

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ імені С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Допускається до захисту

«_____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
наук. ступ., вч. зв.(ім'я та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

(рівень вищої освіти)

**на тему: «Оцінка впливу діяльності Товариства з додатковою
відповідальністю «БУЛАТ» на стан атмосферного повітря Тернопільської
області та впровадження заходів щодо покращення його функціонування»**

Виконав: студент групи Еко-62

Спеціальності 101 «Екологія»

Микола СУШКО

Керівник: Наталія КАЧМАР _____

Консультант: Лариса ГОРДІЙЧУК _____

Львів 2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет агротехнологій та екології
Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Галузь знань 10 «Природничі науки»
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри _____
к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу студенту

Сушко Миколі

1. Тема роботи: «Оцінка впливу діяльності Товариства з додатковою відповідальністю «БУЛАТ» на стан атмосферного повітря Тернопільської області та впровадження заходів щодо покращення його функціонування»

Керівник кваліфікаційної роботи к.с.-г.н., доцент Наталія КАЧМАР

Затверджена наказом по університету № 906/к-с від 31. 12. 2024 р.

2. Термін здачі студентом закінченої кваліфікаційної роботи 05. 12. 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, інтернет ресурси, екологічні звіти підприємства та екологічні паспорти Тернопільської області

4. Перелік питань, які необхідно розробити (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів)

Вступ

1 Огляд літератури

1.1 Сучасний екологічний стан та основні тенденції щодо якості атмосферного повітря Тернопільської області

1.2 Вплив діяльності ливарних підприємств на якість атмосферного повітря

1.3 Основні тенденції розвитку ливарного виробництва в Україні та у світі

2 Об'єкт і методи дослідження

2.1 Загальна характеристика ТДВ «БУЛАТ»

2.2 Природно-кліматичні умови в зоні розташування досліджуваного об'єкта

2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин від основних джерел забруднення

3 Результати дослідження

3.1 Інвентаризація стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря

3.2 Загальна характеристика наявних джерел утворення забруднюючих довілля речовин

3.3 Розрахунок кількості викидів небезпечних речовин від основних джерел забруднення

3.4 Екологічна оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря

4. Охорона праці та захист населення в умовах надзвичайних ситуацій

4.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві

4.2 Аналіз шуму і вібрації та джерел ураження електричним струмом

4.3 Захист населення та працівників ТДВ «Булат» в умовах надзвичайних ситуацій

Зробити висновки за результатами проведених досліджень

Сформувати список використаних літературних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

6. Консультанти з розділів:

Роз-діл	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3	Качмар Н.В. доцент кафедри екології			
4	Гордійчук Л.М. доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 22 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	22.09.24р.– 31.12.24р.	
2	Написання розділу «Об'єкт і методи дослідження»	01.01.25р.– 01.03.25р.	
3	Написання розділу «Результати дослідження»	02.03.25р.– 30.09.25р.	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення в умовах надзвичайних ситуацій», формулювання висновків, оформлення списку використаних літературних джерел	01.10.25р.– 30.11.25р.	

Студент _____
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія КАЧМАР
(підпис)

УДК 504.3:502.3:628.511(477.85)

Сушко М.О. Оцінка впливу діяльності Товариства з додатковою відповідальністю «БУЛАТ» на стан атмосферного повітря Тернопільської області та впровадження заходів щодо покращення його функціонування. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Львів, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025. 69 с.

69 с. текст. част., 10 табл., 7 рис., 43 джерела

Проаналізовано вплив виробничої діяльності ТДВ «БУЛАТ» на стан атмосферного повітря в межах діяльності досліджуваного об'єкта. Встановлено, що найбільша кількість забруднюючих атмосферу речовин – це речовини у вигляді оксиду азоту, оксиду вуглецю, діоксиду сірки та тверді суспендовані частинки (зокрема мікрочастинки та волокна). Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є вагранки (найпотужніше джерело викидів), дугоплавильні печі, процеси розливу металу та операції з формосумішами.

Встановлено, що діяльність ТДВ «БУЛАТ» має суттєвий вплив на якість атмосферного повітря, однак за умови реалізації запропонованих природоохоронних заходів підприємство може значно знизити рівень забруднення та забезпечити екологічно безпечне функціонування.

Розроблено питання охорони праці та захисту населення в умовах надзвичайних ситуацій у процесі виробничої діяльності ТДВ «БУЛАТ».

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Сучасний екологічний стан та основні тенденції щодо якості атмосферного повітря Тернопільської області	9
1.2 Вплив діяльності ливарних підприємств на якість атмосферного повітря...	14
1.3 Основні тенденції розвитку ливарного виробництва в Україні та у світі	17
2 ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1 Загальна характеристика ТДВ «БУЛАТ».....	21
2.2 Природно-кліматичні умови в зоні розташування досліджуваного об'єкта.	28
2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин від основних джерел забруднення.....	30
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	32
3.1 Інвентаризація стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря...	32
3.2 Загальна характеристика наявних джерел утворення забруднюючих довілля речовин	35
3.3 Розрахунок кількості викидів небезпечних речовин від основних джерел забруднення	41
3.4 Екологічна оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря	50

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	54
4.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві	54
4.2 Аналіз шуму і вібрації та джерел ураження електричним струмом	56
4.3 Захист населення та працівників ТДВ «Булат» в умовах надзвичайних ситуацій	58
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	62
ДОДАТКИ	66

ВСТУП

Стан атмосферного повітря є одним із ключових показників екологічної безпеки території та якості життя населення. У сучасних умовах інтенсивного розвитку промисловості зростає антропогенний тиск на довкілля, що потребує впровадження ефективних механізмів моніторингу, контролю та зниження промислових викидів. Особливої уваги заслуговують ливарні підприємства, діяльність яких супроводжується виділенням значних обсягів газопилових речовин, важких металів, оксидів азоту, сірки, вуглецю та суспендованих частинок [4, 11, 12].

ТДВ «БУЛАТ», розташоване в смт Микулинці Тернопільської області, є одним із найбільших ливарних підприємств регіону. На підприємстві діють сталеплавильні й чавуноливарні цехи, механічні та допоміжні виробництва, що утворюють різноманітні організовані та неорганізовані джерела викидів. Саме тому оцінка їх впливу на якість атмосферного повітря є важливим завданням як для самого підприємства, так і для органів місцевого управління та екологічного моніторингу [17, 25].

Актуальність роботи зумовлена необхідністю комплексного аналізу структури, обсягів та складу викидів забруднюючих речовин, удосконалення системи пилогазоочистки, а також розроблення пропозицій щодо зменшення екологічного навантаження на територію розташування підприємства.

Мета і завдання дослідження. Метою нашої кваліфікаційної роботи було охарактеризувати вплив діяльності підприємства ТДВ «БУЛАТ» на екологічний стан атмосферного повітря межах Тернопільської області та визначити загальну екологічну обстановку в регіоні розташування підприємства.

Досягнення поставленої мети вирішувалося через реалізацію таких завдань:

- розрахувати загальний об'єм викидів шкідливих речовин від наявних джерел забруднення;

- проаналізувати інвентаризацію основних стаціонарних джерел забруднення повітряного середовища;
- обґрунтувати реальну можливість вдосконалення існуючої технологічної схеми щодо зниження викидів в атмосферне повітря ливарного цеху ТДВ “БУЛАТ”;
- проаналізувати комплексний вплив діяльності ТДВ “БУЛАТ” на екологічний стан навколишнє природне середовище;
- розробити рекомендації щодо можливого зниженню кількості викидів в навколишнє середовище в процесі роботи ливарної ділянки;
- обґрунтувати екологічний та економічний ефект від реалізації проекту реконструкції на ТДВ “БУЛАТ”;
- проаналізувати умови праці на підприємстві та методи захисту населення в умовах надзвичайної ситуації.

