільтру. Система газоочищення включає: котел-утилізатор, порожнистий скруббер, рукавний фільтр, димоцяг і димову трубу.

5. Для очистки конверторного газу від пилу використовують скрубери Вентурі, електрофільтри та рукавні фільтри. Пропонується очищення від пилу газів, що відходять з конвертера, сухим способом з використанням електрофільтру. Газ по газоходу поступає в камеру для допалювання оксиду вуглецю, потім в котел-утилізатор, в якому газ охолоджується до 850°C . Далі газ прямує у випарний скруббер, на виході з якого має температуру біля 200°C . Далі забруднений газ прямує на очищення в сухий електрофільтр.

6. Пропонується очистку газів від пилу електросталеплавильних печей здійснювати сухим способом в тканинних рукавних фільтрах. Запропоновано комбінований відбір запиленних газів зонтом, який встановлений над піччю, і від арки робочого вікна. Кількість газів, що відбираються від місць виділень, регулюється замочно-регулювальною арматурою. Запилене аспіраційне повітря за допомогою повітропроводів прямує у вузол входу «брудного» газу в рукавний фільтр і після тонкого очищення за допомогою димаря викидається в атмосферу.

7. При порівнянні сухого варіанту з мокрим способом очищення річні експлуатаційні витрати знижуються за рахунок виключення шламового господарства. Капітальні вкладення збільшуються за рахунок вартості газоочисного апарату. Витрати на очищення 1000 м^3 газу зменшуються за рахунок утилізації пилу.