Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з очищення відхідних газів ливарного цеху»

Виконала: студент 4 курсу, групи 6.1833-с2

Буц П.В.

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Вагін А.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра ___*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_____

Рівень вищої освіти ____*перший бакалаврський рівень*_____

Спеціальність *183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *Технології захисту навколишнього середовища*
_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри __*МТЕТБ*___
_____*Ю.О. Бєлоконь*__
«____» _____2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

_____Буц Павло Вадимович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з очищення відхідних газів ливарного цеху_____
керівник роботи (проєкту) Вагін Андрій Вікторович, к.ф.-м.н, доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом вищого навчального закладу від «23»12 2025 року № 1831-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____08.06.2026_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) Розрідження перед газоочисткою (P_1) 5 кПа. Питома витрата зрошувальної рідини (m) 0,001 м^3/м^3 газу. Тиск рідини на вході в апарат (P_p) 300 кПа. Гідравлічний опір циклона-краплевловлювача (ΔP_k) 100 Па. Запиленість газу: початкова (z_1) 20 мг/м^3; кінцева (z_2) 0,4 мг/м^3.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) реферат, вступ, загальна частина, спеціальна частина, охорона праці та техногенна безпека, висновки, список використанних джерел_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційний матеріал, 10 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	Вагін А.В., доцент	
Розділ 2	Вагін А.В., доцент	
Розділ 3	Вагін А.В., доцент	
Нормоконтроль	Вагін А.В., доцент	

7. Дата видачі завдання__06.04.2026_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	до 20.04.2026	
2	Реферат	до 24.04.2026	
3	Розділ 1	до 12.05.2026	
4	Розділ 2	до 18.05.2026	
5	Розділ 3	до 01.06.2026	
6	Висновки	до 05.06.2026	

Здобувач _____ Буц П.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ _Вагін А.В.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з очищення відхідних газів ливарного цеху»: 70 стор., 14 табл., 8 рис., 11 джерел.

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО, ДУГОВА СТАЛЕПЛАВИЛЬНА ПІЧ, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, СКРУБЕР ВЕНТУРІ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОЧИЩЕННЯ, ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ, ШЛАМ, ВИТЯЖНИЙ ЗОНТ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ, ТВЕРДІ ВІДХОДИ

Об'єкт дослідження – технологічні процеси плавки та системи очищення пилогазових викидів ливарного цеху.

Мета роботи – розробити пропозиції щодо ефективного очищення відхідних газів ливарного цеху.

У загальній частині кваліфікаційної роботи проаналізовано вплив металургійного виробництва на стан атмосфери, зокрема внесок чорної металургії, який становить 23,4% від загального промислового забруднення. Розглянуто характеристики специфічних забруднювачів ливарного виробництва, таких як пил з вмістом вільного оксиду кремнію до 60%, оксиди вуглецю, азоту та сірки. Описано класифікацію методів знешкодження газових викидів та існуючі апарати для їх реалізації (циклони, рукавні фільтри, електрофільтри).

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи надано детальну характеристику основних джерел викидів, проаналізовано хімічний та дисперсний склад їх пилу. Обґрунтовано та запропоновано модернізацію системи очищення шляхом впровадження трилінійної технологічної схеми на основі швидкісних газопромивачів — скруберів Вентурі. Виконано повний технічний розрахунок параметрів скрубера та підтверджено його високу ефективність очищення (99,93%), що дозволяє знизити залишкову запиленість до 0,4 мг/м³, що значно менше за встановлені ГДК.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовано основні шкідливі виробничі фактори: надлишкове тепло (300-500 Дж/(м³·с)), шум, вібрацію та запиленість робочої зони. Для захисту персоналу запропоновано використання витяжного зонта з механічною тягою, розраховано його габаритні розміри та необхідну продуктивність вентиляції для режимів плавлення та завалки шихти.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Забруднення атмосфери викидами металургійних підприємств . 8
1.2 Характеристики виробничих викидів металургії 9
1.3 Екологічний вплив забруднень атмосфери 11
1.4 Методи запобігання забрудненню атмосфери шкідливими викидами металургійних підприємств 15
1.5 Загальна характеристика ливарного виробництва 19
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 22
2.1 Характеристики виробничих викидів, скидів та твердих відходів ливарного виробнництва 22
2.2 Технологія плавки ливарних сплавів у ливарному цеху . . . 24
2.4 Характеристика пилогазових викидів та технологічної схеми їх очищення у ливарному цеху 28
2.5 Методи та апарати, що використовують для очищення викидів ливарного виробництва 32
2.6 Розробка заходів по зменшенню пилогазових викидів ливарного цеху 38
2.7 Принцип дії та переваги скрубера Вентурі 41
2.8 Розрахунок скрубера Вентурі 43
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 51
3.1 Основні шкідливості та небезпечності ливарного цеху . . . 51
3.2 Заходи зі зниження шкідливостей та небезпечностей у ливарному цеху 57
3.3 Засоби індивідуального захисту 63
3.4 Пожежна профілактика 63
ВИСНОВКИ 68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 70

ВСТУП

Захист атмосферного повітря від шкідливих викидів промисловості – один з важливих екологічних аспектів. Заходи з захисту повітря містять у собі комплекс мір організаційного та технічного характеру, спрямованих на зниження кількості шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, як шляхом удосконалення й оптимізації технологічних процесів, так і за допомогою очищення і знешкодження викидів в установках очищення газів.

Чорна металургія є одним із самих великих джерел викидів пилу і газів в атмосферу внаслідок того, що в чорній металургії для проведення технологічних процесів використовують велику кількість сировини і різних видів енергії. Сировину піддають багаторазовій обробці і транспортуванню до різних агрегатів. Всі операції, зв'язані зі складуванням і транспортуванням матеріалів, сушінням, агломерацією, огрудкуванням, дробленням, просіванням, охолодженням супроводжуються пилоутворенням.

Джерелами забруднення атмосфери викидами металургійних підприємств є різне устаткування й агрегати практично на всіх стадіях технологічних процесів, застосованих у виробництві. Основні забруднювачі повітряного басейну - чавуно- і сталеплавильні агрегати, устаткування сумішеприготовляючих відділень ливарних цехів, установки термічної обробки металів і ковальсько-пресового виробництва, агрегати для зварювання, наплавлення, різання, напилювання і пайки металів, металорізальні верстати й інші джерела. При цьому в атмосферу викидається пил, тверді і рідкі аерозолі, різні газоподібні забруднювачі. А постійна тенденція інтенсифікації технологічних процесів викликає збільшення викидів пилу і газів.

Технічний прогрес в області чорної металургії характеризується ростом обсягів виробництва, інтенсифікацією технологічних процесів, збільшенням потужності основних агрегатів. Скорочення шкідливих технологічних викидів

може бути досягнуто шляхом зміни технології процесу чи конструкції агрегату, зміни фізико-хімічних і механічних характеристик матеріалів, що застосовані у виробництві та є джерелами інтенсивного пилогазоутворення, здійснення заходів, спрямованих на скорочення витрат матеріалів, що викликають значні виділення шкідливих речовин, створення маловідхідної чи елементів безвідхідної технології, а також модернізацією й удосконаленням установок очищення газів [1].

В даний час у ливарному виробництві для плавки чавуну та сталі найбільше поширення одержали плавильні агрегати, що використовують вогневі методи - печі-вагранки (76%); та електронагрів – індукційні (23%) і дугові (1%) печі. При плавці виділяються у великих кількостях забруднюючі речовини: пил, окис вуглецю, сірчистий ангідрид, окисли азоту [2].

Установки для очищення і знешкодження пилогазових викидів являють собою комплекс споруджень, устаткування й апаратури, призначений для очищення газу, що надходить з промислового джерела, чи перетворення в нешкідливі сполучення забруднюючі речовини [1]. У зв'язку з чим метою даного кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій з очищення відхідних газів ливарного цеху

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Забруднення атмосфери викидами металургійних підприємств

Найбільший вплив на стан атмосфери оказують теплоенергетика, металургійна промисловість, підприємства хімічної і будівельної індустрії, автотранспорт і інші галузі промисловості.

Внесок різних галузей промисловості в забруднення атмосфери представлено у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 - Внесок різних галузей промисловості в забруднення атмосфери

Галузь промисловості	Внесок у забруднення, %
Теплова енергетика	25,7
Чорна металургія	23,4
Нафтовидобувна и нафтохімічна	13,7
Транспорт	11,6
Кольорова металургія	11,1
Гірничодобувна	7,1
Підприємства будівництва	3,4
Машинобудування	2,8
Інші галузі	1,2

Кожна галузь пов'язана з викидами специфічних сполучень, склад яких не завжди піддається ідентифікації.

Найбільш розповсюдженими забруднювачами, що входять до складу промислових викидів, є попіл, сажа, сірчистий і сірчаний ангідриди,

сірководень, меркаптани, альдегіди, важкі метали, вуглеводні, оксиди вуглецю, оксиди азоту, аміак, смоли, фтороводень та хлороводень, оксид цинку, аерозолі металів, силікати, хлорид свинцю, озон, радіоактивні гази й аерозолі та інші речовини.

Металургія одна з найбільш впливаючих на стан атмосфери галузей промисловості. Підприємства чорної металургії викидають гази, що містять пил і оксиди вуглецю, сірки, азоту, металів та інші забруднювачі [4].

1.2 Характеристики виробничих викидів металургії

Забруднення атмосферного повітря викидами підприємств чорної металургії з повним металургійним циклом варто розглядати по окремих видах виробництва: коксохімічне, доменне, сталеплавильне і допоміжне виробництва (цехи та ділянки промислового підприємства, що обслуговують основне виробництво, наприклад, ливарні цехи).

У коксохімічному виробництві основними процесами, пов'язаними з найбільшими викидами в атмосферу, є підготовка шихти, її транспортування, завантаження шихти в камери коксових печей, коксування, вивантаження готового коксу і його охолодження, а також виробництво побічних продуктів коксування. [1] Коксохімічні виробництва забруднюють атмосферу пилом і летучими сполученнями.

При виробництві чавуну та сталі найбільше виділяється пилу й оксиду сірки [4]. При підготовці руди до виплавки чавуну підвищене пиловиделення має місце при дробленні, сушінні, спіканні, охолодженні та транспортуванні сировини й агломерату. [1] Агломераційні фабрики викидають гази з великим вмістом пилу й оксиду сірки (IV) (до 190 кг SO_2 на 1 т руди) [5].

Під час завантаження сировини в доменні печі в атмосферу викидається велика кількість пилу і газу. Забруднюється атмосфера також при випуску газів,

чавуну та шлаку [1]. Так при виплавці 1 т чавуну в повітря виділяється: 4,5 кг пилу, 2,7 кг окису сірки (IV), 0,1-0,6 кг марганцю, невеликі кількості сполучень фосфору, миш'яку, ртуті, свинцю, інших металів [4].

У сталеплавильному виробництві утворення токсичних викидів пов'язано в основному з виплавкою сталі у мартенівських, електросталеплавильних печах і конвертерах. Сюди ж варто віднести і допоміжні відділення сталеплавильних цехів [1]. Мартенівські і конверторні цехи викидають гази з великою кількістю пилу. На 1 т мартенівської сталі викидається 3000-4000 $м^3$ газів із вмістом пилу 0,5 $г/м^3$, 60 кг CO і 3 кг SO_2 [5]. Варто також врахувати, що при видобутку металів із сульфідних руд затрачуються великі обсяги кисню як окислювачу. Прикладом може бути реакція випалу залізного колчедану:

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2.$$

Якщо підрахувати матеріальний баланс (навіть без обов'язкового надлишку кисню), то для одержання 1т Fe_2O_3 (при виході продукту 100%, чого ніколи не буває) витрати кисню составлять 1,1 т, повітря - 5,2 т [3].

У прокатних цехах основними викидами в атмосферу є продукти згоряння від нагрівальних печей. У залежності від виду застосованого палива і способу його спалювання можуть утворюватися токсичні речовини: сполучення сірки, окисли азоту, а також CO_2 та CO.

У ливарних цехах джерелами пилу і токсичних газів є плавильні агрегати (печі), ливарний проліт, відділення очищення, відділення підготовки і сушіння формувальних мас. До ділянок підвищеного забруднення в ливарному виробництві варто також віднести газогенераторну станцію, склад і засоби транспортування. При здійсненні процесу розливу металу в атмосферу виділяється пил, що містить оксиди металів, оксиди кремнію, сажеві частки і газоподібні речовини у виді оксидів сірки, азоту, вуглецю [1].

1.3 Екологічний вплив забруднень атмосфери

Атмосферне повітря є одним з основних природних ресурсів, без якого людина може прожити лише кілька хвилин, тоді як без їжі – до 70 діб. Гігієнічне значення атмосфери полягає в забезпеченні процесів життєдіяльності киснем. У людини немає захисних механізмів, які б компенсували нестачу повітря, тому вона повинна постійно споживати в спокійному стані 8-10 л за одну хвилину, 500 л за годину і 12 000 л (15 кг) за добу свіжого повітря. При фізичних навантаженнях споживання повітря збільшується в десятки разів. Якщо в стані спокою людина за годину споживає 500 л кисню, то під час ходьби зі швидкістю 8 км/год – 5200 л (5 кг). Організм людини адаптувався до чистого повітря, тому він завжди потребує його в чистому вигляді зі сталими властивостями: хімічним складом, температурою, тиском, електричним станом, швидкістю руху та іонізацією.

Ступінь дисперсності твердих часточок, що містяться в повітрі, впливає як на їх властивості (леткість, розчинність, електричні та оптичні властивості тощо), так і на глибину їх проникнення в органи дихання та затримку в легенях. Якщо розмір часточок становить більш як 10 мкм, вони осідають з наростаючою швидкістю зі збільшенням їх розмірів. Якщо їх розміри знаходяться в межах 0,1-10 мкм, то вони осідають зі сталою швидкістю. Часточки пилу розміром менш як 0,1 мкм зовсім не осідають і перебувають у постійному броунівському русі.

При надходженні до легенів часточки пилу затримуються на поверхні легеневої тканини, що спричинює їх накопичення, створюючи високу концентрацію токсичних речовин. Маючи велику активну поверхню, самі часточки не тільки мають негативний вплив, а й адсорбують на своїй поверхні велику кількість різних речовин (газів, золів тощо), що також спричинює накопичення токсинів та їх негативну дію на організм. Особливо це небезпечно

в разі накопичення радіоактивних і канцерогенних речовин та важких металів. Налічується до 400 канцерогенних речовин, серед яких найбільш активними і дуже небезпечними є бензпірен, дибензантрацен, діоксини та ін.