Об’єктом дослідження були процеси утворення та надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок виробничої діяльності ТДВ «БУЛАТ» у смт. Микулинці Тернопільської області.

Предметом дослідження був склад, обсяги та характеристики викидів забруднюючих речовин від основних стаціонарних та неорганізованих джерел підприємства, їх вплив на екологічний стан атмосферного повітря, а також методи та технічні рішення щодо зниження антропогенного навантаження.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сучасний екологічний стан та основні тенденції щодо якості атмосферного повітря Тернопільської області

В Тернопільській області діє державна Програма моніторингу атмосферного повітря на 2022–2025 роки, згідно якої визначено мережу стаціонарного та лабораторного контролю, проводяться регіональні доповіді про стан навколишнього середовища. Це дає офіційну основу для оцінки стану та планування заходів [41].

Окрім офіційних стаціонарних станцій, активні і незалежні та громадські мережі сенсорів (так звані онлайн-платформи), які доповнюють картину в реальному часі, але мають вищу похибку й потребують калібрування. Основними такими онлайн-джерелами є: Офіційні регіональні доповіді/управління екології Тернопільської ОДА – регіональні звіти про стан довкілля і програмні документи. Офіційні повідомлення міста Тернополя про результати лабораторних досліджень (публікації на сайті міськради). Громадські/онлайн-карти якості повітря (мережі сенсорів) – SaveEcoBot [41, 42].

За регіональними звітами, загальні обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу по області зростали у 2024 році порівняно з 2023 роком. Частково це пов'язують зі збільшенням обсягів перекачування природного газу (підприємства газорозподілу: Гусятинська станція Барського ЛВУМГ, ТОВ “Бучачхлібпром”, ДП “Кременецьке управління з доставки та продажі газу”, Тернопільська філія УМГ “Львівтрансгаз” ПАТ “Укртрансгаз”) і з переміщенням окремих виробництв на територію області у зв'язку з бойовими діями в країні [25, 26].

Водночас на рівні окремих спостережень (наприклад, дані Добових замірів у м. Тернопіль у березні 2025) повідомляється, що на момент перевірки всі контрольовані показники були в межах нормативів. Це означає:

короткочасні (локальні) перевищення трапляються, але не завжди фіксуються як системні перевищення на чинний момент [42].

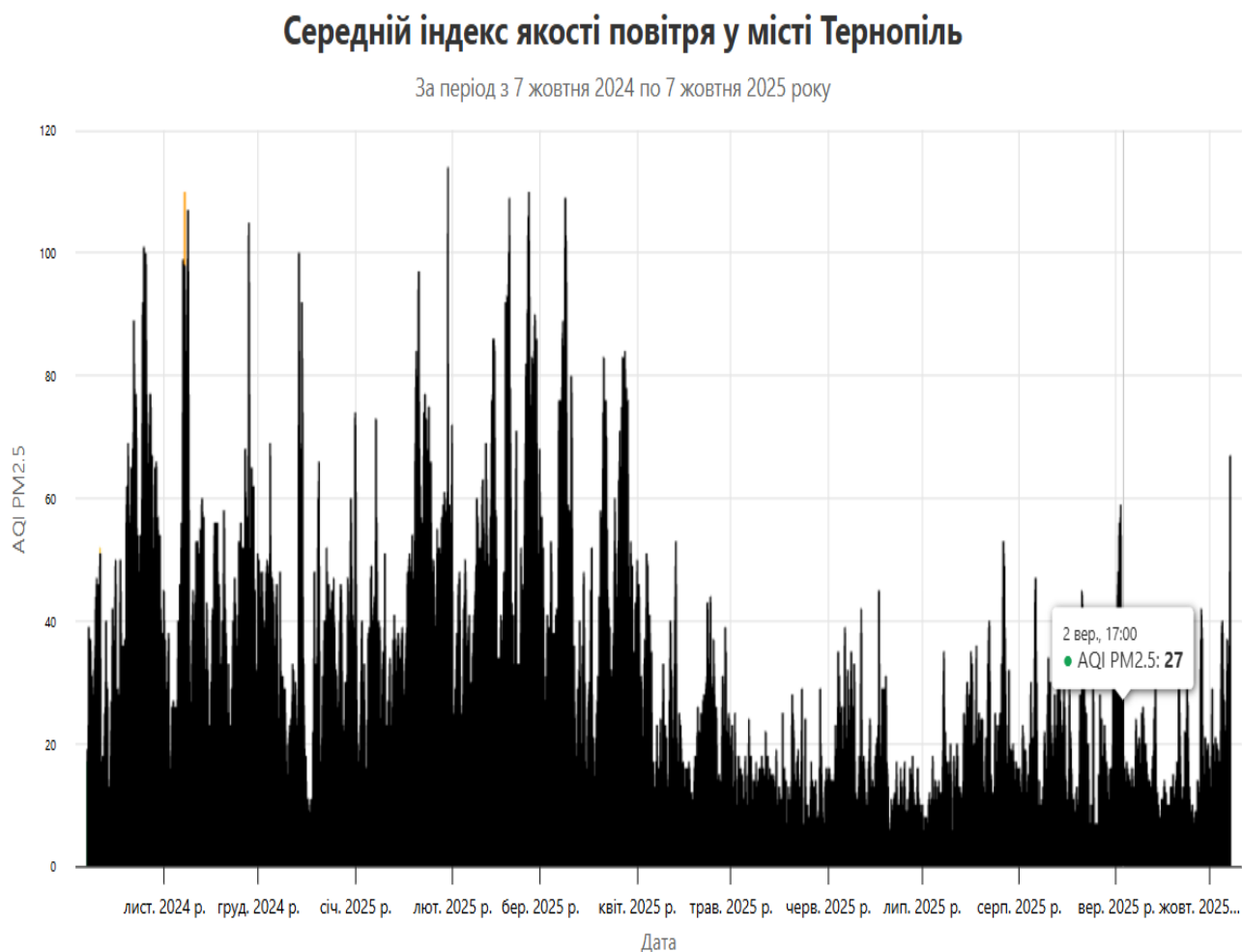


Рисунок 1.1 – Середнє арифметичне значення якості повітря у місті Тернопіль за останній рік [40]

Забруднюючі повітря компоненти, які перебувають там у вигляді твердих частинок створюють найпоширеніші екологічні проблеми у міських центрах області. Основними їх джерелами є: опалення приватних будинків і робота котелень (біомаса/тверде паливо), автотранспорт, дорожня пилова підстилка, а також і спалювання листя чи інших сільськогосподарських відходів [25, 41].

Оксиди азоту (NO_x), оксид вуглецю (CO) та леткі органічні сполуки в основному потрапляють у довкілля від автотранспорту та технологічних процесів малих і середніх підприємств.

Сірчисті сполуки (SO_2), викиди яких можуть зростати локально на підприємствах, що використовують газ чи рідке паливо. У 2024 році на частині територій області фіксували зростання цих викидів власне від стаціонарних джерел.

В межах міст області фіксуються вищі концентрації забруднювачів у порівнянні з сільською місцевістю, що насамперед пов'язано з інтенсивністю трафіку і щільністю забудови. Так званими «гарячими точками» є райони поблизу магістралей, вузлів підприємств чи котелень. Проте, платформи громадського моніторингу (інтернет-станції) показують варіабельність навіть між районами міста [13, 14, 18].