Радіоміметичні речовини так само, як і іонізуюче випромінювання, пригнічують поділ клітин, зумовлюють злоякісні переродження і мутації. Характерною особливістю цих речовин є здатність зв'язуватися з білками. В організм вони потрапляють у вигляді золів (туманів) або сорбуючись на аеродисперсіях.

Аеродисперсії змінюють клімат, особливо освітленість. Вплив аеродисперсій визначається їх кількістю, дисперсністю, хімічним складом та іншими фізико-хімічними властивостями. Чим менші розміри часточок, тим слабкіше вони затримуються. В альвеолах легенів найкраще затримуються часточки розміром близько 1 мкм. Гігроскопічні часточки здатні коагулювати і збільшувати свої розміри. Поглиблене дихання, наприклад, під час значних фізичних навантажень, збільшує ступінь затримання пилу в легенях. Часточки неправильної форми осідають повільніше. Легше сорбуються в легенях часточки сферичної форми. Часточки з гострими гранями можуть спричинювати мікротравми дихального епітелію, порушувати його бар'єрну функцію, сприяти проникненню мікроорганізмів та розвитку пневмоконіозів.

Більшість твердих часточок несуть на собі негативний або позитивний заряд, що посилює їх здатність затримуватися в легенях. Від хімічних властивостей пилу залежить їх біологічна активність, зокрема алергенні властивості, фіброгенність, подразнювальна дія тощо. До особливо агресивних фіброгенних речовин належить оксид силіцію (IV), здатний спричинювати фіброз легенів. На поверхні дихальних шляхів оксид силіцію (IV) утворює силікатну кислоту, яка спричинює силікоз. Шкідливим є пил з кислотними або лужними властивостями, оскільки він зумовлює зміну pH і порушує роботу епітелію. Пил з алергенними властивостями (пил борошна, соломи, льону,

бавовни, шовку, шерсті, фруктів, хрому) призводить до появи бронхіальної астми. Якщо часточки пилу сорбували гази, то вони погано змочуються і слабко коагулюють. Пил може сорбувати також отруйні гази і за певних умов їх десорбувати, спричинюючи отруєння. У разі сорбції пилом кисню він стає легкозаймистим і може викликати вибух. Вибухонебезпечність пилу залежить від його концентрації, дисперсності, вологості, наявності летких сполук тощо. Найнебезпечнішим є органічний пил. Пил може спричинювати захворювання на туберкульоз, сибірку (легенева форма) у робітників, що займаються заготівлею шерсті. Зерновий пил містить спори різних грибів, у тому числі збудників актиномікозу. Якщо атмосфера забруднена пилом, легені незадовільно вентилюються і стають сприйнятливими до різних легеневих захворювань. Пил може призводити до атрофії та ерозії слизової оболонки носа й носоглотки, катару бронхів, трахеї, загострення туберкульозу легенів, нападів бронхіальної астми. Пил може сорбувати й нести на собі канцерогенні, мутагенні, токсичні речовини.

Найбільші забруднювачі, що утворюються при виробництві чавуну та сталі: пил різної хімічної природи і оксид сірки (IV). У таблиці 1.2 приведені розміри збитку здоров'ю населення, промисловості і комунальному господарству від збільшення концентрацій цих забруднювачів в атмосферному повітрі [3].

Забруднення атмосферного повітря призводить до погіршення санітарно-гігієнічних показників: збільшується частота туманів, зменшується видимість і прозорість для ультрафіолетового випромінювання, погіршуються санітарно-побутові умови життя населення, спостерігається негативний вплив на розвиток рослин та організм людини. Тумани збільшують охолоджуваність тіла, гнітюче впливають на настрій та самопочуття людей. Збільшення кількості пилу в атмосфері зменшує її прозорість і видимість. Пил і сажа проникають у помешкання, забруднюючи їх. Це призводить до того, що мешканці менше

провітрюють свої помешкання, а отже, менше споживають свіжого повітря. Забруднення споруд і будинків попелом, сажею та смолами призводить до того, що сірчисті сполуки руйнують будівельні матеріали і зумовлюють корозію металів.

Таблиця 1.2 – Розміри збитків здоров'ю населення, промисловості і комунальному господарству залежно від концентрації пилу і оксиду сірки (IV) в атмосферному повітрі

Середньорічна концентрація пилу, мг/м^3	Збитки, грн.			Середньорічна Концентрація оксиду сірки, мг/м^3	Збитки, грн.		
	Здоров'ю населення (у розрахунку на 1 особу)	Промисловість	Комунальному господарству		Здоров'ю населення	Промисловості	Комунальному господарству
0,30	35	300	10	0,10	20	100	5
0,60	70	1200	50	0,20	37	200	24
0,90	100	2000	87	0,30	47	300	39
1,20	114	2900	102	0,40	52	450	49
1,50	121	3700	110	0,50	54	600	52

Забруднення атмосфери вражають фруктові дерева, ліси, сільськогосподарські культури та трав'яний покрив. Для рослин особливо небезпечними є сірчистий газ, хлор, фтор, пил і смолисті речовини. Отруйні гази токсично діють на протоплазму рослинних клітин, сірчистий газ пригнічує процеси фотосинтезу. Пил і сажа закупорюють продихи клітин рослин, ускладнюють доступ сонячних променів до хлоропластів. У лісах, які задимлюються промисловими підприємствами, зникають бджоли, птахи та звірі [4].

1.4 Методи запобігання забрудненню атмосфери шкідливими викидами металургійних підприємств

Для зниження забруднення атмосфери промисловими викидами удосконалюють технологічні процеси, здійснюють герметизацію технологічного устаткування, застосовують пневмотранспорт, будують різні очисні спорудження. Найбільш ефективним напрямком зниження викидів є створення безвідхідних технологічних процесів, що передбачають, наприклад, впровадження замкнутих газових потоків, однак сьогодні основним засобом запобігання шкідливим викидам залишається розробка і впровадження ефективних систем очищення газів. При цьому під очищенням газу розуміють відділення від газу чи перетворення в нешкідливий стан забруднюючої речовини, що надходить від промислового джерела.

Класифікація методів і апаратів для знешкодження газових викидів від різних домішок приведена на рисунку 1.1 [5]. Однак, вона не охоплює всіх існуючих методів і, тим більше, апаратів для очищення газів.

Для знешкодження аерозолів (пилів і туманів) використовують сухі, мокрі й електричні методи. Крім того, апарати відрізняються один від одного як по конструкції, так і за принципом осадження зважених часток. В основі роботи сухих апаратів лежать гравітаційні, інерційні і відцентрові механізми осадження або фільтраційні механізми. У мокрих пиловловлювачах здійснюється контакт запилених газів з рідиною. У електрофільтрах відділення заряджених часток аерозолю відбувається на осаджуючих електродах.

Для знешкодження відхідних газів від газоподібних і пароподібних токсичних речовин застосовують наступні методи: абсорбції, адсорбції, каталітичні, термічні, конденсації і стискання (компримірування). Абсорбційні методи очищення газів, що відходять, підрозділяють за наступними ознаками:

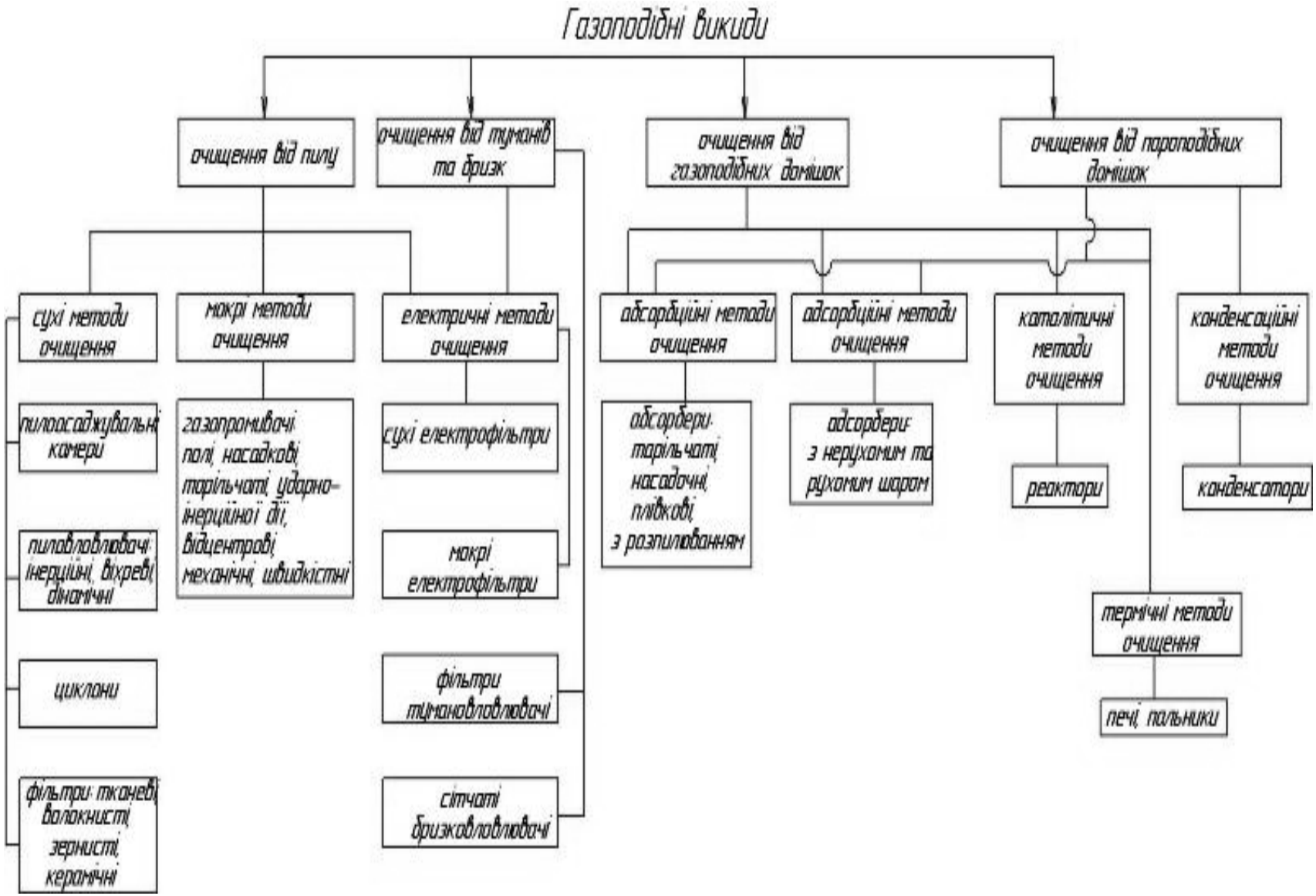


Рисунок 1.1 – Класифікація методів і апаратів для знешкодження газових викидів від різних домішок

1) за компонентом, що абсорбується;

2) за типом застосованого абсорбенту;

3) за характером процесу – з циркуляцією і без циркуляції газу;

4) за використанням абсорбенту – з регенерацією і поверненням його в цикл (циклічні) і без регенерації (нециклічні);

5) за використанням компонентів, що уловлюються – з рекуперацією і без рекуперації;

6) за типом продукту, що рекуперується;

7) за організацією процесу – періодичні і безупинні;

8) за конструктивними типами абсорбційної апаратури.

Для фізичної абсорбції на практиці застосовують воду, органічні розчинники, що не вступають у реакцію з газом, що витягається, і водяні розчини цих речовин. При хемосорбції як абсорбент використовують водяні розчини солей і лугів, органічні речовини і водяні суспензії різних речовин. Вибір методу очищення залежить від багатьох факторів: концентрації компонента, що витягається, у газах, що відходять, обсягу і температури газу, змісту домішок, наявності хемосорбентів, можливості використання продуктів рекуперації, необхідної ступеня очищення. Вибір роблять на підставі результатів техніко-економічних розрахунків.

Адсорбційні методи очищення газів використовують для видалення з них газоподібних і пароподібних домішок. Методи засновані на поглинанні домішок пористими тілами – адсорбентами. Процеси очищення проводять у періодичних чи безупинних адсорберах. Достоїнством методів є високий ступінь очищення, а недоліком – неможливість очищення запилених газів.

Каталітичні методи очищення засновані на хімічних перетвореннях токсичних компонентів у нетоксичні на поверхні твердих каталізаторів. Очищенню піддаються гази, що не містять пилу і каталізаторних доз. Методи використовуються для очищення газів від оксидів азоту, сірки, вуглецю і від

органічних домішок. Їх проводять у реакторах різної конструкції.

У рекуперaційній техниці поряд з іншими методами для уловлювання парів летучих розчинників використовують методи конденсації і стискання (компримірування).

В основі методу конденсації лежить явище зменшення тиску насиченої пари розчинника при зниженні температури. Суміш парів розчинника з повітрям попередньо прохолоджують у теплообміннику, а потім конденсують. Достоїнствами методу є простота апаратурного оформлення й експлуатації рекуперaційної установки. Однак проведення процесу очищення пароповітряних сумішей методом конденсації ускладнено, оскільки склад парів летучих розчинників у цих сумішах звичайно перевищує нижню межу їх вибуховості. До недоліків методу відносяться також високі витрати холодильного агента й електроенергії і низький відсоток конденсації парів (вихід) розчинників – звичайно не перевищує 70-90%. Метод конденсації є рентабельним лише при вмісті пари розчинника в очищуємо му потоці ≥ 100 г/м^3, що істотно обмежує область застосування установок конденсаційного типу.

Метод стискання (компримірування) базується на тім же явищі, що і метод конденсації, але стосовно до парів розчинників, що знаходяться під надлишковим тиском. Однак метод компримірування більш складний в апаратурному оформленні, тому що в схемі уловлювання парів розчинників є необхідним агрегат для компримірування. Крім того, він зберігає всі недоліки, властиві методу конденсації, і не забезпечує можливість уловлювання парів летучих розчинників при їх низьких концентраціях.

Термічні методи (методи прямого спалювання) застосовують для знешкодження газів від токсичних домішок, що легко окислюються, а також від домішок з неприємним запахом. Методи засновані на спалюванні цих домішок у топках печей або у смолоскипових пальниках. Перевагою методу є простота

апаратури, універсальність використання. Недоліки: додаткова витрата палива при спалюванні газів з низкою концентрацією горючих компонентів, а також необхідність додаткового абсорбційного чи адсорбційного очищення газів після спалювання.

Слід зазначити, що складний хімічний склад викидів і високі концентрації токсичних компонентів заздалегідь визначають багатоступеневість схем очищення, що представляють собою комбінацію різних методів [5].

1.5 Загальна характеристика ливарного виробництва

Ливарне виробництво – один з найдешевших засобів виготовлення металічних виробів, воно успішно конкурує з методами кування та штампування. Ливарні цехи входять, як до складу металургійних і машинобудівних підприємств, так і до складу окремих ливарно-металургійних виробництв.

Задачею ливарного виробництва є виготовлення з металів і металевих сплавів виробів-виливків, що мають різноманітні обриси і призначених для використання в різних цілях. Виливки після механічної обробки складають майже половину маси деталей усіх машин, механізмів, приладів і апаратів, що виробляються різними галузями машино- та приладобудування. Литтям виготовляють також окремі частини будівельних споруджень, транспортних пристроїв і т.п. [6].

Сутність ливарного виробництва зводиться до одержання рідкого, тобто нагрітого вище температури плавлення, сплаву потрібного складу і необхідної якості, та заливання його в заздалегідь приготовлену форму. При охолодженні сплав твердіє й у твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, у яку він був залитий. У процесі кристалізації й охолодження сплаву формуються основні механічні й експлуатаційні властивості виливка, обумовлені макро- і

мікроструктурою сплаву, його щільністю, наявністю і розташуванням у ньому неметалічних включень, розвитком у виливку внутрішніх напружень, викликаних неодночасним охолодженням її частин і ін. Ливарна технологія може бути реалізована різними способами. Весь цикл виготовлення виливка складається з ряду основних і допоміжних операцій, здійснюваних як паралельно, так і послідовно в різних відділеннях ливарного цеху [7].

У ливарному виробництві використовується рідкий метал, з'єднання якого відносяться до II чи III групи токсичності. Формовочні силікати, що містять матеріали з вмістом кремнію>70% по своїй дії на організм відносяться до III групи токсичності. Таким чином, проміжні і вихідні матеріали ливарного виробництва за своєю токсичністю відносяться до II-III груп [8].

У ливарному виробництві на 1 т виливок утворюється від 1 до 3 т відходів, що включають відпрацьовану і невикористану суміш, шлаки, пил, гази. Хоча основна частина відходів це відпрацьовані суміші і шлаки, найбільшу небезпеку представляють саме пил і гази, у зв'язку з труднощами їхнього уловлювання, знешкодження і видалення. А їхня кількість при виробництві 1 т виливок зі сталі чи чавуну приблизно складає: пилу 50 кг, вуглеводнів 1 кг, оксиду вуглецю (II) 250 кг, оксиду сірки (II) 1,5-2 кг, крім того виділяється ряд інших шкідливих газів, таких як фенол, формальдегід, ацетон, бензол і ін., загальна кількість яких хоча й невелика, однак становить небезпеку через їх токсичність. У газах, що видаляються від ливарного устаткування і викидаються в атмосферу, міститься пил, що складається в основному з мілкодисперсних часточок, вміст вільного оксиду кремнію в яких досягає 60%. Тому з'являється можливість виникнення пилових професійних захворювань у працівників.

Головними професійними шкідливостями ливарного виробництва є конвекційне та променисте тепло, гази та пил.

За оцінками фахівців на ливарні цехи приходиться від 5 до 70% шкідливих викидів, скидів, стоків, відвалів металургійних підприємств, а в загальних викидах в атмосферу на долю ливарного виробництва приходиться 3% пилу і 0,5% чадного газу [8].

Підсумовуючи усе вищенаведене, можна відмітити значну екологічну небезпеку ливарного виробництва. Тому завданням даної кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій з очищення відхідних газів ливарного цеху.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристики виробничих викидів, скидів та твердих відходів ливарного виробнництва

Шкідливі речовини, що скидаються у водні об’єкти наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Шкідливі речовини, що скидаються у водні об’єкти

Назва речовини	Кількість, т
ПАР	130,930000
Сульфати	479,23000
Хлориди	380,580000
Азот амонійний	2,831000
Нафтопродукти	3,350000
нітрати	29,450000
нітрити	0,593000
фосфати	1,172000

Шкідливі речовини, що викидаються в атмосферу стаціонарними джерелами забруднення наведено у таблиці 2.2.

Тверді відходи, що утворюються, наведено у таблиці 2.3.

З перерахованого видно, що на підприємстві утворюється велика кількість відходів та екологічно небезпечних речовин, тому необхідно модернізувати існуючі та впроваджувати нові більш ефективні технології їх утилізації та знешкодження.

Таблиця 2.2 – Шкідливі речовини, що викидаються в атмосферу стаціонарними джерелами забруднення

Назва речовини	Кількість, т	Назва речовини	Кількість, т
азоту оксиди	556,768000	марганець	0,255000
нікель та його сполучення	0,007000	аміак	2,249000
сірчаний ангідрид	0,370000	озон	0,054000
ацетон	5,232000	спирт н-бутіловий	0,225000
хлористий водень	0,053000	стирол	0,663000
окис карбону	296,998000	фенол	0,205000
вуглеводні	21,391000	формальдегід	0,347000
тверді речовини	14,644000	хром та його сполучення	0,123000
фтористі сполуки	0,039000	свинець	0,002000

Таблиця 2.3 – Тверді відходи, що утворюються

Назва речовини	Кількість, т	Назва речовини	Кількість, т
відходи лужні та фарби	0,040000	флюс зварювальний	0,020000
відроблений лужний мазут	28,200000	відходи піску з пісочних камер	22,270000
відходи папіру з фарбою	0,555000	металовидні відходи	0,712000
сміття з доріг, листя	60,000000	відходи будівництва	20,000000
просочена склотканина	0,200000	відроблені фіксуючі розчини	1,545000
ганчір’я промислове	2,000000	зношена автогума	325,000000
відходи рідкого скла	0,240000	відходи ливарних форм	325,000000
висічка гуми	3,990000	окалина	50,000000

2.2 Технологія плавки ливарних сплавів у ливарному цеху

Сталь для дрібного сталевого фасонного лиття виплавляють у бесемерівських ретортах з бічним дуттям за способом поверхневого чи малого бесемерування, а також у дугових електричних печах з кислим чи основним подом. В індукційних тигельних печах переплавляють сталь для фасонних виливків винятково високолеговану. Сталь для виливків великої і середньої ваги виплавляють в основних мартенівських печах, а на деяких заводах важкого машинобудування – у дугових електричних печах.

Сталеплавильні печі за техніко-економічними показниками займають різні місця. Так, найменший угар домішок за час плавки і найбільшу точність влучення в задані межі складу кінцевої сталі забезпечують індукційні печі; за ними йдуть дугові електричні печі, потім – мартенівські і, нарешті, – малобесемерівські реторти. За питомою продуктивністю рідкої сталі (у т на 1 $м^2$ зайнятої у цеху площі) на першому місці повинна стояти реторта з бічним дуттям, на другому – дугова електрична і на третьому – мартенівська піч. По продуктивності в тоннах рідкої сталі в одиницю часу на тонну ваги садки перше місце займає реторта, друге – кисла дугова електрична піч, третє – мартенівська основна піч і четверте – основна дугова електрична піч. По вартості первісних витрат на устаткування пічного пристрою з всіма обслуговуючими агрегатами на першому місці стоїть мартенівська, на другому дугова електрична піч і на останньому – реторта. По собівартості однієї тонни рідкої сталі перше місце належить індукційної, друге – основний дуговий електричний, третє – мартенівської, четверте – кислий дуговій печі і п'яте – реторті. По найбільшій вазі садки на першому місці стоять великі мартенівські печі (для фасонного сталевого лиття не більш 100 т), на другому – дугові електричні печі (до 30 т), на третьому – реторта (до 3,0 т) і на четвертому – індукційні печі (до 1 т) (усі ваги садки узяті для печей фасоноливарних цехів). Якщо необхідно виплавити

сталь для особо крупних стальних виливок, у одну ливарну форму вливають сталь, зібрану у два чи три ковша від двух чи трьох сталеплавильних печей.

Кількість електричних дугових печей у даний час перевищує кількість печей для виробництва злитків не менш, ніж у 7-8 разів. Нетривалість плавок, можливість точного влучення в задані межі хімічного складу сталі, що випускається, і інші переваги сприяють широкому використанню цих печей у вітчизняному ливарному виробництві. Це пояснюється легкістю і зручністю керування піччю під час плавки, зручністю регулювання теплового режиму, складу металу і шлаку, угару цінних легуючих домішок. Зручність регулювання складу шлаку, а також деяке запобігання від швидкого окислення та газонасичення металу забезпечують виплавку високоякісної вуглеродистої, а також мало- і високолегованої сталей для лиття.

Загальний вид типової дугової електричної печі наведено на рисунку 2.1.

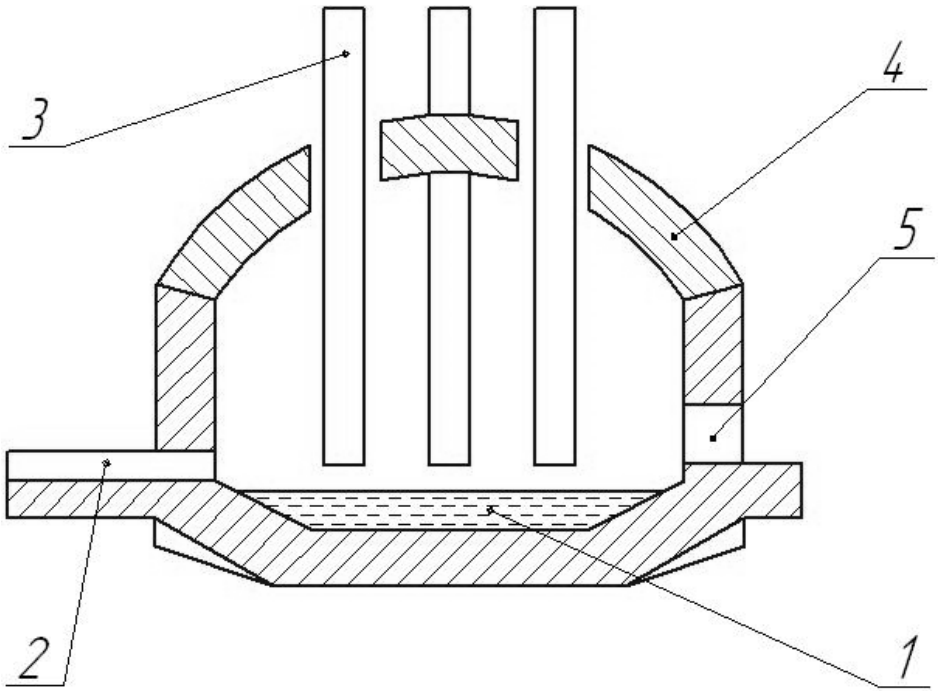


Рисунок 2.1 – Типова конструкція дугової електричної печі: 1 – ванна; 2 - жолоб; 3 – електроди; 4 – склепіння; 5 – робоче вікно

Дугові печі завантажують шихтою зверху, склепіння 4 при цьому відводиться убік, шихта, потім рідкий метал находяться у ванні 1. Розплавлення здійснюють за допомогою дугових розрядів, створюваних електродами 3. Випуск готової сталі здійснюється шляхом нахилу печі по жолобу 2. Робоче вікно 5 використовують для наведення шлаку, введення домішок та ін. При виплавленні сталі в електропечах процес підрозділяють на два основних періоди:

1) нагрівання і розплавлення;

2) перегріву і доведення.

Плавлення у ливарному цеху здійснюється таким чином: опускають електроди і включають печі на час проплавлення колодязів на невеличку напругу, а потім переключають на більшу. В міру розплавлювання шихти й утворення «озерець» рідкого металу в піч додають три лопати вапняку – приблизно 15 кг/т металу. Після повного розплавлювання металу беруть пробу вуглецю. У випадку змісту вуглецю нижче необхідної норми, необхідно підшихтувати чавуном. Температура металу при випуску повинна бути 1400 – 1450°С. Випуск металу проводять при піднятих електродах, відключеній печі і похилому положенні убік пропускного отвору в ківш. Нахил печі убік випуску металу варто робити не більше ніж на 45°С. Температура води, що приділяється не повинна перевищувати 45 °С.

Основні технологічні операції ливарного виробництва включають у себе виготовлення форми із всіма її деталями, виплавлення та заливку рідкого сплаву у форму, а потім звільнення з форми охолодженого виливка та обробка її, а інколи також випробування деяких особливо важних якостей виливка до чи після термічної обробки.

У ливарному цеху при виготовленні відливок використовують лиття у пісчано-глиністі форми. Моделі, стержневі шухляди й інше оснащення виготовляють, як правило, у модельних цехах. Ливарна разова піщана форма в

більшості випадків складається з двох напівформ: верхньої і нижньої, котрі одержують ущільненням формувальної суміші навколо відповідних частин (верхньої і нижньої) дерев'яної чи металевої моделі в спеціальних металевих рамках-опоках. Модель відрізняється від виливка розмірами, наявністю формувальних ухилів, що полегшують витяг моделі з форми, і знакових частин, призначених для установки стержня, що утворить внутрішню порожнину (отвір) у виливку. Стержень виготовляють із суміші, наприклад піску, окремі зерна якого скріплюються при сушінні чи хімічному отвердженні спеціальними зкріплювачами (в’яжучими). У верхній напівформі за допомогою відповідних моделей виконуються воронка і система каналів, по яких з ковша надходить ливарний сплав у порожнину форми, і додаткові порожнини - прибутки. Після ущільнення суміші моделі: власне виливка, ливникової системи і прибутків, – їх витягають з напівформ. Потім у нижню напівформу встановлюють стержень і накривають верхньою напівформою. Необхідна точність з'єднання забезпечується штирями і втулками в опоках. Перед заливанням сплаву, щоб уникнути підняття верхньої напівформи рідким розплавом, опоки скріплюють одну з одною спеціальними дужками або на верхню опоку установлюють вантаж. У разових піщаних формах роблять ~ 80% всього обсягу випуску виливків. Однак точність і чистота їхньої поверхні, умови праці, техніко-економічні показники не завжди задовольняють вимогам сучасного виробництва. У зв'язку з цим усе більш широке застосування знаходять спеціальні способи лиття: по виплавленим (випаленим) моделям, під тиском, відцентровим способом, вакуумним усмоктуванням і т.д. Виливки різних розмірів, складності і призначення зі сплавів, що істотно відрізняються по своїх властивостях, не можна виготовляти однаковими способами. У зв'язку з цим одержали поширення різноманітні технологічні процеси, що відрізняються прийомами.

Сталь відноситься до самих важкоплавких сплавів з найбільшою ливарною усадкою. З сталі виготовляють наймасивніші відливки. У зв’язку з цим є ряд специфічних моментів у виготовленні сталевого лиття. Наприклад, вогнетривкість формуючих сумішей повинна бути дуже високою, тому для сталевих відливок використовують тільки вогнетривкі білі кварцеві піски та вогнетривкі глини. Відпрацьована формувальна суміш збирається в бункер. Усі ці відходи використовуються при проведенні дорожньо-будівельних робіт.