У 2024 році відзначено зростання загальних викидів у області (порівняно з 2023), що частково пояснюють переміщення виробництв та активізація газотранспортної інфраструктури. Це створює потенційний ризик локального підвищення концентрацій, якщо не буде додаткових заходів контролю.

Хронічне або повторне перевищення забруднюючих атмосферу речовин пов'язане з респіраторними й серцево-судинними ризиками, навіть за умови якщо середні показники області іноді знаходяться в межах норм, локальні та сезонні перевищення можуть впливати на чутливі групи (діти, люди старшого віку, хворі на астму) [41].

Якщо розглядати дане питання із погляду сезонності, то зима – період найбільшого ризику для підвищення забруднення (опалювальний сезон, інверсії температур). Однак, навесні чи восени можливі локальні сплески через спалювання сухої рослинності.

Отже, з метою зменшення ризиків і відповідно покращення стану повітря у досліджуваній місцевості необхідно посилювати:

Моніторинг – розширення і модернізація мережі вимірювань, синхронізація даних (стандартні стаціонарні станції + калібровані сенсорні мережі).

Контроль джерел – інспекції та вимоги щодо технологічно безпечних рішень на підприємствах, модернізація застарілих котелень, поступовий переклад на чистіші види палива.

Транспорт – стимулювання до використання менш шкідливого (особливо дизельного) транспорту, покращення дорожнього покриття та організація потоків.

Інформування населення – оперативне оповіщення населення про індекси якості повітря, рекомендації для чутливих груп під час перевищень.

Законодавчі чи фінансові інструменти – активна реалізація програм субсидій на «чисте опалення», стимули для модернізації підприємств, заборони/регламентація спалювань тощо.

Стан повітря у Тернопільській області є змішаним: офіційні дані свідчать, що в багатьох випадках показники відповідають нормативам, але регіон стикається з підвищенням загальних викидів (2024 рік) через низку факторів (газотранспорт, переміщені виробництва, локальні стаціонарні джерела). Найбільш імовірні локальні проблеми – це високі концентрації у повітрі твердих часток, особливо в опалювальний період [13, 14, 25, 26].

Отже, на території області стан повітря погіршується під впливом як стаціонарних джерел викидів, так і автотранспорту, кількість якого постійно зростає. Додаткову загрозу становлять обстріли з боку російської федерації, що призводять до потрапляння в атмосферу сажі, диму, токсичних газів та підвищення рівня парникових газів. Ракетні удари, вибухи та пожежі на промислових підприємствах і нафтобазах супроводжуються масовими викидами шкідливих речовин, що негативно впливають на якість повітря [14].

Для стабілізації ситуації необхідний систематичний моніторинг і цільові заходи щодо джерел забруднення.

Радіаційний фон в досліджуваній області, наприклад 7 жовтня 2025 р. був на рівні 0,096–0,140 мкЗв/год. Найвищий рівень радіаційного фону в цей день було зафіксовано власне на посту спостереження у м. (0,140 мкЗв/год), проте це значення є нижчим від контрольного рівня.

Таблиця 1.1 – Радіаційний фон на території Тернопільської області станом на 2024 рік

Назва міста	Потужність дози гамма-випромінювання	
	мкЗв/год	мкР/год
м. Борщів	0,13	13,0
м. Заліщики	0,12	12,0
м. Бучач	0,10	10,0
сmt. Козова	0,10	10,0
м. Кременець	0,12	12,0
м. Тереховля	0,11	11,0
м. Чортків	0,14	14,0
м. Монастирська	0,11	11,0
м. Тернопіль	0,13	13,0

Як видно з таблиці 1.1. радіаційний фон в межах Тернопільської області знаходиться у межах допустимої норми.

Головні причини появи сучасних екологічних проблем пов'язані з різким зростанням чисельності населення, надмірними масштабами господарської діяльності людини, нераціональним використанням природних ресурсів та технократичним підходом до розвитку. Глобальність цих проблем виявляється у тому, що вони впливають на всі оболонки Землі — літосферу, атмосферу та гідросферу [15, 19, 32].

1.2 Вплив діяльності ливарних підприємств на якість атмосферного повітря

У процесі роботи ливарних підприємств основними джерелами впливу на довкілля є викиди шкідливих речовин. До таких джерел належать:

- ливарні цехи, де утворюються небезпечні плавильні речовини
- території цехів, особливо ливарного, де відбувається складування, підготовка, використання та фасування формувальних сумішей і матеріалів
- місця, де відбувається виготовлення шихти
- сумішеприготувальні відділення
- місця підготовки та виробництва стержнів

У середньому під час виробництва на кожну тонну відливоків продукується від 1 до 3 тонн відходів, серед яких переважають відпрацьовані або невикористані формувальні суміші, а також шлаки, пил і газоподібні продукти. Найбільш небезпечними для довкілля є саме пил та гази, оскільки вони важко уловлюються і мають значний шкідливий вплив [3, 16, 20].

При виготовленні чавунних виливків у вагранках закритого типу потужністю 5–10 т/год на одну тонну продукції в атмосферу надходять забруднювачі, серед яких основну частку становить чадний газ (близько 193 кг/т). Крім того, фіксуються такі викиди: пил – 11,5 кг/т, діоксид сірки – близько 0,4 кг/т, сполуки марганцю – в межах 7,7 кг/т.

Порівнюючи викиди при виробництві чавунних виливків у відкритих вагранках, де потужність становить від 2 до 25 т/год, встановлено, що на одну тонну готової продукції в атмосферу надходять такі забруднювачі:

- пил 17,0–20 кг/т
- діоксид сірки 1,3–1,5 кг/т
- сполуки марганцю 2,1–2,6 кг/т
- оксиди азоту 0,012 кг/т

Чадний газ (CO) залишається головним шкідливим компонентом.

Дослідження хімічного складу пилу вагранок показали, що він містить значну кількість шкідливих речовин, зокрема:

- діоксид кремнію 20–50%
- оксид кальцію 2–12%
- оксид алюмінію 0,5–6%

Розмір частинок пилу коливається в межах від 5 до 150 мкм. У процесі розливу чавуну з вагранок у ковші на кожну тонну металу в атмосферу потрапляє близько 130 г чадного газу та 18–22 г пилу графітового походження.

Щодо електродугових печей, характерними є такі показники викидів на одну тонну сталі:

- пил 7,6–9,5 кг/т
- чадний газ близько 1,5 кг/т
- діоксид сірки 1,4 г/т
- оксид азоту 0,25 кг/т
- ціаністі сполуки (CN) 28,4 г/т
- фториди 0,56 г/т

У процесі ливарного виробництва в атмосферу надходять відпрацьовані гази та пилові викиди. Пил формується переважно з дрібнодисперсних частинок, серед яких вміст вільного діоксиду кремнію може досягати 80%. Значне забруднення спостерігається на територіях зберігання сипучих матеріалів, зокрема вапняку, піску та ливарного коксу. У приймальних ваннах рівень викидів становить у середньому 2–2,5 кг пилу на годину на кожну робочу одиницю обладнання [18, 28].

При використанні сушильних апаратів у виробничому процесі в атмосферне повітря виділяються такі речовини:

- діоксид вуглецю (0,2–0,5 кг/год)
- діоксид сірки (0,10–0,15 кг/год)
- оксиди азоту (близько 0,2 кг/год)
- формальдегід (CH_2O)

Концентрація газоподібних викидів від сушильних установок становить у середньому 10–15 г/м³. Встановлено, що під час виготовлення 1 кг формувальної суміші у навколишнє середовище потрапляє близько 7,5 г летких органічних сполук, серед яких фенол, формальдегід і метанол.

Викиди пилогазових установок пов'язані з процесами переливу розігрітого металу з печей у ковші та його розливання у форми. Кількісні показники шкідливих речовин не залежать від розміру печей. Крім того, операції вибивання виливків супроводжуються утворенням пилу, накопиченням згорілої землі та окалини, середній обсяг яких сягає близько 30 кг на 1 т металевієї продукції [2, 3, 4].

Під час механічної обробки металів на верстатах утворюються пил, стружка та конденсат водяної пари мастильних речовин, які через вентиляційні системи потрапляють у навколишнє середовище. Основним джерелом виникнення мастильно-дисперсних фаз і туманів є інтенсивне змочування робочих поверхонь мастильно-охолоджувальними рідинами, що забезпечує продовження строку служби різальних інструментів [5, 21, 22].

Відмінною особливістю ливарного виробництва, є відносна дешевизна процесів, що дає змогу виготовляти деталі складних форм із використанням меншої кількості пластичних металів та сплавів. Разом із тим ливарне виробництво впливає на стан довкілля, адже у процесі роботи споживається кисень та виділяються оксиди азоту, сірки, вуглецю й тверді частинки.

Хоча ливарні цехи у порівнянні з деякими іншими виробництвами меншою мірою забруднюють атмосферу, найбільшу небезпеку становлять пил, газоподібні викиди, відпрацьовані та невикористані суміші, а також шлаки. Головними джерелами цих шкідливих речовин є плавильні агрегати, печі термічної обробки, сушильні апарати для форм і стержнів, а також ковші.

Зменшення негативного впливу ливарного виробництва можливе шляхом впровадження ефективних систем пилогазоочистки на всіх етапах технологічного процесу [8, 23, 24, 40].

1.3 Основні тенденції розвитку ливарного виробництва в Україні та у світі

Ливарне виробництво на території України має давні витoki – перші форми лиття металів застосовували ще племена трипільської культури та слов'яни. Значного розвитку ця галузь набула в період Київської Русі, коли активно виготовляли дзвони, зброю та предмети побуту. Подальший етап зростання припав на XVII–XVIII ст., особливо у зв'язку з розвитком гарматного лиття.

Промислове ливарне виробництво сформувалося в Україні у XIX столітті, коли разом із появою великих металургійних підприємств Донбасу та Придніпров'я виникли перші великі ливарні цехи. У XX столітті галузь досягла особливого розквіту, ставши важливою складовою машинобудування та металургії [7].

Ливарний (відлитковий) сектор виробництва металевих компонентів включає формування відливок (чавуну, сталі, кольорових сплавів) у форми, обробку, термічну обробку, контроль якості тощо. Це важлива частина машинобудування, авто-промисловості, енергетики, залізничного транспорту, оборонної промисловості [1, 27].

За даними Європейської асоціації ливарників (EFF), в Європі члени EFF виробляють близько 10,7 млн тонн чавунних/стальних відливок та – 3,8 млн тонн кольорових металів у 2021 році. Світове виробництво металевих відливок перевищує 110 млн тонн щороку у всіх країнах. Азійсько-тихоокеанський регіон (особливо Китай, Індія) займає домінуючу позицію у виробництві через великі обсяги, нижчі витрати праці, масштаб виробництва [35].

Основними рушіями зростання масштабів виробництва є:

- попит від автомобільної промисловості (легкі сплави, алюміній тощо, для зниження ваги);
- застосування в авіації, енергетиці, інфраструктурі;

- технологічний розвиток (автоматизація, цифрові методи, симуляція форм, інтернет речей, роботизація).

У зв'язку із постійним збільшенням масштабів ливарного виробництва спостерігається і оновлення існуючих технології та впровадження інновацій через:

- використання цифрових двійників (digital twins), симуляція процесів формування, контроль якості в реальному часі.
- модульні / гібридні процеси: 3D-друк форм або моделей, для більш складних відливок чи прототипів.
- екологічні вимоги: скорочення енергоспоживання, зниження викидів, утилізація форм, переробка відходів, використання більш дружніх сплавів [36, 37].

Проте існує ряд викликів для даної галузі:

Високі енерговитрати: електроенергія й паливо складають значну частину витрат. У країнах із високими тарифами чи з перебоями з енергопостачанням – це великий ризик.

Коливання цін на сировину: метал, сплави, форми, шліфувальні матеріали, значна залежність від глобальних ланцюгів постачання.

Дефіцит кваліфікованих кадрів, вимоги до автоматизації, безпеки праці.

У 2022 році ливарні підприємства в Україні виробили приблизно 190 тисяч тонн продукції. Завантаженість виробничих потужностей тоді не перевищувала – 20-30 %. Війна сильно вплинула: пошкодження виробництва, зниження попиту, логістичні складнощі, енергопостачання. Приблизно 50 % підприємств відчували вплив агресії, деякі були частково зруйновані.

Основними проблемами з якими зіштовхнулася дана галузь в останні роки це:

Енергопостачання – перебої, підвищення тарифів, залежність від імпорту або запасів, особливо влітку-взимку [43].

Логістика – доставка сировини й відливов / готової продукції ускладнена через воєнні дії.

Кадрові ресурси – мобілізація, безпека, внутрішня міграція, деякі підприємства в прифронтових районах.

Попит і ринки збуту – оборонний комплекс стає більшим замовником, але традиційні споживачі (машинобудування, будівництво) – зниження активності [38] .

Наприклад, щоб адаптуватися до викликів сьогодення, група Метінвест об'єднує свої ремонтні та ливарні потужності (наприклад, Запорізький ливарно-механічний завод + ремонтно-механічні потужності). Це дає можливість оптимізувати використання ресурсів і підвищити ефективність.

Однак, існують хороші перспективи для подальшого розвитку цієї галузі, але потрібне виконання наступних вимог:

1. Високий потенціал для виробництва компонентів для оборони, для інфраструктури (енергетика, залізниці, сільське господарство) в умовах відбудови.
2. Модернізація обладнання, застосування цифрових технологій, контроль якості.
3. Сприятливість інвестицій у виробництва, які здатні працювати в умовах нестабільності (резервні джерела енергії, локальні постачання сировини).
4. Підтримка з боку держави: стимулювання, субсидії, пільги, захист внутрішнього ринку, можливості експорту.

Таблиця 1.2 – Порівняння перспектив в Україні та світі

Аспект	Україна	Зовнішній світ
Обсяги виробництва	значно зменшені через війну, 200-400 тис. т. відливок	десятки до понад 100 млн т. щороку
Технологічний розвиток	потреба в модернізації, наявність застарілих потужностей, перебої з ресурсами	більший акцент на автоматизацію, цифровізацію, екологізацію у даній сфері
Енергетична стабільність	значні проблеми через високі тарифи та зруйновану інфраструктуру	у ряді країн чітко забезпечені та мають стабільні системи, енергозбереження є важливим екологічним та економічним трендом
Ринки збуту	зміщення в бік оборони, внутрішнього попиту, частково експорт	ширший спектр: авто, електроніка, споживча техніка, енергетика, будівництво
Перспективи	високий потенціал в умовах відбудови, підвищення внутрішнього попиту, можливість залучити інвестиції	стабільне зростання, але з певними викликами (екологія, енергія, конкуренція)

Отже, за умови використання вище вказаних умов, ливарна галузь України має хороші перспективи щодо подальшого розвитку.