При розплавленні металевого сплаву, заливці, охолодженні та вибивці форм виділяються пил, окис вуглецю, сірчистий ангідрид, окисли азоту та інші забруднювачі, що оказують шкідливий вплив на оточуюче середовище, та на працівників ливарних відділень.

2.4 Характеристика пилогазових викидів та технологічної схеми їх очищення у ливарному цеху

У ливарному цеху розташовано 3 електросталеплавильні печі: ДСП-1,5, ДСП-3 та піч «Свіндел», що є основними джерелами забруднення, та характеризуються слідуючим складом пилогазових викидів:

Джерело викиду – дугові сталеплавильні печі ДСП-1,5 та ДСП-3: пил; окис заліза; марганець; окис азоту; окис карбону.

Перші три компоненти викидаються при завалці печі; окиси азоту та карбону - під час плавки, розкислення, вивантаження.

Джерело викиду – плавильний участок від печі «Свиндель»: пил; окиси заліза; окис азоту; окис карбону.

Перші два компоненти викидаються при завалці печі; окиси азоту та карбону – під час плавки та вивантаження металу.

Окрім основних джерел викиду є також інші. Так, у відділеннях готування сумішей джерелами пилу є змішувачі. Пил, що виділяється, насичено парами

сульфітного лугу, різних вуглеводнів і інших органічних домішок. Це вимагає значного повітряобміну.

Виготовлення форм і стрижнів зв'язано з продувкою CO_2, застосуванням різних каталізаторів і з'єднань на основі синтетичних смол, що викликає додаткові газовиділення. Крім CO і CO_2 в атмосферу виносяться токсичні парагазові суміші, що містять у собі фенол, формальдегід, метиловий спирт, аміак, бензол, сірчану кислоту і т.д.

При сушінні форм і стрижнів у сушилі виділяється головним чином окис вуглецю і сірчистий газ. Їх кількість залежить від виду палива, яке використовується. Тверде паливо дає 200-250 г/кг окису вуглецю і 15-20 г/кг сірчистого газу, рідке відповідно 30-50 г/кг і 40-60 г/кг.

Найменше виділення спостерігається при спалюванні природного газу: усього лише 0,75 г/кг CO.

При заливанні форм в атмосферу цеху виділяються водяні пари, водень і підвищена кількість CO, що утвориться в результаті реакції горіння органічних домішок. Найбільше інтенсивно виділяється CO у початковій стадії охолодження виливка (приблизно 70%). Окис вуглецю відноситься до найбільш шкідливих компонентів газу, що виділяється з ливарних форм після заливання в них металу. Природно, що за рахунок дифузії і конвекції в атмосфері цеху, гази, що виділяються з форм і стрижнів значно розбавляються, однак концентрація токсичного газу найчастіше перевищує норми.

При випуску металу з печі в заливні ковші виділяється графітовий пил і окис вуглецю; з інших плавильних агрегатів викид газів і пилу значно менше.

Операція вибивки виливків з опок – одна з найбільш шкідливих у ливарному виробництві. Вона супроводжується значним виділенням пилу, газів, різних пар і високим рівнем шуму. Запиленість повітря над вибивними воротами при підвісних витяжних парасолях складає 2-7 кг/м^3, а при бічних парасолях – 1,2 - 2,5 кг/м^3. Обсяг повітря, що відсмоктується з 1м площі воріт,

коливається в межах від 6-10 тис. м/год.

Велика кількість пилу утвориться у відділенні обрубання й очищення лиття. При обрубуванні концентрація її в повітрі досягає 6-8 г/м^3, а в безпосередній близькості від оброблюваних виливків – 20 г/м^3. Очищення лиття найбільше часто здійснюється в барабанах, на обдирочно-шліфувальних верстатах, у дробеструйних і дробеметних камерах. Від виду використаного устаткування залежить запиленість повітря в робочій зоні.

Підвищеними шкідливими виділеннями відрізняються також наступні ділянки ливарних цехів: підготовки шихтових матеріалів (запиленість повітря досягає 5-15 г/м^3), термічної обробки, ґрунтовки і фарбування виливків.

Розглянемо шкідливі речовини, що виділяються під час роботи печі «Свіндел».

Висота труби $Н_{тр}$ = 16 м; діаметр труби $Д_{тр}$ = 1,1 м.

Параметри газоповітряної суміші на виході з джерела викиду:

Швидкість W_o = 12,2 м/с;

Об'ємні витрати V_1 = 11,58 м^3/с.

Температура газоповітряної суміші $Т_г$ = 120°С

Якісний і кількісний склад викидів наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад викидів від печі «Свіндел»

Найменування забруднюючої речовини	Валовий викид М, г/с	ГДВ, г/с	Концентрація С, мг/м^3	ГДКр.з., мг/м^3	Клас небезпеки
Пил металевий	19,3	0,6369	600	6	4
Окис вуглецю	0,3920	0,3920	33,8	20	4
Двоокис азоту	0,077	0,077	6,7	5	2

Розглянемо шкідливі речовини, що виділяються під час роботи печей ДСП-3 та ДСП-1,5:

Висота труби $Н_{тр}$ = 16 м; діаметр труби $Д_{тр}$ = 0,88.

Параметри газоповітряної суміші на виході з джерела викиду:

Швидкість W_o = 17,3 м/с

Об'ємні витрати V_1 = 10,5 $м^3$/с;

Температура газоповітряної суміші $Т_г$ = 120°С.

Якісний і кількісний склад викидів наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Хімічний склад викидів від дугових сталеплавильних печей

Найменування забруднюючої речовини	Валовий викид М, г/с	ГДВ, г/с	Концентрація С, мг/$м^3$	ГДКр.з., мг/$м^3$	Клас небезпеки
Пил металевий	17,5	0,6231	600	6	4
Оксид вуглецю (II)	0,3549	-	33,8	20	4
Діоксид азоту	0,0708	0,0708	6,7	5	2

Хімічний склад газів залежить від складу шихти, технологічного режиму та змінюється у процесі плавки. Хімічний та дисперсний склад пилу у викидах ливарного цеху наведено у таблиці 2.6.

Пил складається з окислів заліза, марганцю, кремнію, алюмінію, кальцію, магнію та інших складових. Густина пилу складає біля 4 кг/$м^3$. Пил легко зліплюється, погано змочується, має малу електропровідність та великий кут природного укосу. Пил ливарного виробництва відноситься до 2-4 класів загрози, залежно від компонентів, що входять до його складу.

Таблиця 2.6 – Хімічний та дисперсний склад пилу у викидах ливарного цеху

Хімічний склад пилу				Дисперсний склад пилу	
Хімічна формула	Кількість, % за масою	Хімічна формула	Кількість, % за масою	Розмір часток пилу, мкм	Кількість, % за масою
Fe_2O_3	30	NiO_2	2,5	<1	25
SiO_2	15,7	V_2O_5	2,2	1-2	20
WO_3	11	NiO	1,9	2-3	16
MnO	9,1	Al_2O_3	1,6	3-5	18,1
Cr_2O_3	8,7	волога+ домішки	17,3	>5	20,9

2.5 Методи та апарати, що використовують для очищення викидів ливарного виробництва

Кількість та фізико-хімічні якості пилогазових викидів ливарного виробництва залежать від типів плавильних агрегатів, їх кількості, марок сталей та сплавів, ведення технологічного процесу.

Знепилення повітря, що викидається з ливарного цеху, здійснюється за допомогою різного типу пилоосаджуючих пристроїв, різних за принципом дії й ефективності. До них відносяться: пилоосаджуючі камери, апарати сухого інерційного і мокрого очищення, тканеві й електричні фільтри. Застосування пилоочисників дає можливість не тільки очистити гази, що відходять, від пилу, але й повторно використовувати вловлений пил, що вміщує цінні технологічні компоненти. Класифікація методів та апаратів очищення промислових викидів від пилу наведена на рисунку 2.2 [6].

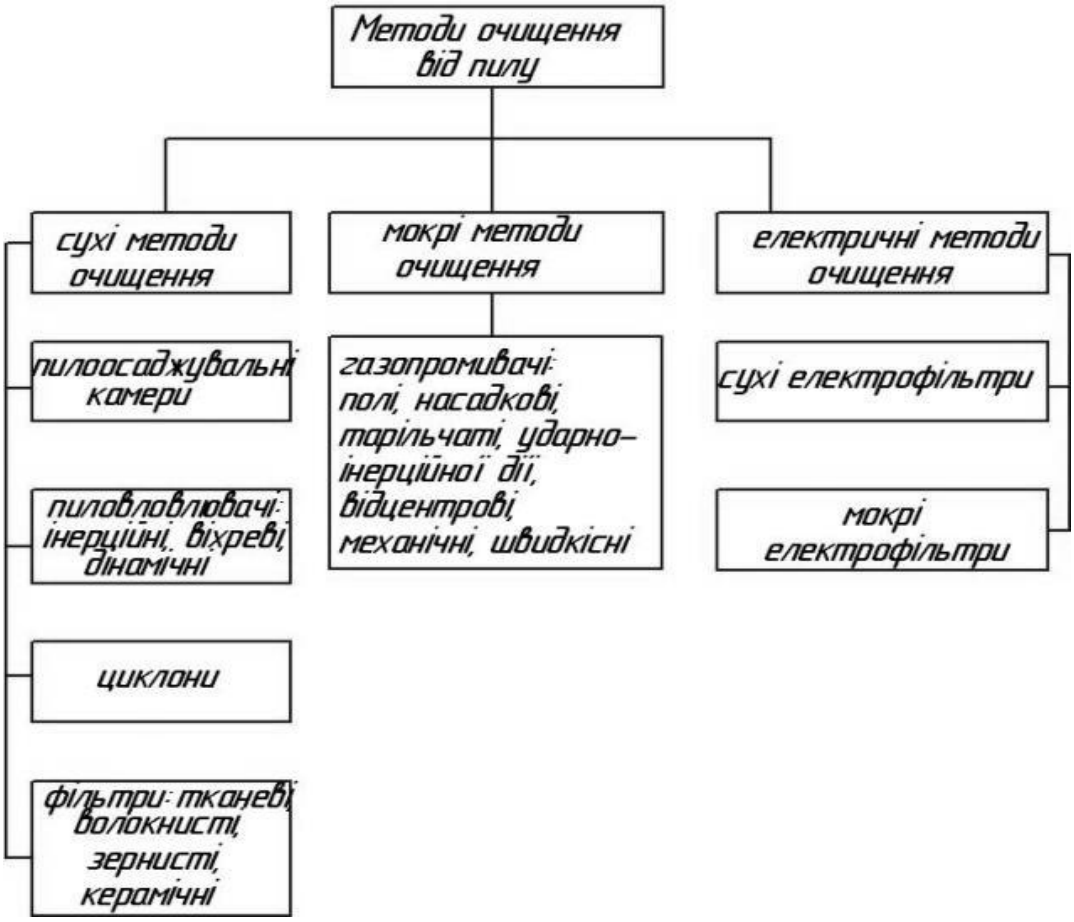


Рисунок 2.2 – Класифікація методів та апаратів очищення промислових викидів від пилу

З токсичних газів, що виділяються при плавці металів, сушінні форм і стержнів, заливці форм металом, на першому місці CO (чадний газ). Основний засіб зменшення його кількості, що надходить у навколишній простір, допалювання його до оксиду вуглецю (IV) (CO_2). Більше складності виникає при знешкодженні токсичних газів, що відходять від стержневих сушарок і установок, що виготовляють стержні з використанням холоднотвердіючих сумішей, і в інших процесах, заснованих на застосуванні синтетичних смол у складі формувальних і стержневих сумішей. До складу цих газів входять різні альдегіди, ароматичні вуглеводні, спирти, оксид азоту, сірки, вуглецю і

фосфору, аміак, ціаніди й інші речовини.

Існуючі способи знешкодження цих газів засновано на хімічному зв'язуванні шкідливих речовин, їх адсорбції й абсорбції і т.п. До найперспективніших у даний час способів відноситься каталітичне окислювання газів, що відходять, у контактних апаратах на спеціальних каталізаторах при температурі 200-500 °С.

Принцип дії електрофільтрів заснований на іонізації газу в зоні коронного розряду на електроді, передачі заряду іонів часткам пилу й осадженні останніх на осаджувальному електроді. Пил, що осів, періодично видаляють струшуванням чи промиванням електродів. Електрофільтри забезпечують високу ефективність очищення газів (95-98% і більше) при невеликому гідравлічному опорі. Однак вони вимагають значних виробничих площ, а також витрат на установку й експлуатацію. Промисловість освоїла випуск електрофільтрів різних типорозмірів. Так, електрофільтри серії УГ (універсальні горизонтальні) призначені для очищення газів з температурою до 250°С, а серії УГТ (високотемпературні) – для очищення від пилу газів з температурою до 425°С в металургії і цементної промисловості. Їхня продуктивність - десятки і сотні тисяч кубічних метрів у годину. Принципова схема електрофільтру показана на рисунку 2.3.

При очищенні газів у електрофільтрах мокрого типу, гази, що відводяться безпосередньо від електропечей, повинні піддаватися допалюванню в камері допалювання за рахунок підсмоктування повітря, а потім прохолоджуватися до температури менш 80°С. При використанні сухих електрофільтрів газ після допалювання додатково кондиціонують водяним паром до вмісту вологи 16%. Повітря, необхідне для допалювання окису вуглецю, підсмоктується через зазор між пічним патрубком і муфтою та через спеціальний патрубок із клапаном у камері дожигання [5].

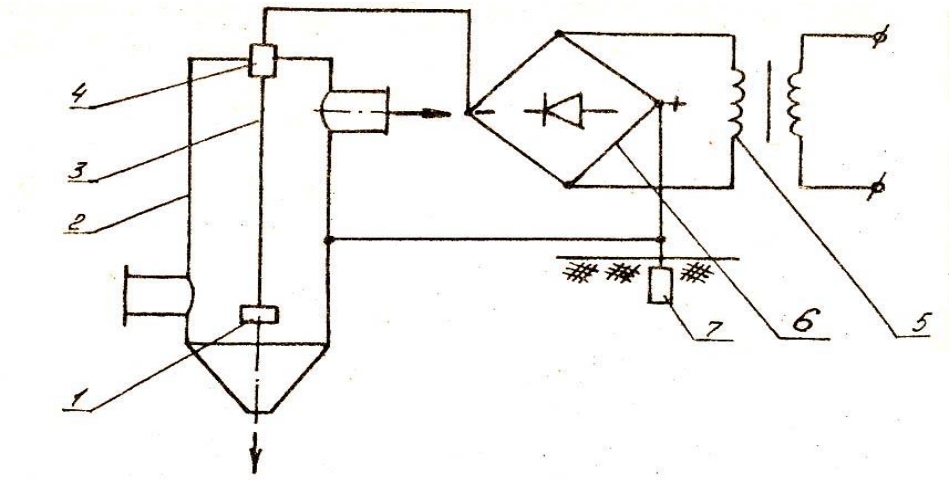


Рисунок 2.3 – Принципова схема електрофільтру: 1 – вантаж натяжний; 2 – осаджувальний електрод; 3 – коронуючий електрод; 4 – ізолятор; 5 – підвищуючий трансформатор; 6 – випрямляч; 7 – заземлення.