2 ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика ТДВ “БУЛАТ”

Товариство, вплив якого на довкілля ми будемо характеризувати входить до числа найпотужніших ливарних підприємств, які є на території України і назва його Товариство з Додатковою відповідальністю “БУЛАТ”. Даний об’єкт знаходиться в межах Тернопільської області, а саме смт. Микулинці. На рисунку 2.1 представлена схема розташування досліджуваного товариства.

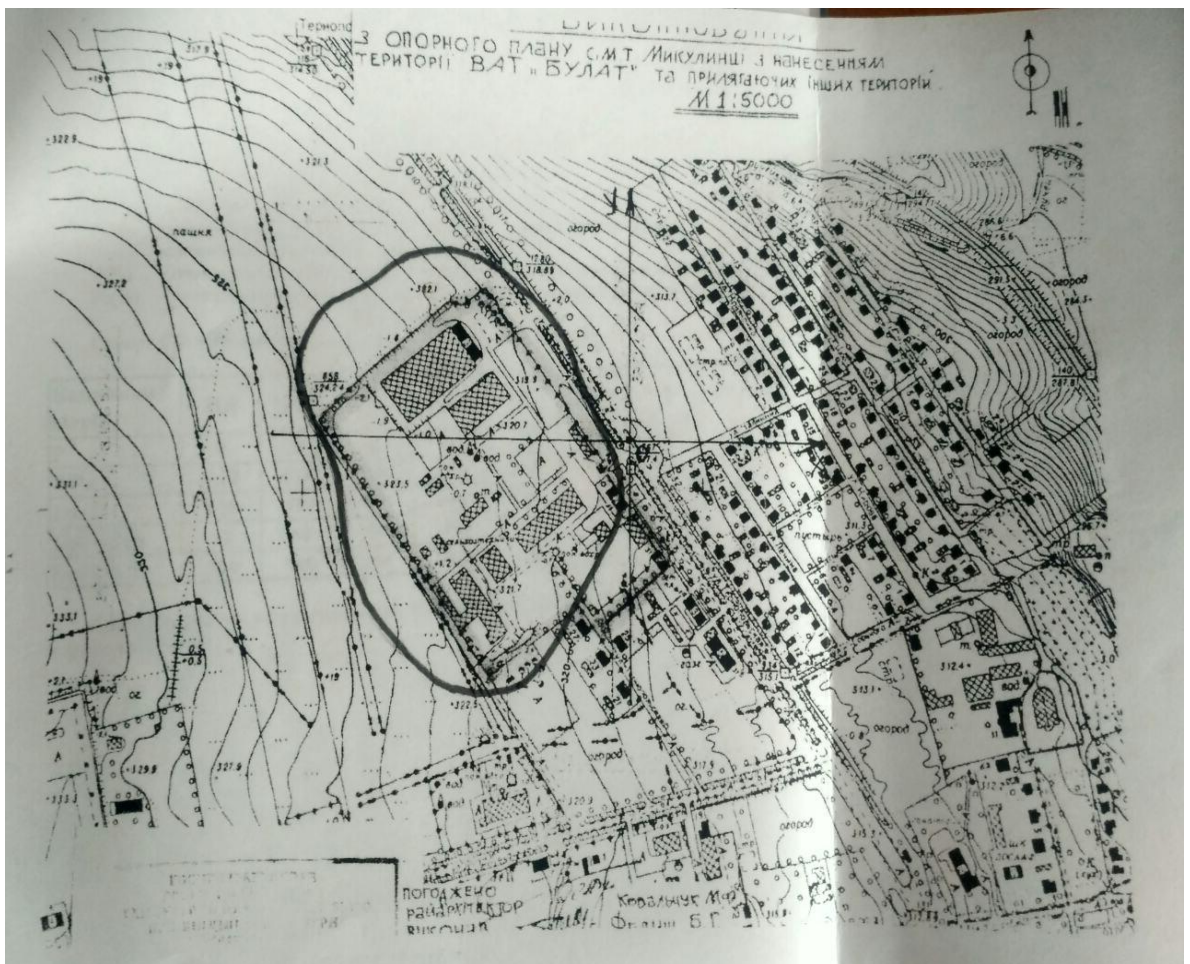


Рисунок 2.1 – Загальна схема розташування ТДВ “БУЛАТ”

На вище зазначеному заводі працюють з такими марками відливок чавуну як СЧ15–25, ВЧ–45, використовуючи і прості і досить складні методи відливки.

Окрім цього, працюють також і з модифікованими жаростійкими та зносостійкими чавунами, які є на основі високовуглецевої сталі до 1500 кг вагою. Активно розвивають і виготовлення виробів із алюмінію використовуючи метод литва під тиском, застосування холоднотвердіючої, а також піщано-глинистої суміші, метод термо- та механічної обробки, фарбування готового литва. Вище перелічені ознаки значно виокремлюють і популяризують підприємство і його потужності в межах України [17].

Таблиця 2.1 – Обсяги основних видів продукції, що виготовляється на ТДВ «БУЛАТ»

№ з/п	Вид основної продукції	Загальний річний випуск, т/р
1.	Чавуноливарні деталі	3000
2.	Стальні деталі	2610



Рисунок 2.2 – Двері, які виготовляє ТДВ «Булат»

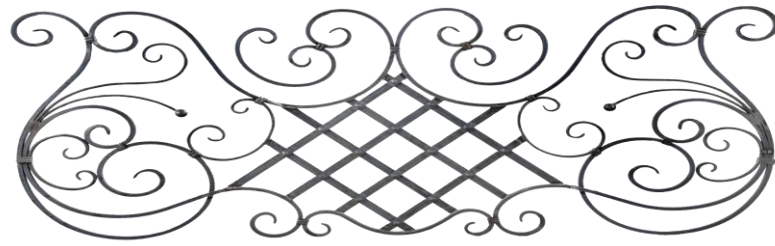


Рисунок 2.3 – Ковані декоративні вироби, які виготовляють на ТДВ «Булат»

Виробнича структура досліджуваного об'єкта представлена наступними цехами:

- цех, де виплавляють сталь;
- цех, де відливають чавун;
- цех, де проводиться ремонт зварювальних трансформаторів та двигунів;
- механоскладальний та механічний цех;
- цех, де проводяться столярні роботи [34, 39].

Загальна характеристика роботи кожного окремого цеху;

Сталеплавильний цех вважається основним і найбільш трудомістким, саме в ньому відбувається:

- заготовка необхідних шихтових матеріалів;
- формування, вручну чи із застосуванням спеціальних машин, деталей і подальша їх заливка у форми;
- виготовлення за допомогою бігунів сумішей;
- виплавка металу в дугоплавильних електропечі;
- вибивка і очистка отриманих відливок ручним способом (у процесі виготовлення сталюого литва);
- очистка заливок за допомогою заточних та шліфувальних верстатів;

У чавуноливарному цеху відбувається:

- заготовка шихтових матеріалів та завантаження у вагранку;
- плавлення чавуну у 2-х вагранках, які зазвичай поперемінно працюють;
- виплавка металу та розлив у форми за допомогою спеціальних ковшів;
- формування деталей ручним методом;
- виготовлення за допомогою маятникових бігунів формувальної суміші та подача їх за допомогою конвеєрів до формувальних машин;
- вибивка та ручна очистка деталей;
- сушіння деталей у електричній сушці.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд окремих цехів ТДВ «Булат»

Цех, де проводять ремонт двигунів:

- випалювання в печі двигунів, які згоріли і є відповідно несправними;
- заміна на збиральному конвеєрі старих катушок на нові;
- покриття двигунів лакофарбовими матеріалами та їх сушка в спеціальній сушильній камері;
- повторне збирання та подальше випробування двигунів на спеціальному випробувальному стенді.

Механоскладальний та механічний цехи:

- ремонт пошкодженого технологічного обладнання;
- здійснення таких робіт як: зварювання, токарні операції та фрезерування;
- штамповка на спеціальному технологічному обладнанні.

Столярний цех:

- робота пов'язана із використанням деревообробних верстатів [17, 39].

Перелік необхідної сировини, хімічних засобів та паливно-мастильних матеріалів, які в найбільшій кількості потрібні підприємству для виготовлення деталей представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Перелік базової сировини та допоміжних матеріалів, що необхідні для випуску готової продукції

№з/п	Найменування сировини та допоміжних матеріалів	Призначення сировини	Загально річне використання
1	Деревина	У процесі деревообробки	100
2	Зварювальний дріт типу СвЮВГ2С	Зварювання в середовищі СО	600
3	Розчинник (толуол)	Етап фарбування	3000
4	Розчинник типу 647	Для просочування двигунів	50
5	Емаль типу ПФ-115	Етап фарбування	5000
6	Лак типу МЛ-92	Для просочування двигунів	300
7	Природний газ	Опалення виробничих та невикористаних приміщень	25000
8	Шихта	У процесі виплавки деталей	330
9	Кокс	Технічний процес	1200
10	Електроди типу АНО-3	Електрозварювальні операції	500
11	Електроди типу ОЗЧ-4	Наплавка чавуну	5000
12	Електроди типу АНО-4	Електрозварювальні операції	700
13	Вапняк	Технічний процес	250

Основними постачальниками необхідної для виробництва готової продукції є: ПМП «Весна» та ПП «Вест», ТзОВ Адітон-Тернопіль, ПП «Електроремкомплект», ТОВ Промінвесттрейд, ТОВ «Електровелд», ПП «Елада», ТОВ КСК втор Ресурс та ПП «Метопал».

2.2 Природно кліматичні умови в зоні розташування досліджуваного об'єкта

Територія району дослідження розташована на Волино-Подільській плиті, що згідно загальноприйнятої класифікації входить до складу Східно-Європейської платформи. Її формування відноситься ще до далекого періоду близько 500 млн років тому, і відповідно вона належить до найстаріших ділянок суходолу. Поверхня населеного пункту, де розташований виробничий об'єкт має вигляд підвищеного плато, яке розчленоване ярами та балками. Заплави річки Серет простягаються вздовж місцевих схилів, що вирізняються значною протяжністю та стрімкістю, а саме русло постійно змінює своє положення [13,14].



Рисунок 2.5 – Адміністративна карта Тернопільської області

Клімат району помірно континентальний, з характерними для нього рисами: спекотним літом, м'якою зимою та досить помірною кількістю опадів. Його особливості зумовлені дією різних факторів, серед яких головними є географічна широта, висота Сонця над горизонтом та кількість сонячної радіації, що надходить на поверхню території.

Взимку повітряні маси з Атлантичного океану приносять відлиги, підвищення температури, хмарність і опади у вигляді дощу або мокрого снігу. Для літа ж характерна відносно прохолодна, дощова та хмарна погода.

Навесні та на початку осені на територію, де розташоване виробництво поширюється континентальне арктичне повітря, що зумовлює різке зниження температури. Взимку надходять повітряні маси зі сходу Євразії, для яких характерна стійка холодна погода.

Середньорічна температура становить близько $+7^{\circ}\text{C}$. У січні середній показник сягає $-5,5^{\circ}\text{C}$, тоді як у липні коливається в межах $+16^{\circ}\text{C}$, водночас упродовж приблизно чверті літнього періоду середньодобова температура перевищує $+25^{\circ}\text{C}$.

Річна кількість опадів у районі складає близько 620 мм, що пояснюється його розташуванням у зоні достатнього зволоження. Найбільш вологими є літні місяці, коли спостерігаються часті зливи, періодичні грози та подекуди град. Взимку опадів у 2,5–3 рази менше, ніж улітку, а навесні – у 1,5–2 рази.

Переважають західні вітри зі швидкістю 4,5–6,0 м/с. Вони нерідко супроводжуються сильними поривами, особливо у зимовий та весняний періоди. Тривалість зими становить у середньому 112 днів, однак морози понад $-30\ldots-35^{\circ}\text{C}$ трапляються рідко. Через часті відлиги сніговий покрив є нестійким і нетривалим [13, 14, 25, 26].

Центральний агрокліматичний район, до якого належить дана місцевість, істотно впливає на формування кліматичних умов території. Його ще називають «холодним Поділлям», оскільки порівняно з Північним і Південним агрокліматичними районами тут літо є найкоротшим і прохолоднішим, а кількість днів зі сніговим покривом – більшою.

Попри це, у регіоні наявні всі необхідні умови для життєдіяльності людини та розвитку господарства: достатня кількість тепла, світла й вологи, що забезпечує сприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур.

У червні-липні інколи випадають сильні зливи, що супроводжуються небезпечними метеорологічними явищами: поривчастим вітром, блискавками, градом. Подекуди трапляються суховії, які можуть спричиняти посухи, а взимку можливі значні снігопади. Такі явища інколи завдають шкоди сільському господарству й навіть призводять до загибелі врожаїв.

Окрім того, у межах району активно розвиваються зелені насадження, площа яких нині сягає 29 га. Важливим природним ресурсом є також джерела лікувальних мінеральних вод, що розташовані на території населеного пункту [25, 26].

2.3 Розрахунок викидів забруднюючих речовин від основних джерел забруднення

Загальний об'єм викиду j -ї забруднюючої речовини E_j , що потрапляє у повітряне середовище з димовими газами, які утворюються у енегетичній установці за певний проміжок часу P , обчислюється як сума усіх викидів цієї речовини в процесі спалювання різноманітних видів палива, включаючи і одночасне спільне спалювання [9, 10, 28].

$$E_j = \sum E_{ji} = 10^{-6} \sum k_{ji} B_i (Q_i^r)_i$$

де: E_{ji} – загальний об'єм викиду j -ї забруднюючої речовини, що утворюється під час спалювання певного i -го проміжок часу P , т;

k_{ji} – значення емісії j -ї забруднюючої речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за певний проміжок часу P , т;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

Розрахунок максимально разових викидів (г/с)

Розрахунок кількості викидів оксидів азоту (г/с)

Кількість оксидів азоту (перерахунок на NO₂), які надходять у повітря за певну одиницю часу г/с розраховується по наступній формулі:

$$E_{\text{NO}_x} = 0,001 B Q_i^r K_{\text{NO}_2} (1-B)$$

де: B – витрата натурального палива за певний період часу;

$Q_i^r = 33,08$ – це теплота, яка утворюється в процесі згорання природного палива 9 МДж/кг;

$K_{\text{NO}_2} = 0,068$ – це параметр, який описує кількість оксидів азоту, що утворюються на 1 ГДж тепла;

B – це коефіцієнт, значення якого залежить від рівня зниження викидів оксидів азоту.