Після допалювання окису вуглецю продукти згоряння частково прохолоджуються у вертикальній ділянці газовідсмоктувача (у камері охолодження) шляхом підсмоктування повітря через патрубок з регулювальним клапаном. Перед надходженням у сухі електрофільтри кондиціонування газу (охолодження, додаткове зволоження) необхідне через високий питомий електричний опір пилу. Електрофільтри для очищення газів, що відводяться з пічного простору, використовують рідко через малі об’єми газів та складнощі в експлуатації.

Апарати сухого інерційного очищення - циклони - сухі інерційні пиловловлювачі, у яких уловлювання часток пилу відбувається під дією відцентрових сил, що виникають при обертанні газового потоку в корпусі апарата (рис. 2.4).

Використовуються одиночні, групові і батарейні циклони. Вони очищають гази, що відходять, від дрібно- і средньодисперсного пилу на 60...80%, а від велико-дисперсного пилу (>10 мкм) на 80-90% і вимагають

невеликих капітальних і експлуатаційних витрат. Циклони вибирають з урахуванням забезпечення оптимальної швидкості газу в перетині циклона. Циклони можна встановлювати в групи по 2, 4, 6 і 8 шт. при їхньому прямокутному компонуванні і по 10, 12 і 14 при круговому компонуванні.

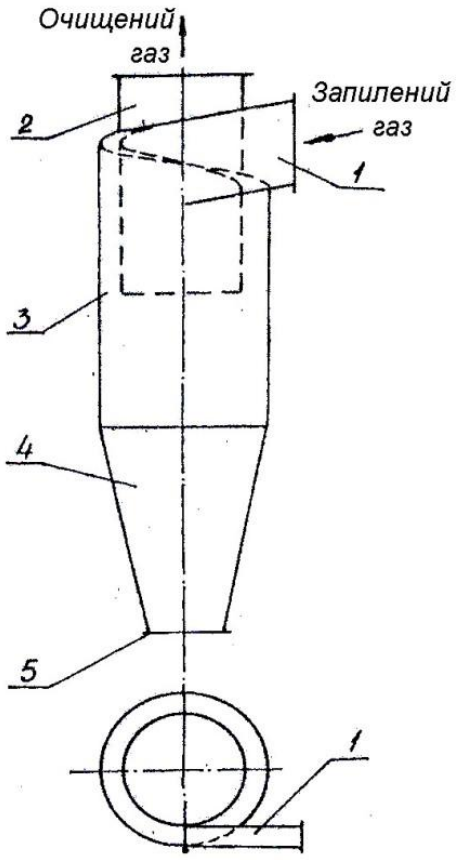


Рисунок 2.4 – Схема циклону: 1 – вхідний патрубок; 2 – вихлопна труба; 3 – циліндрична частина; 4 – конічна частина; 5 – патрубок виходу пилу

Пилоосаджувальні камери та апарати сухого інерційного очищення газів недостатньо ефективні при очищенні ливарних газів. Оскільки вони, як правило, не забезпечують необхідного ступеня очищення, їх застосовують в основному як першу ступінь очищення перед більш ефективними апаратами.

Для печей ємкістю до 25т, як показують техніко-економічні дослідження, найкраще використовувати тканеві фільтри з рукавами з синтетичних та поліефірних волокон, або зі склотканини.

Очищення у рукавних фільтрах здійснюється при проходженні газу через тканину. Найбільш широко використовуються фільтри з вовняних, бавовняних, нітронових, склотканин та інших матеріалів. Під час проходження пилогазового потоку через фільтр, частки пилу осаджуються на волокнах тканини Далі на лобовій стороні фільтру починає формуватись шар з часток пилу, котрі не можуть проникнути вглиб тканини. Утворюється другий лобовий шар, який теж починає затримувати частки, що надходять. Цей другий шар стає головним середовищем, що фільтрує. Непроникненість цього шару добре пояснює звичайно високий ступінь очищення газів у фільтрі. Зниження ефективності фільтру завжди пов’язано з динамічним пробоєм цього шару та проскоком пилу у місцях його руйнування, утворення тріщин, наявності крупних пор у фільтруючому матеріалі. Регенерація тканин може здійснюватися механічним струшуванням, методом імпульсної чи зворотної продувки та іншими способами. Ефективність уловлювання пилу 95-98% і більш.

Недоліки рукавних фільтрів: відносно низький термін служби рукавів (6-12 міс.) неможливість застосування для очищення вологих газів (через налипання пилу) і при високій температурі; часті ушкодження рукавів, що знижують ступінь очищення.

Випускається велика кількість різних типорозмірів рукавних фільтрів. Основною характеристикою фільтра вважається площа поверхні фільтрації. Схема рукавного фільтра, зі зворотною продувкою показана на рис. 2.5.

В останній час для печей малої та середньої ємкості наряду з рукавними фільтрами використовують скрубери Вентурі, що дозволяє добитися кращого ступеню очищення.

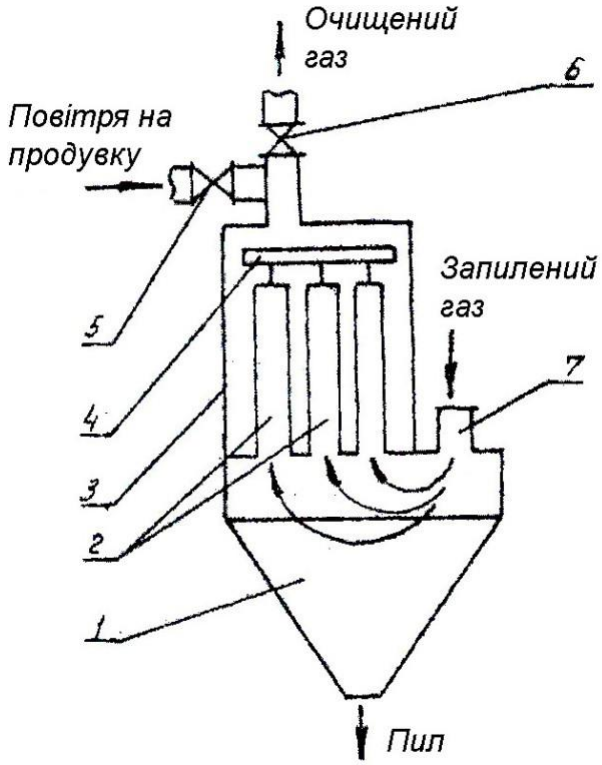


Рисунок 2.5 – Схема рукавного фільтру: 1 – бункер пилу; 2 – рукава; 3 – корпус; 4 – рама для підвишування рукавів; 5 – клапан продувочного повітря; 6 – клапан очищеного газу; 7 – вхідний патрубок.

2.6 Розробка заходів по зменшенню пилогазових викидів ливарного цеху

Аналіз діючої схеми очищення пилогазових викидів ливарного цеху показав, що вона потребує доробки, тому що ступінь очищення викидів від пилу недостатній, залишкова запиленість перевищує ГДК.

Дослідження методів та апаратів, що використовують для очищення викидів ливарного виробництва, вказує на можливість та перспективність використання мокрих методів очищення.

У мокрих пиловловлювачах у якості рідини для зрошення найчастіше використовується вода. У залежності від поверхні контакту чи за способом дії їх

підрозділяють на 8 видів:

1) порожні газопромивачі;

2) насадочні скрубери;

3) тарілчасті (барботажні та пінні);

4) з рухливою насадкою;

5) ударно-інерційної дії (ротоклони);

6) відцентрової дії;

7) механічні газопромивачі;

8) швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі).

Іноді мокрі пиловловлювачі підрозділяють по витратах енергії на низьконапірні (гідравлічний опір яких не перевищує ΔР=1,5 кПа): форсуночні скрубери, барботери, мокрі відцентрові апарати та ін.; средньонапорні (ΔР =1,5-3000 Па): динамічні скрубери, газопромивачі ударно-інерційної дії; високонапорні (ΔР>3,0 кПа): скрубери Вентурі, скрубери з рухливою насадкою.

У мокрих пиловловлювачах у результаті контакту запиленого газового потоку з рідиною утворюється міжфазна поверхня контакту. Ця поверхня складається з газових пухирців, газових струменів, рідинних струменів, крапель, плівок рідини. У більшості мокрих пиловловлювачів спостерігаються різні види поверхонь, тому пил уловлюється в них по різних механізмах.

В останній час для очищення пилогазових викидів печей малої та середньої ємкості широко використовують скрубери Вентурі. Запропонована технологічна схема наведена на рис. 2.6.

Робота газоочистної системи буде відбуватися за схемою: газовідбірний пристрій від печі – газохід – скрубер Вентурі – тягодуттєва машина, усього три технологічні лінії. Вловлений у скруберах Вентурі пил у вигляді шламу повинен направлятися у заводську шламову каналізацію.

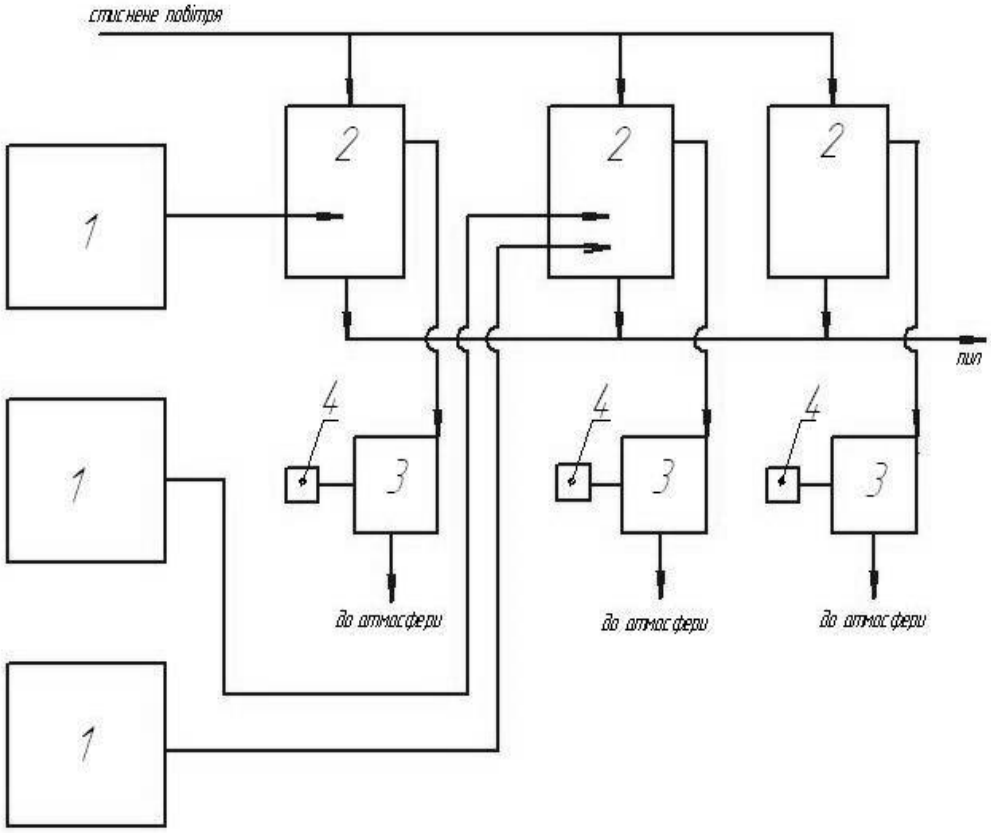


Рисунок 2.6 – Технологічна схема очищення відхідних газів ливарного цеху:
1 – піч; 2 – скрубер Вентурі; 3– труба; 4 – тягодуттєва машина

Ефективність системи очищення може бути оцінена за формулою:

$$\eta=(1 - (1 – \eta_1)\times(1 – \eta_2))\times100\%, \% \quad (2.1)$$

де η_1 – ефективність очищення від пилу на першому ступені;

η_2 – ефективність очищення від пилу на другому ступені.

$$\eta=(1 - (1 – 0,967)\times(1 – 0,98))\times100\%= 99,93\%.$$

Технічні характеристики запропонованої схеми пилогазоочищення наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики запропонованої схеми пилогазоочищення

Технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Запропонована система
Об’єм газів, що очищуються	$м^3$/годину	110010
Початкова запиленість	$мг/м^3$	600
Залишкова запиленість	$мг/м^3$	0,4
ГДК р.з.	$мг/м^3$	6
Ефективність очищення	%	99,93

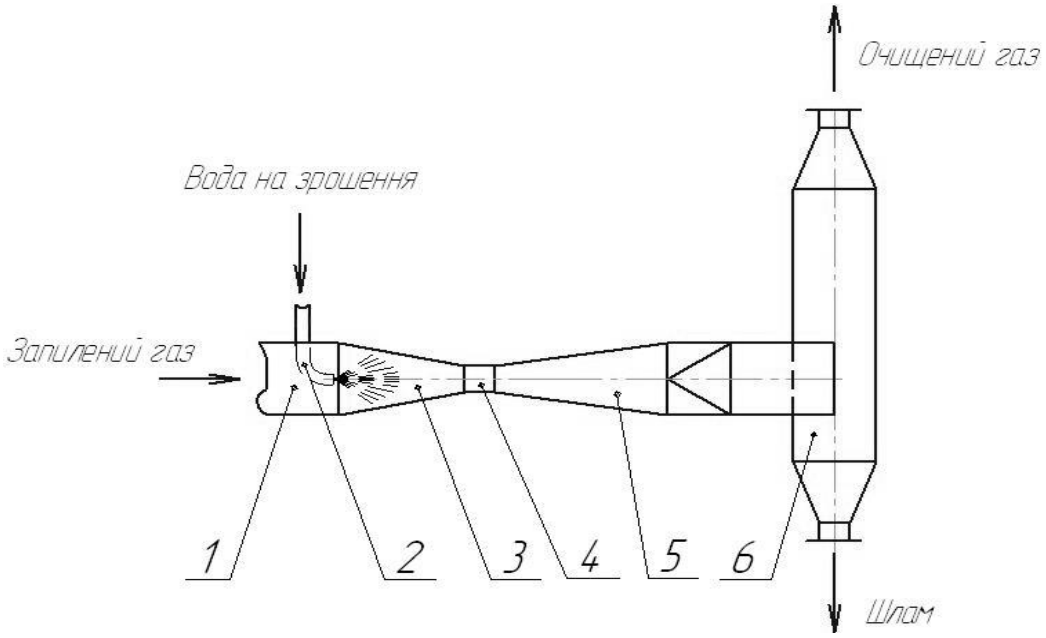
З наведених даних видно, що запропонована схема виконує вимоги нормувань забруднення оточуючого середовища, залишкова запиленість не перевищує ГДК.

2.7 Принцип дії та переваги скрубера Вентурі

Принцип дії скруберів Вентурі (турбулентних промивачів) засновано на уловлюванні часток пилу краплями зрошуючої рідини, що диспергується самим газовим потоком. Після виходу зі скрубера Вентурі великі краплі рідини з частками пилу уловлюються у виносних чи вбудованих сепараторах різної конструкції. Ефективність скруберів Вентурі 95-98% при середньому розмірі часток пилу 1-2 мкм. Однак вони мають високий гідравлічний опір 2000-2500 Па і більше. Промисловість серійно випускає різні типи скруберів Вентурі. Схема скрубера Вентурі показана на рис. 2.7 [4].

Газ, що очищується, надходить у конфузор труби-розпилювача, де проходить через завісу води, що зрошує. Через високу швидкість газу вода дробиться на дрібні краплі, а тиск у найбільш вузькій частині труби – горловині – знижується. Усе це сприяє кращому змочуванню часток пилу і забезпечує уловлювання краплями часток розміром у десяті частки мікрометрів. У

дифузорі швидкість газу зменшується і відбувається укрупнення крапель води, що полегшує їх розподіл у циклоні-каплевловлювачі (у якості каплевловлювачів звичайно використовуються найпростіші газоочисні апарати інерційного типу).



Риснок 2.7 – Схема скрубера Вентурі: 1 – вхідний патрубок; 2 – пристрій для подання рідини, що зрошує; 3 – конфузор; 4 – горловина; 5 – дифузор; 6 – циклон-краплеуловлювач.

Скрубери Вентурі мають ряд переваг у порівнянні з іншими апаратами. Переваги:

1) невелика вартість і більш висока ефективність вловлювання, зважених часток (99%);

2) можливість використання для очищення газів від часток розміром до 0,1 мкм;

3) можливість очищення газу при високій температурі і підвищеній вологості, а також при небезпеці загорянь і вибухів очищених газів та вловленого пилу;

4) можливість разом з пилом одночасно вловлювати пароподібні і газоподібні компоненти.

Недоліки:

1) виділення уловленого пилу у виді шламу, що пов’язане з необхідністю обробки стічних вод, тобто з удорожчанням процесу;

2) можливість винесення крапель рідини та осадження їх з пилом у газоходах і димососах;

3) у випадку очищення агресивних газів виникає необхідність захищати апаратуру та комунікації антикорозійними матеріалами.

При великих обсягах газу застосовують батарейні чи групові компонування скруберів Вентурі.

2.8 Розрахунок скрубера Вентурі

Основною частиною скрубера Вентурі (швидкісного газопромивача) є труба-розпилювач, у котрій забезпечується інтенсивне дроблення зрошувальної рідини газовим потоком, що рухається зі швидкістю 40-150 м/с. Також є краплеуловлювач.

Гідравлічний опір труби-розпилювача (ΔР) розраховують за формулою

$$\Delta P=\Delta P_г+ \Delta P_р., \text{ Па} \qquad (2.2)$$

де $\Delta P_г$ – гідравлічний опір сухої труби-розпилювача, Па;

$\Delta P_р$ – гідравлічний опір труби-розпилювача, обумовлений введенням рідини, Па.

Гідравлічний опір сухої труби-розпилювача ($\Delta P_г$) розраховують за формулою

$$\Delta P_г=\xi_{сух}\omega_г^2\rho_г/2, \text{ Па} \qquad (2.3)$$

де $\xi_{сух}$ – коефіцієнт опору;

$\omega_г$ – швидкість газу в горловині труби, м/с;

$\rho_г$ – густина газу кг/м^3.

Коефіцієнт опору ($\xi_{сух}$) (для 10 $d_е \geq l_г \geq 0{,}15d_е$) розраховують за формулою

$$\xi_{сух}=0{,}165 + 0{,}034l_г/d_е - [(0{,}06+0{,}028)l_г/d_е]M, \quad (2.4)$$

де $M=\omega_г/\omega_{зв}$ – число Маха;

$\omega_г$ – швидкість газу в горловині труби, м/с;

$\omega_{зв}$ – швидкість звуку, м/с;

$l_г$ – довжина горловини;

$d_е$ – еквівалентний діаметр горловини, м.

Гідравлічний опір труби-розпилювача, обумовлений введенням рідини, ($\Delta P_р$) розраховують за формулою

$$\Delta P_р=\xi_р(\omega_г\rho_р/2)m, \text{ Па} \quad (2.5)$$

де $\xi_р$ – коефіцієнт гідравлічного опору, що враховує введення у трубу-розпилювач рідини, що зрошує;

m – питома витрата рідини, що зрошує, м^3/м^3 газів;

$\rho_р$ – густина рідини, кг/м^3.

Коефіцієнт $\xi_р$ визначають з вираження

$$\xi_р=A\xi_{сух}m^{1+B}, \quad (2.6)$$

де А и В – коефіцієнти.

Ефективність пиловловлювача залежить від швидкості газу і питомого зрошення (звичайно m=0,5-1,5 л/м^3 газу).

Середній діаметр крапель при розпилі пневматичною форсункою розраховують за формулою

$$d_к=(5{,}85\cdot10^{-3}\sqrt{\sigma}/\omega_{вк}\sqrt{\rho_р})+53{,}4(\mu_р\sqrt{\rho_р\sigma})^{0{,}45}(Q_р/v_г)^{1{,}5}, \text{ м} \qquad (2.7)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягнення рідини, Н/м^2;

$\omega_{вк}$ – швидкість газів відносно краплі (приймається рівної швидкості в горловині труби);

$\mu_р$ – коефіцієнт динамічної в’язкості рідини, Па*с;

$Q_р$ – витрати рідини, м^3/с;

$v_г$ – витрати газу, м^3/с.

При розрахунку скруберів Вентурі найчастіше перевага віддається енергетичному методу, відповідно до якого ефективність роботи мокрих пиловловлювачів визначається витратами енергії на процес очищення газу. Витрати енергії на очищення газу від пилу, тобто витрата енергії К на обробку рідиною визначеного об’єму газу:

$$К=\Delta P_{ап}+P_рm, \text{ кДж/1000 м}^3 \text{ газу} \qquad (2.8)$$

де $\Delta P_{ап}$ – гідравлічний опір апарата, Па;

$P_р$ – тиск рідини, що розпорошується, на вході в апарат, Па;

m – питома витрата зрошуючої рідини, м^3/м^3 газу.

Ступінь уловлювання пилу η розраховуємо за формулою:

$$\eta=-\exp(-ВК^x) \qquad (2.9)$$

де В і Х – константи, що залежать від властивостей пилу, що уловлюється.

Початкові данні: розрідження перед газоочисткою P_1 = 5 кПа; питома витрата рідини, що зрошує газ, m = 0,001 $м^3/м^3$ газу; тиск рідини, що розпорошується, на вході в апарат $P_р$ = 300 кПа; гідравлічний опір циклона-каплевловлювача $\Delta P_к$=100 Па; початкова запиленість z_1=20 $мг/м^3$; кінцева запиленість z_2=0,4 $мг/м^3$; витрата вологих газів при нормальних умовах V_0=110010 $м^3$/год = 30,56 $м^3$/с; витрата вологих газів при робочих умовах V=150000 $м^3$/год = 41,67 $м^3$/с; температура газів t = 40^0C; щільність газу при нормальних умовах ρ=4 $кг/м^3$; щільність рідини, що зрошує $\rho_р$=1000 $кг/м^3$; константи, що залежать від якостей пилу В=$6,9\cdot10^{-3}$ та х=0,67.

Порядок (алгоритм) виконання розрахунку:

Визначаємо необхідний ступінь уловлювання пилу η за формулою:

$$\eta=(z_1-z_2)/z_1 \qquad (2.10)$$

де z_1 і z_2 – відповідно початкова і кінцева запиленість газу, $мг/м^3$.

$$\eta=(20-0,4)/20=0,98$$

В інтервалі високих значень ступеня очищення газу (0,98-0,99) витрати енергії К можливо знаходити з формули:

$$N=BK^x \qquad (2.11)$$

де N – число одиниць переносу, що знаходять за формулою:

$$N=\ln(1/(1-\eta)) \qquad (2.12)$$

$$N= \ln(1/(1-0,98))=3,92.$$

З формули (2.11) находимо К:

$$К=12915,2 \text{ кДж.}$$

Загальний гідравлічний опір скрубера Вентурі $\Delta P_{ап}$ знаходим з формули (2.8):

$$\Delta P_{ап}=12915,2-300000\cdot 0,001=12615,2 \text{ Па}$$

Обчислюємо гідравлічний опір труби-розпилювача (труби Вентурі) $\Delta P_{тр}$ за формулою:

$$\Delta P_{тр}= \Delta P_{ап}- \Delta P_{к}, \text{ Па} \qquad (2.13)$$

де $\Delta P_{к}$ – гідравлічний опір циклона-каплевловлювача, Па.

$$\Delta P_{тр}=12615,2-100=12515,2 \text{ Па.}$$

Визначаємо значення коефіцієнта гідравлічного опору сухої (без подачі рідини) труби Вентурі ξ_1 і коефіцієнта, що враховує додаткові втрати тиску, що викликані подачею в трубу рідини ξ_2.

При оптимальній з аеродинамічної точки зору довжині горловини труби-розпилювача $l_2=0,15d_2$ (d_2 – еквівалентний діаметр горловини) коефіцієнт опору ξ_1 приймається в межах 0,12-0,15. Приймаємо $\xi_1=0,15$.

Коефіцієнт опору труби Вентурі ξ_2, обумовлений введенням рідини, знаходимо за формулою:

$$\xi_2=A\ \xi_1 m^{B1} \qquad (2.14)$$

де А та B_1 – емпіричні коефіцієнти, значення котрих для випадку з центральним підведенням зрошуючої рідини в конфузор відповідно складають 0,63 та - 0,3.

$$\xi_2=0,63\cdot0,15\cdot0,001^{-0,3}=0,751.$$

Знаходимо швидкість газу в горловині труби-розпилювача u за формулою:

$$u=(2\Delta P_{тр}/(\xi_1\rho+\xi_2 m\rho_ж))^{0,5} \quad (2.15)$$

де ρ – щільність газу при нормальних умовах, кг/м^3;

$\rho_р$ – щільність рідини, що зрошує, кг/м^3.

$$u=(2\cdot12515,2/(0,15\cdot4+0,751\cdot0,001\cdot1000))^{0,5}=136,12 \text{ м/с}.$$

Знаходимо діаметр горловини труби-розпилювача d_2 за формулою:

$$d_2=1,13(V_0/u)^{0,5}, \text{ м} \quad (2.16)$$

де V_0 – витрата газів при нормальних умовах, м^3/с;

u – швидкість газу в горловині труби-розпилювача, м/с.

$$d_2=1,13(30,56/136,12)^{0,5}=0,535 \text{ м}.$$

Отримане значення діаметру горловини значно перевищує найбільший діаметр горловини типорозмірного ряду труб Вентурі (0,42м), у зв’язку з чим необхідно встановити декілька паралельно працюючих труб. Приймаємо число труб n=2. У цьому випадку діаметр горловини кожної з трьох ідентичних труб буде дорівнювати:

$$d_2=1,13(30,56/(2\cdot136,12))^{0,5}=0, 379 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр горловини труби Вентурі d_2 рівним 420 мм.

Швидкість газу в горловині труби в цьому випадку дорівнює:

$$u_2=(1,13^2\cdot V_0)/(n\cdot d_2^2), \text{ м/с}. \quad (2.17)$$

$$u_2=(1,13^2\cdot 30,56)/(2\cdot 0,379^2)=136,12 \text{ м/с}.$$

Приймаємо швидкість газу на вході у конфузор та на виході з дифузору труби Вентурі u_1=20 м/с. При такій швидкості діаметр вхідного отвору конфузору d_1 розраховуємо за формулою:

$$d_1=1,13(V/u_1)^{0,5}, \text{ м} \qquad (2.18)$$

де V – витрата газів при робочих умовах, $м^3/с$;

u_1 – швидкість газу на вході у конфузор та на виході з дифузору труби Вентурі, м/с .

$$d_1=1,13(41,67/20)^{0,5}=1,63 \text{ м}.$$

Діаметр вихідного отвору дифузору d_3 дорівнює:

$$d_3=1,13(41,67/(2\cdot 20))^{0,5}=1,15 \text{ м}.$$

З аеродинамічної точки зору оптимальними є кут звуження конфузору $\alpha_1=25\text{-}28^0$ та кут розкриття дифузору $\alpha_2=6\text{-}7^0$.

Довжина горловини труби l_2 розраховується за формулою:

$$l_2=0,15d_2, \text{ м} \qquad (2.19)$$

$$l_2=0,15\cdot 0,535=0,08 \text{ м}.$$

Довжину конфузору l_1 розраховуємо за формулою:

$$l_1=(d_1-d_2)/2\text{tg}(\alpha_1/2), \text{ м} \qquad (2.20)$$

$$l_1=(1,63-0,535)/2\text{tg}(28/2)=2,45 \text{ м}$$

Довжину дифузору l_3 розраховуємо за формулою:

$$l_3=(d_3-d_2)/2tg(\alpha_2/2), \text{ м} \quad (2.21)$$

$$l_3=(1,15-0,535)/2tg(7/2)=5,59 \text{ м}.$$

Таким чином, розраховані розміри труби Вентурі (ГВПВ – 0,006 до 3,5 $м^3$ за годину, 12 шт) складають: конфузор – l_1=2,45 м, d_1=1,63 м; горловина труби – l_2=0,08 м, d_2=0,420 м; дифузор – l_3=5,59 м, d_3 = 1,15 м.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні шкідливості та небезпечності ливарного цеху

У ливарному виробництві основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами є: пил, аерозолі, пари і гази, надлишкове тепло, підвищені рівні шуму і вібрації, електромагнітні випромінювання, машини і механізми, що рухаються, рухливі частини виробничого устаткування та інше.