Розрахунок кількості викиду оксиду вуглецю (г/с)

Кількість CO, який надходить у повітря за одиницю часу (г/с) розраховується згідно формули:

$$E_{\text{CO}} = 0,001 C_{\text{CO}} B \frac{g_4}{100}$$

де: B – розхід палива, л/с,

C_{CO} – вихід оксиду вуглецю у процесі спалювання палива (кг/тис м³ палива) та розраховується по наступній формулі:

$$C_{\text{CO}} = g_3 R Q$$

де: R рівне 0,5;

g_3 рівне 0,5 і це є витрата теплоти, внаслідок неповного хімічного згорання палива, (%)

g_4 рівне 0,5 і це є витрата теплоти, внаслідок неповного механічного згорання палива.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Інвентаризація стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря

Дані, які свідчать про основні види та обсяги викидів небезпечних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел отримані та сформовані на підставі звіту з інвентаризації викидів досліджуваного підприємства.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 29.11.2001 № 1598, затверджено чіткий перелік найбільш розповсюджених і небезпечних шкідливих речовин, а відповідно викиди їх підлягають регулюванню. Крім того, відповідно до Додатка 1 до Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, що впливають або можуть впливати на здоров'я людей і стан навколишнього природного середовища, затвердженої наказом Мінекоресурсів України від 10.05.2002 № 177, визначено також і основний перелік забруднюючих речовин і порогові значення потенційних викидів, за якими власне і здійснюється державний облік [10, 11].

- перелік найбільш поширених шкідливих речовин та їх фактичні обсяги, величини, які необхідно регулювати та за якими постійно здійснюється державний облік;

- перелік найбільш небезпечних забруднювачів та їх фактичні обсяги, величини, які насамперед підлягають регулюванню та за якими необхідно здійснювати державний облік;

- перелік забруднюючих довкілля речовин та їх фактичні обсяги, які надходять в довкілля від стаціонарних джерел певного об'єкта;

- перелік полютантів та їх обсяги, але для яких не встановлені конкретні значення ГДК (ОБРД), у атмосферному повітрі в межах міст.

Дана інформація представлена у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Перелік основних видів та наявних обсягів небезпечних речовин, які надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел

№ з/п	Код	Забруднююча речовина	Фактичний обсяг, (т/рік)	Потенційний обсяг викидів, (т/рік)	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік, (т/рік)
		Найменування речовини			
1	2	3	4	5	6
1	06000 337	Оксид вуглецю	183,9864	613,288	1,500
2	07000 11812	Вуглецю діоксид	41,5869	138,623	500,000
3	12000 410	Метан	1,8002481	6,000827	10,000
4	01001 325	Арсен та його сполуки (у перерахунку на арсен)	0,00000896	0,00002987	0,001
5	01003 123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	0,0234	0,078	0,100
6	01005 146	Кадмій та його сполуки (у перерахунку на кадмій)	0,00051288	0,00170961	0,001
7	01006 104	Мідь та її сполуки (у перерахунку на мідь)	0,0023619	0,00787	0,010
	01007	Нікель та його сполуки (у перерахунку на нікель)	0,00051	0,0017	0,001

Продовження таблиці 3.1

	01000 184	Ртуть та її сполуки (у перерахунку на ртуть)	0,00001068	0,00003559	0,0003
	01010 203	Свинець та його сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0108408	0,03613	0,003
	01011 207	Хром та його сполуки (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000273	0,00091	0,020
	01104 143	Цинк та його сполуки (у перерахунку на цинк)	0,1380294	0,46009	0,100
	03000	Манган та його сполуки (у перерахунку на манган)	0,00096	0,003	0,005
	04001 301	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	14,9091	49,697	3,000
	04002 11815	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO + NO ₂])	45,30672	151	
	06001 330	Азоту(1) оксид (N ₂ O)	0,90002481	3,000082	0,100
	11000 1042	Сірки діоксид	68,74935	229,164	1,500
	11000	Спирт бутиловий	0,0183	0,061	1,5001
	11000 2735	Ацетонітрил (ціанометан ціанистий метил)	0,0228	0,076	
	2752	Масло мінеральне нафтове(веретенне, машинне та інші)	0,00066		1,500

3.2 Загальна характеристика наявних джерел утворення забруднюючих докiлля речовин

Базовими джерелами утворення небезпечних речовин на досліджуваному об'єкті є [17] :

- Вагранка – Джерело №1. З цього джерела в атмосферу потрапляють наступні забруднювачі: азоту діоксид, вуглецю оксид, ангiдрид сірчистий, мікрочастинки та волокна, міді оксид, ртуть металева, свинець, цинку окис, арсен, метан. Дане джерело відноситься до організованих джерел викидів.

- Вагранка – Джерело №2. В докiлля надходили усі ці самі забруднювачі, що і від джерела №1 (це також джерело організоване), проте на даний час це джерело законсервоване.

- Дефлектор – Джерело №4. Відбувається розлив чавуну у певні форми (джерело №3). В повітряне середовище надходить в основному: вуглецю оксид. Це джерело є організованим та законсервованим.

- Дефлектор. Місце розливу чавуну у готові форми (джерело №4). В навколишнє середовище з цього джерела потрапляють: вуглецю оксид. Джерело є організованим. Дане джерело на даний час є законсервоване.

- Аераційний ліхтар. Тут відбувається розлив чавуну (джерело №5). З цього джерела в навколишнє середовище потрапляє такий полютант як: вуглецю оксид. Джерело є організоване.

- Заточний верстат (Джерело №10). В атмосферу з даного джерела надходять речовини, які перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок (зокрема мікрочастинки волокна). Це джерело є неорганізоване. Джерело законсервоване.

Також і джерела №1,2,3,4,5,10 є законсервованими та на даний час не експлуатуються. Розконсервування та подальша експлуатація джерел під номерами №1,2,3,4,5 можлива за умови проведення інструментальних замірів та внесення певних змін до звіту.

- Загрузка формосуміші грейфером (Джерело №11). В повітря з джерела №11 потрапляють речовини, які знаходяться у вигляді твердих суспендованих частинок (насамперед це мікрочастинки та волокна). Джерело неорганізоване.
- Пересипка формосуміші на спеціалізований конвеєр (Джерело №12). В довкілля, як і з попереднього джерела, надходять речовини у вигляді твердих суспендованих частинок (зокрмка мікрочастинки та волокна). Джерело №12 є неорганізоване.
- Склад, де зберігається вапняк (Джерело №13). В навколишнє середовище потрапляють від цього джерела речовини у вигляді мікрочастинок та волокон. Джерело відноситься до неорганізованих.
- Склад, де зберігається вугілля (Джерело №13). В довкілля з даного джерела потрапляють речовини, які знаходяться у вигляді твердих суспендованих частинок. Джерело неорганізоване.
- Цех, де відбувається просочування двигунів (Джерела №20, №21). В атмосферне середовище потрапляють: ксилол, толуол, спирт бутиловий, бутилацетат, етилацетат та уйат-спірит. Це джерело відноситься до числа організованих.
- Пост електрозварювання (Джерело №27). З даного джерела у навколишнє середовище надходить оксид заліза, а також оксид марганцю. Це неорганізоване джерело.
- Зварка в середовищі СО (Джерело №29). Вказане джерело забезпечує надходження в довкілля: оксид азоту, оксид вуглецю, оксид заліза, оксид марганцю, хром 6-валентний. Джерело організоване.
- Термопід (Джерело №32). З термопечі в повітря викидається масло мінеральне нафтове. Джерело входить до числа організованих джерел.
- Пост фарбування (Джерело №33). З цього джерела в довкілля надходить ксилол, а також толуол. Джерело також є організоване.
- Дугоплавильна піч (Джерело №34). В оточуюче нас середовище потрапляють такі політанти: азоту діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий

та фториди, ацетонітрил, мікрочастинки та волокна. Джерело являється організованим.