У пилу формувальних і стрижневих сумішей міститься двоокис кремнію. Робота електричних печей також супроводжується виділеннями шкідливих газоподібних продуктів. В атмосферу цеху також виділяються продукти термодеструкції мастил, що містять окис вуглецю, аерозолі олій, формальдегіди. При вибиванні й очищенні виливків виділяється пил, що містить до 90% двоокису кремнію. Плавильні агрегати, сушильні печі, залиті форми в процесі остигання є активними джерелами виділення окису вуглецю.

На ділянках плавильних агрегатів, заливання й охолодження форм, вибиванні й очищенні виливків відбувається інтенсивне виділення тепла, що порушує температурні режими на робочих місцях заливальників, шлаковиків, працівників електропечей, вибивальників. Також інтенсивному тепловому опроміненню на робочих місцях піддаються нагрівальники, штампувальники, пресувальники [9].

Джерелами шуму та загальної вібрації у ливарному цеху є дугові сталеплавильні печі, розливочний кран, ківшевий кран, вибивні ґрати, формувальні машини. Основними джерелами локальної вібрації є пневматичні рубильні молотки, трамбування й інший ручний механізований інструмент.

Електромагнітні поля генеруються електротермічними установками плавлення, нагрівання металу, сушіння форм і стрижнів.

Електропечі, машини і механізми ливарних виробництв з

електроприводом є джерелами небезпеки поразки електричним струмом. При індукційному нагріванні, крім того, виникає сильне магнітне поле, що вимагає застосування захисних екранів.

Скрутність, недостатня освітленість, шум і інші несприятливі фактори в ливарних виробництвах підсилюють небезпеку травмування машинами та частинами виробничого устаткування, що рухаються.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів відносяться фізичні перевантаження при роботах з великогабаритними важкими деталями, монотонність праці, перенапруга зору та ін.

У цеху, що розглядається, надлишки явного тепла складають 300-500 Дж/(м^3·с). Тому самопочуття робітників значною мірою залежить від метеоумов виробничого приміщення, які обумовлюються температурою повітря, його відносною вологістю та швидкістю руху.

Важливість урахування метеоумов пояснюється балансом тепла між організмом людини та оточуючим середовищем. При високих температурах (30 ^{o}С та вище), особливо при виконанні важкої фізичної роботи, потовиділення може посилюватися у десятки разів, а це негативно відіб'ється на самопочутті та здоров'ї людини в цілому. Швидкість випаровування поту залежить від вологості та швидкості руху повітря, а також від матеріалу, виду та крою одягу.

Хвороби, що можуть бути викликані надлишковим теплом:

а) гіпертермія (перегрів): у легкій формі – теплове виснаження. Температура тіла підвищується на 0,3-1^{o}С, шкіри – на 0,5-1,5 ^{o}С; у важкій формі – тепловий удар. Температура тіла підвищується до 39-41^{o}С;

б) судорожна хвороба (теплові судороги);

в) катаракта (помутніння роговиці або кришталика);

г) підвищується загальна захворюваність у цехах (хвороби серця, шлунку, простудні та гнійничкові захворювання).

Майже 50 % професійних захворювань зв'язано з впливом несприятливих умов мікроклімату. Продуктивність праці при цьому знижується на 20-40 %. З таблиці видно, що фактичні параметри мікроклімату у даному цеху перевищують допустимі та потребують проведення заходів з зменшення їх негативного впливу (захист від можливого перегрівання).

Важкість робіт у цеху відноситься до категорії важка III – енерговитрати більше 250 кКал/год. Фактичні та нормативні параметри мікроклімату наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фактичні та нормативні параметри мікроклімату

Значення	Сезон року	Температура повітря, ^{0}C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Нормативна	Фактична	Нормативна	Фактична	Нормативна	Фактична
оптимальні	холодний та перехідний	16-18	20-22	60-40	60-40	0,3	0,3
	теплий	18-20	20-28	60-40	60-40	0,5	0,5
допустимі	холодний та перехідний	13-19		75		0,5	
	теплий	не більш 26^{0}C		при 26^{0}C не більш 65 при 25^{0}C не більш 70 при 24^{0}C не більш 75		0,5-1,0	

Головна причина забруднення повітря у ливарному цеху – недосконаліть технологічних процесів і негерметичність виробничого устаткування. Підвищеними шкідливими виділеннями відрізняються наступні ділянки ливарних цехів: підготовки шихтових матеріалів (запиленість повітря досягає 5-15 г/м^3), термічної обробки, ґрунтовки і фарбування виливків [10].

Вплив основних забруднювачів на організм людини:

- вплив пилу різних фракцій: 50 мкм – в середину організму не проникає, діє на очі; 50-10 мкм – затримується верхніми дихальними шляхами (гортань, глотка); 10-5 мкм – затримується бронхами; 5-0,1 мкм – осідає у легенях

(альвеолах); 0,1 мкм – проникає у легені, далі видаляється з повітрям, що видихається. Пил, що включає сполучення металів, може визивати захворювання дихальної системи (пневмоконіози, фібрози, силікози, сидерози), оказувати загально токсичну дію, викликати астеновегетативний синдром з судинною дистонією, порушення функції печінки, зниження шлункової секреції, моноцитоз та інше;

- окис карбону, що потрапила до організму людини, вступає в реакцію з гемоглобіном крові, заміщує у нім кисень та утворює карбоксигемоглобін, що шкідливо діє на червоні кров'яні шарики, на центральну нервову систему та приводить до серцево-судинних захворювань. Навіть незначна кількість окису карбону у повітрі при тривалому впливі на людину може викликати головний біль, зниженню працездатності; більш високі концентрації – атеросклероз, ураження нервової системи, виникнення інфаркту міокарду та розвитку легеневих захворювань;

- дія їдких речовин викликає захворювання шкіри (дерматити, екзема), захворювання очей (кон'юктівіти) та інше.

ГДК та класи небезпеки деяких з вищеназваних забруднювачів наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – ГДК та класи небезпеки деяких забруднювачів

Назва забруднювача	ГДК р.з., мг/м^3	Фактична концентрація у цеху, мг/м^3	Клас небезпеки
Пил металевий	6	9	4
Окис вуглецю	20	23	4
Двоокис азоту	5	6	2

Вищеназвані речовини відносяться до IV та II класу загрози (помірно та малонебезпечні), але їх фактичні концентрації перевищують ГДК, тому

необхідно ретельно контролювати їх у повітрі робочої зони та запропонувати заходи щодо зниження концентрацій.

У виробничих приміщеннях з надлишком явного тепла використовують природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовують безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У разі неможливості або неефективності аерації встановлюють механічну загально-обмінну вентиляцію. При тепловому опроміненні від 140 до 350 Вт/м^2 необхідно збільшувати на постійних робочих місцях швидкість руху повітря на 0,2 м/с більше за нормовані величини. При тепловому опроміненні, що перевищує 350 Вт/м^2 доцільно застосовувати повітряне душування робочих місць.

Для підтримання санітарно-гігієнічних вимог з нормування забруднень у повітрі робочої зону у цеху здійснюється аерація, також встановлена місцева витяжна вентиляція (місцеві відсмоктувачі відкритого типу: витяжні зонти, панелі рівномірного всмоктування).

Вплив шуму на організм людини відрізняється різноманітністю прояву несприятливого впливу на центральну нервову, серцево-судинну і травну системи. Шум, як загальнобіологічний подразник, швидко стомлює працюючих, знижує працездатність, продуктивність праці, гальмує реакції на небезпечні ситуації. При систематичному впливі викликає необоротні органічні поразки слухового нерва – глухуватість.

Загальна вібрація викликає деформацію органів і тканин людини, супроводжується зміною функціонального стану організму, приводить до патологічних змін нервово-м'язового, опорно-рухового апарата, судинним розладам - вібраційної хвороби. Місцева вібрація викликає спазми судин, що приводить до погіршання надходження крові у кінцівки та до їх оніміння й омертвіння. Вібраційна хвороба практично невиліковна.

У цеху, що розглядається, простежуються перевищення допустимих норм

шуму та вібрації. Тому необхідно здійснювати заходи з захисту працівників від цих шкідливих факторів.

Згідно з Правилами устрою електроустановок, ливарні цеха у відношенні небезпеки поразки людей електричним струмом можливо віднести до особо небезпечних, тому що існує одночасно декілька умов підвищеної небезпеки для персоналу. Результат поразки електричним струмом залежить від сили і тривалості впливу, роду, частоти, і шляху проходження струму в тілі людини, опору тіла; індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища. Для забезпечення безпеки робітників у цеху існує система заземлення та ізоляції.

Свѣтлова обстановка у виробничому приміщенні та на робочому мѣсцѣ характеризується наступними параметрами: свѣтловим потоком, освѣтленѣстю, силою свѣтла ѣ яскравістю джерела світла. Головним є вплив освѣтлення на органи зору. При недостатній або змінній освітленості органам зору потрібно постійно пристосовуватися, що можливо завдяки властивостям очей – акомодації та адаптації.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи у цеху може складати IV, VII, VIII. Характеристика зорової роботи: загальне спостереження за ходом виробничого процесу, робота з виробами в гарячих цехах та зорова робота середньої точності [11].

Значення фактичної та нормованої освітленності у ливарному цеху приведено в таблиці 3.3.

Таким чином, значення фактичної освітленості у ливарному цеху відповідають нормативним вимогам.

Згідно з проведеним аналізом шкідливих та небезпечних виробничих факторів виявлено шкідливі виробничі фактори у ливарному цеху ПМЗ ім. Макарова, такі як надлишки явного тепла, забруднення повітря робочої зони,

шум та вібрації, небезпека поразки електричним струмом. Тому далі пропонуються ряд заходів зі зменшення або усунення їх впливу на робітників.

Таблиця 3.3 – Значення фактичної та нормативної освітленності у ливарному цеху

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Норма-тивна освіт-леність, лк	Фактична освіт-леність, лк
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу, періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні	більше 5	VIII	б	100	100
Робота з виробами у гарячих цехах	більше 5	VII	-	200	200
Середньої точності	більше 0,5 до 1,0	IV	б,в,г	200	200

3.2 Заходи зі зниження шкідливостей та небезпечностей у ливарному цеху

Згідно з проведеним аналізом шкідливих та небезпечних виробничих факторів встановлено, що метеорологічні умови в цеху, санітарно-гігієнічні характеристики повітря робочої зони, фактичні рівні вібрації та шуму, електронебезпека не відповідають встановленим нормам.

Для захисту робочих місць від впливу надлишків тепла та додержання

санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони в даній кваліфікаційній роботі запропоновано використовувати зонт з механічною тягою. Зонт встановлюють над піччю під перекриттям. Розрахуємо розміри зонту та продуктивність витяжної вентиляції.

Враховуючи, що піч загружається через звід, розрахунок ведеться на два режими: плавлення сталі та завалки шихти.

Відстань від полюса до устя витяжного пристрою (Z) розраховується за формулою:

$$Z=H+2d, \text{ м} \quad (3.1)$$

де H – відстань від верху печі до устя зонту, м;

d – діаметр печі, м.

Кількість тепла, що виділяється піччю (Q) находимо за формулою:

$$Q=M\cdot k_2\cdot 86/3600\cdot k_1, \text{ ккал/с} \quad (3.2)$$

де M – потужність, що споживається піччю, кВт;

k_1 та k_2 – коефіцієнти тепловіддачі.

Розраховуємо діаметр факелу у устя витяжного пристрою:

$$D_z=0,45\cdot Z^{0,88}, \text{ м} \quad (3.3)$$

де Z – відстань від полюса до устя витяжного пристрою, що розрахована за формулою (3.1), м.

Швидкість на відстані Z найдемо за формулою:

$$V_z=0,82\cdot Q^{0,33}/Z^{0,29}, \text{ м/с} \quad (3.4)$$

де Q – кількість тепла, що виділяється піччю, вирахувана за формулою (3.2), ккал/с.

Витрати повітря у зонті:

$$L_z=0,13\cdot Z^{1,5}\cdot Q^{0,33},\ м^3/с \qquad (3.5)$$

Вихідні дані: діаметр печі d = 6м; відстань від верху печі до устя зонту H=10 м; площа випромінюючої поверхні F = 112,7 $м^2$; температура оточуючого середовища $t_{о.с}$=40 ^{0}C; потужність, що споживається піччю M=25000 кВт; за рахунок термохімічної реакції виділяється у процесі плавлення ще 14% від потужності (k_1=1-0,14=0,86), що споживається; тепловіддача в оточуюче середовище складає 9%; втрати тепла з газами при наявності системи відводу газів через звід печі – біля 3%, сумарні втрати дорівнюють 12% (k_2=0,12).

$$Z=10+2\cdot 6=22\ м.$$

$$Q=25000\cdot 0,12\cdot 86/3600\cdot 0,86=83\ ккал/с.$$

$$D_z=0,45\cdot 22^{0,88}=6,83\ м.$$

$$V_z=0,82\cdot 83^{0,33}/22^{0,29}=1,44\ м/с.$$

$$L_z=0,13\cdot 22^{1,5}\cdot 83^{0,33}=57,68\ м^3/с=207659\ м^3/год.$$

В період завалки шихти звід відведено у бік. Температура внутрішньої поверхні печі $t_п$=1400^{o}C. Тепловиділення променевипромінюванням та конвекцією:

а) променевипромінювання з внутрішніх поверхонь (под печі) знаходимо по номограмі інтенсивності теплового випромінювання з відкритого отвору печі. При температурі 1400°С $Q_в$ = 35 МКал/(м²·год). Тоді променевипромінювання від печі вцілому дорівнює $Q_{пр}$=1575 МКал/год.

б) Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією дорівнює

$$\alpha=2,8\cdot\sqrt{t_п - t_{о.с.}}, \text{ кКал/м}^2\cdot\text{год.}\cdot{}^{o}\text{C}, \quad (3.6)$$

де $t_п$ – температура внутрішньої поверхні печі, ^{0}С;

$t_{о.с.}$ – температура оточуючого середовища, ^{0}С.

$$\alpha=2,8\cdot\sqrt{1400-40}=17 \text{ кКал/м}^2\cdot\text{год.}\cdot{}^{0}\text{C}.$$

Тепловиділення конвекцією ($Q_к$) знайдемо за формулою:

$$Q_к=F*\alpha*\Delta t, \text{ кКал/год.} \quad (3.7)$$

де F – площа випромінюючої поверхні, м²;

α – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією;

Δt – різниця температур нагрітої поверхні та оточуючого середовища, ^{0}С.

$$Q_к=112,7\cdot17\cdot(1400-40)=2605624 \text{ кКал/год.}=2605,6 \text{ МКал/год.}$$

Загальні тепловиділення (∑Q) розраховуємо за формулою:

$$\sum Q = Q_{пр.}+ Q_к, \text{ кКал/с} \quad (3.8)$$

$$\sum Q = 1575 + 2605,6 = 4180,6 \text{ Мкал/год.}=1161 \text{ кКал/с}$$

Витрати повітря у період завалки шихти знайдемо використовуючи формулу (3.5):

$$L_z=0,13\cdot 22^{1,5}\cdot 1161^{0,33}=138 \text{ м}^3/\text{с}=496800 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З розрахунку видно, що для організації ефективної вентиляції необхідно забезпечити витрати повітря витяжного зонту не менш, ніж 496800 м^3/год.

В умовах, коли тепловіддача здійснюється за рахунок випарювання, дуже важливим є питтєвий режим. Для профілактики порушень водно-сольового балансу тих, хто працює в умовах нагріваючого мікроклімату, забезпечують компенсацію рідини, солей (натрій, калій, кальцій та ін.), мікроелементів (магній, мідь, цинк, йод та ін.), розчинених в рідині вітамінів, які виділяються з організму з потом. Тобто робітникам встановлюють норму води 4-5 літрів на людину в зміну з додаванням 0,5% повареної солі. Відстань від виробничих місць до питних установок повинно бути не більш, ніж 75 м.

Для захисту персоналу можуть від електромагнітного потоку можуть використовуватися наступні способи і засоби: зменшення напруженості і щільності енергії електромагнітного потоку за допомогою узгодження навантажень і застосування поглиначів потужності; екранування робочих місць; віддалення робочого місця від джерела електромагнітного поля; раціональне розміщення устаткування в робочому приміщенні; встановлення раціональних режимів роботи устаткування й обслуговуючого персоналу; застосування попереджуючої сигналізації; застосування засобів індивідуального захисту.

При роботах з об'єктами (машинами, устаткуванням, ручним пневматичним інструментом та ін.), що генерують вібрацію, повинна застосовуватися система профілактичних мір і заходів, спрямованих на попередження несприятливого впливу вібрації на організм людини, основними з який є санітарно-гігієнічне нормування гранично припустимих рівнів вібрації; використання механізованого інструмента й устаткування, що відповідає вимогам санітарних норм; впровадження прогресивних технологій, що виключають вплив виробничої вібрації на працюючих, при цьому санітарно-

гігієнічне нормування гранично допустимих рівнів вібрації повинне в умовах виробництва передбачати насамперед встановлення припустимого сумарного часу роботи з машинами, що викликають вібрацію, і розподіл періодів контакту з ними протягом робочої зміни чи при виконанні робіт, не зв'язаних із впливом вібрації (сполучення професій), а також тривалість і розподіл регламентованих перерв протягом робочої зміни.

У зв’язку з перевищенням нормативних вимог до шуму у приміщеннях ливарних цехів, необхідно використовувати засоби звукоізоляції. Наведемо розрахунок звукоізолюючої здатності одношарових загороджень й критичної частоти звуку, нижче якої використовувати загородження неефективно.

Звукоізолюючу здатність загородження (R) товщиною 10-100 мм розраховуємо за формулою:

$$R=30\cdot\lg\gamma - 10\cdot\lg E + 2\cdot\lg\eta - 9{,}6, \text{ дБ} \qquad (3.9)$$

де γ – щільність матеріалу загородження, кг/м^3;

E – модуль пружності матеріалу, кг/см^2;

η – коефіцієнт втрат енергії звуку.

Критичну частоту звуку ($f_{кр}$), нижче якої використання загородження є неефективним, знаходимо за формулою:

$$f_{кр}=c^2\cdot\sqrt{\gamma}/E/(1{,}8\cdot h), \text{ Гц} \qquad (4.10)$$

де c – швидкість звуку у повітрі, м/с;

h – товщина загородження, м.

Вихідні данні: матеріал загородження – залізобетон; модуль пружності матеріалу $E=2,0\cdot10^5$ кг/см^2=$2,0\cdot10^9$ кг/м^2; щільність матеріалу загородження γ=2500 кг/м^3; коефіцієнт втрат енергії звуку η=0,005; товщина загородження h=0,15 м.

Звукоізолююча здатність загородження (R) дорівнює

$$R=30\cdot\lg2500 - 10\cdot\lg2,0\cdot10^5 + 2\cdot\lg0,005 - 9,6 = 36,2 \text{ дБ}.$$

Критична частота звуку, нижче якої використання загородження є неефективним, розраховуємо за формулою (3.10):

$$f_{кр}=343^2\cdot\sqrt{2500}/2,0\cdot10^9/(1,8\cdot0,15)=488 \text{ Гц}.$$

Запропонований захід дозволить понизити негативний вплив шуму на працівників цеха.

Також для зниження негативного впливу шкідливих виробничих факторів на робітників ливарного цеху, окрім засобів колективного захисту можливо використовувати засоби індивідуального захисту.

3.3 Засоби індивідуального захисту

Річна потреба у засобах індивідуального захисту для робочих основних професій ливарного виробництва приведена у таблиці 3.4. Аналіз засобів індивідуального захисту та спецодягу показали їх відповідність існуючим нормативам.

3.4 Пожежна профілактика

Небезпека виникнення пожеж та вибухів у виробничих приміщеннях, будівлях та спорудах обумовлена характером технологічного процесу, котрий визначає ймовірність виникнення та розміри пожежі.

Таблиця 3.4 – Норми видачі ЗІЗ основних професій робìтникìв ливарного виробництва

Професія	Найменування спецодягу та ìнших ЗІЗ	Строки носки по мìсяцях	Загальна кількість на рік
1	2	3	4
Завалювальник шихти у печі	Костюм брезентовий	12	1
	Чоботи шкіряні з металевим носком	12	1
	Рукавиці брезентові	2	6
	Окуляри захисні	До зносу	-
Чистильник металу, відливок та деталей	При роботі у дробеструменевих та дробеметних камерах		
	Комбінезон бавовняний	12	1
	Рукавиці комбіновані	1	12
	Респіратор	До зносу	-
	Окуляри захисні	До зносу	-
	При роботі з кислотами додатково		
	Чоботи гумові	12	1
	Фартух прогумований	12	1
	Рукавички гумові	2	6
Вибивальник лиття	На ручному вибиванні опок та стрижнів		
	Куртка бавовняна	12	1
	Брюки брезентові	12	1
	Черевики шкіряні з металевим носком	12	1
	Рукавиці брезентові	1	12
	Окуляри захисні	До зносу	-
	На механізованих решітках		
	Комбінезон бавовняний з пилонепроникненої тканини	12	1
	Черевики шкіряні з гладеньким верхом та металевим носком	12	1
Заливальник метала	Костюм сукняний	12	1
	Валянки або чоботи шкіряні з гладеньким верхом	12	1
	Рукавиці брезентові	1	12
	Окуляри захисні	До зносу	-
Контролер матеріалів та робіт в ливарному виробництві	Халат бавовняний	12	1
	Рукавиці комбіновані	3	4

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
Обрубник	Костюм брезентовий або бавовняний	12 9	1 -
	Чоботи шкіряні з металевим носком	12	1
	Окуляри захисні	До зносу	-
	Протишумові навушники	До зносу	-
	Рукавиці комбіновані	1	12
Плавильник металу та сплавів	Костюм суконний або бавовняний з вогнезахисним просоченням	12	1
	Валянки	12	1
	Рукавиці брезентові	1	12
	Шляпа войлочна	12	1
	Окуляри захисні	До зносу	-
Пультовщик електроплавильної печі	Костюм вискозно-лавсановий	12	1
	Рукавички діелектричні	Чергові	-
	Калоші діелектричні	чергові	-
	Окуляри захисні	До зносу	-
Робітник, що зайнятий термічною обробкою металів токами високої частоти	Фартух бавовняний з вогнезахисним просоченням	9	-
	Рукавиці комбіновані	1	12
	Окуляри захисні	До зносу	-

Виробничий процес у цеху по вибуховій, вибухонебезпечній та пожежній небезпеці вìдноситься до категорìї «Г», тому що у технологічному процесі задіяні незгоряємі речовини та матеріали у гарячому, розпеченому і розплавленому стані, процес обробки котрих супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я. Приміщення цеху побудовано з неспалюваних матерìалìв ì має I ступінь вогнетривкості. Для попередження розповсюдження пожежі конструкції будівлі оборудовані протипожежними перепонами – поперечними та прокольними.

Пожежі в цеху можуть виникнути в результаті: впливу тепла від нагрітих предметів, загоряння електроустаткування при перевантаженнях, перегрівах і коротких замиканнях, загоряння горюче мастильних матеріалів при влученні в них іскор.

Основними засобами пожежегасіння в ливарних цехах є: у модельному та шихтовому відділеннях – вода, хімічна піна, водяний пар; у формувальному та стрижневому відділеннях – вода, хімічна піна; на ділянці точного лиття – одяний пар; на ділянці сушіння форм і стрижнів – вуглекислий газ; на плавильних ділянках – порошкові сухі вогнегасники, сухий пісок, флюси; для гасіння невеликих вогнищ, що викликані загорянням легкозаймистих і пальних рідин – повстяні покривала [11].

Оскільки усі автоматичні засоби сигналізації побудовано за принципом спрацьовування на конкретний фактор (як-то: підвищення температури, запилюженість та інші), а ці фактори є робочою атмосферою цеху, то їх встановлювання у цеху неможливо. Також, оскільки волога є однією з найбільших небезпек для електричних печей, розміщення внутрішнього пожежного водопроводу недоцільне, щоб уникнути аварій.

Пожежні щити встановлюються на території цеху з розрахунку один щит на 5000 м^2. В комплект щиту входять: вогнегасників – 3, ящиків з піском – 1,

покривало з негорючого матеріалу – 1, ломи – 2, багри – 2, топори – 2. Норми первинних засобів пожежегасіння наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Норми необхідних первинних засобів пожежегасіння

Категорія приміщення	Гранична захищувана площа, $м^2$	Клас пожежі	Пінні та водяні вогнегасники місткістю 10 л	Порошкові вогнегасники з величиною заряду, кг			Хладонові вогнегасники місткістю 2(3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2 (3)	5 (8)
Г	800	B	2+	-	2++	1+	-	-	-
		C	-	4+	2++	1+	-	-	-
	1800	A	2++	4+	2++	1+	-	-	-
		D	-	-	2+	1++	-	-	-
		E	-	2+	2++	1+	2+	4+	2++

Знаком «++» позначені вогнегасники, рекомендовані до оснащення об’єктів, знаком «+» – вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників та за наявності відповідного обґрунтування; знаком «-» – вогнегасники, котрі не допускаються для оснащення об’єктів.

Порівняння нормативних вимог та фактичної кількості первинних засобів пожежегасіння показало їх відповідність існуючим нормативам.

ВИСНОВКИ

Сучасне промислове виробництво прагне до розвитку безвідхідних технологічних процесів, більш широкому використанню у виробництві усіляких відходів і побічних продуктів. При розробці ливарної технології мається можливість широко використовувати як відходи ливарного виробництва, так і побічні продукти інших виробництв.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в тому, що в нашому регіоні багато машинобудівних і металургійних заводів, на яких маються ливарні цехи. Як усім відомо – металургійна промисловість, є одним з головних джерел забруднення атмосфери, літосфери, гідросфери, а також біосфери, тому відповідно і ливарне виробництво також є джерелом забруднення. У першу чергу актуально питання по очищенню викидів ливарних цехів, а також питання утилізації відходів, що утворюються в результаті роботи ливарних цехів.

У ливарному виробництві на 1 т виливок утворюється від 1 до 3 т відходів, що включають відпрацьовану і невикористану суміш, шлаки, пил, гази. Хоча основна частина відходів це відпрацьовані суміші і шлаки, найбільшу небезпеку представляють саме пил і гази, у зв'язку з труднощами їхнього уловлювання, знешкодження і видалення. За оцінками фахівців на ливарні цехи приходиться від 5 до 70% шкідливих викидів, скидань, стоків, відвалів металургійних підприємств, а в загальних викидах в атмосферу на долю ливарного виробництва приходиться 3% пилу і 0,5% чадного газу. Пил ливарного виробництва складається в основному з мілкодисперсних часточок, вміст вільного оксиду кремнію в яких досягає 60%. Тому з'являється можливість виникнення пилових професійних захворювань у працівників.

Для зниження забруднення атмосфери промисловими викидами удосконалюють технологічні процеси, здійснюють герметизацію технологічного устаткування, застосовують пневмотранспорт, будують різні

очисні спорудження. Найбільш ефективним напрямком зниження викидів є створення безвідхідних технологічних процесів, що передбачають, наприклад, впровадження замкнутих газових потоків, однак сьогодні основним засобом запобігання шкідливим викидам залишається розробка і впровадження ефективних систем очищення газів.

Дослідження методів та апаратів, що використовують для очищення викидів ливарного виробництва, вказує на можливість та перспективність використання мокрих методів очищення. В останній час для очищення пилогазових викидів печей малої та середньої ємкості широко використовують скрубери Вентурі. Тому у кваліфікаційній роботі була запропонована схема очищення викидів ливарного цеху, а саме: використовувати скрубери Вентурі для підвищення ефективності системи пилогазоочищення. Зроблено розрахунок скрубера Вентурі. Запропонована схема виконує вимоги нормувань забруднення оточуючого середовища, залишкова запиленість не перевищує ГДК.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовано умови праці та розроблено заходи з їх покращання. Зроблено розрахунки витяжного зонту та продуктивність витяжної вентиляції, а також звукоізолюючих одношарових загороджень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Ч. І. Металургійний та енергетичний комплекс : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», Лідер, 2020. 212 с.

2. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Техноекологія: Підручник. Київ : Видавничій дім «Кондор», 2017. 294 с.

3. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник за ред. К.М.Ситника. 3-тє вид., стер. Київ : Вища шк., 2005. 382с.

4. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Соколовський І.А. Промислова екологія: навч.посіб. Київ : Знання, 2012.430с.

5. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: навч. Посібник. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне. Київ : Видавничий центр «Академія», 2011. 256 с.

6. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: підручник. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2017. 331 с.

7. Филипчук В.Л., Клименко М.О., Ткачук К.К., Проценко С.Б., Радовенчик В.М., Залеський І.І.. Промислова екологія. Рівне : НУВГП. 2013. 493 с.

8. Мельник Л.Г. Основи екології: екологічна економіка та управління природокористуванням. Суми : Університетська книга, 2006. с. 236-658

9. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2006. 336 с.

10. Сакун М.М., Москалюк І.В. Основи охорони праці. Навчально-методичний посібник. Херсон : «Южполиграфсервис», 2013. 67 с.

11. Зеркалов Д.В. Наукові основи охорони праці. Київ : «Основа», 2015. 934 с.