- Розлив сталі в спеціальні ковші (Джерело №35). В атмосферне повітря з даного джерела надходять: азоту діоксид та вуглецю оксид, фториди, суспендовані речовини. Джерело організоване.

- Транспортування формосуміші (Джерело №36). У довкілля з джерела викидається пил, який у своєму складі містить двооксид кремнію. Дане джерело є неорганізоване.

- Розлив сталі на плац (Джерела № №38, №39, №40, №41 та №42). Від зазначених джерел в повітряне середовище потрапляють: азоту діоксид, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий, фториди та ацетонітрил, а також речовини, що перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок. Джерело організоване.

- Циклон типу ЦР-15 дроброметних барабанів (Джерело №43). В довкілля викидаються здебільшого речовини у вигляді волокон та інших твердих суспендованих частинок. Джерело неорганізоване.

- Завантаження формосуміші грейфером (Джерело №47). В повітряне середовище від зазначеного джерела надходять переважно речовини, які перебувають у вигляді мікрочастинок чи волокон. Джерело неорганізоване.

- Пересипка на конвеєр (Джерело №48). Основними забруднювачами як і у попередньому джерелі є речовини у вигляді твердих суспендованих частинок.

- Заточні верстати (Джерело №49). Від даного джерела в атмосферу потрапляють забруднювачі у вигляді твердих суспендованих частинок (зокрема мікрочастинки та волокна).

- Деревообробні верстати (Джерело №50). У процесі роботи верстатів у навколишнє середовище потрапляють речовини у вигляді мікрочастинок та волокон. Дане джерело є неорганізованим.

- Заточний верстат (Джерело №51). В атмосферу виділяються речовини у вигляді твердих частинок та волокон. Джерело неорганізоване.

- Змішувані формосуміші (так звані бігуни) в межах чавуноливарних цехів (Джерело №52). В довкілля потрапляють речовини у вигляді твердих суспендованих частинок (насамперед мікрочастинки та волокна). Джерело вважається неорганізоване.

- Електродугоплавильна піч (Джерело №54). В атмосферне повітря з печі потрапляють: оксид міді, вуглецю окис, нікелю окис, цинку окис, ртуть металева, свинець, азоту діоксид, ангідрид сірчистий та фториди [23, 26, 30].

Вагранка (основне джерело забруднення) – це піч шахтного типу, яку використовують у ливарному виробництві для плавлення чавуну, а також металобрухту та феросплавів перед заливанням у форми. Це одна з найпоширеніших плавильних печей на ливарних підприємствах.



Рисунок 3.1 – Основні частини вагранки

Основні дані щодо джерел викиду і об'ємів забруднюючих речовин подано у наступній таблиці.

Таблиці 3.2 – Характеристика основних джерел викиду

№ джер. викиду	Найменування кожного джерела	Висота джерела, м	Діаметр, м	Параметри ПГПС			Забруднююча речовина	Вихідні дані за допомогою яких визначають величину викиду	Визначення основної потужності викидів г/с
				Об'єм, м³/с	Швидкість, м/с	Темпера-тура, С°			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вагранка	15,0	1,2	4,56	4,03	130,0	Міді оксид (в перерахунку на мідь)	0,000023	0,000023
							Ртуть металева	0,000000045	0,000000045
							Свинець та його сполуки. За винятком тетраетил (в перерахунку на свинець)	0,000023	0,000023
							Цинку окис (в перерахунку на цинк)	0,000032	0,000032
							Азоту діоксид	0,1203 75,000	0,1203 75,000
							Арсен, неорганічні сполуки (в перерахунку на арсен)	0,000014	0,000014
							Ангідрит сірчистий	1,0066 114,000	1,0066 114,000
2	Аераційний ліхтар	7,0	0,5	0,35	0,67	2,0	Ангідрид сірчистий	0,0051 0,375	0,0051 0,373
							Вуглецю оксид	0,033 0,930	0,033 0,930
3	Заточний верстат	10,0	0,5	0,39	1,99	18,4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,061 0,023	0,063 0,023

Продовження таблиці 3.2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Загрузка формо-суміші	10,0	0,5	0,39	1,99	18,4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,028 0,188	0,023 0,183
5	Пересипка формо-суміші	10,0	0,5	0,39		18, 4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,139 0,940	0,139 0,940
6	Склад вапняку	10,0	0,5	0,39		18,4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,001 0,005	0,001 0,005
7	Склад коксу	10,0	0,5	0,39	1,99	18,4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,001 0,0140	0,001 0,0140
8	Цех просочування	3,5	0,6	2,738	1 1,0	25,0	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зокрема мікрочастинки волокна)	0,001 0,0140	0,001 0,0140
							Ксилол	0,184 0,109	0,184 0,109
							Толуол	0,1181 0,019	0,184 0,019

Фактичні обсяги утворення ксилолу становлять 0,184 г/с, а толуолу – 0,1181 г/с.

Основна кількість полютантів надходить у атмосферне повітря із вагранки і це є найвище джерело.

3.3 Розрахунок кількості викидів небезпечних речовин від основних джерел забруднення

Джерела №1 та №2 – Вагранка

Загальний об'єм виплавки чавуноливарних деталей на підприємстві становить 3000 т/рік. Працюють вагранки поперемінно [9, 10, 29].

Проведемо розрахунок лише для одного джерела, так як розрахунок для джерела №2 є аналогічним даним джерела №1. Охарактеризуємо виробництво деталей з чавуну і для одного такого джерела потужність виплавки становить 1500 т/рік.

Згідно отриманих результатів інструментальних вимірювань можна стверджувати, що об'єм газу становить $V=4,56 \text{ м}^3/\text{с}$.

На виході концентрація **вуглецю оксиду** є рівна $C_{\text{max}}=56250 \text{ мг/м}^3$

В природне довкілля надходить відповідно M вуглицю оксид= $56250*4,56/100=256,5 \text{ г/с}$.

Згідно наявних літературних даних, питомий викид поллютантів з вагранок власне для вуглецю оксиду рівний – 200 кг/т чавуну.

M вуглецю оксид = $200*1500*10^{-3} = 300 \text{ т/рік}$.

На виході концентрація **сірчистого ангідриду** становить $C_{\text{max}}=220,74$.

В природне довкілля відповідно надходить: M ангідриду сірчистого = $220,74*4,56*1000=1,0066 \text{ г/с}$.

Згідно літературних джерел питомий викид небезпечних речовин з вагранок конкретно для ангідриду сірчистого є рівним 76 кг/т чавуну.

M ангідриду сірчистого = $76*1500*10^{-3} = 114 \text{ т/рік}$.

На виході концентрація **азоту діоксид** становить $C_{\text{max}}= 26,38 \text{ мг/м}^3$

В оточуюче нас довкілля потрапляє:

М азоту діоксиду $= 26,38 * 4,56 / 1000 = 0,1203$ г/с.

Згідно літературних даних питомий викид поллютантів з вагранок для азоту діоксиду знаходиться на рівні – 50 кг/т чавуну.

М азоту діоксид $= 50 * 1500 * 10^{-3} = 75$ т/рік.

На виході концентрація речовин, які присутні там у вигляді **твердих суспендованих частинок** становить:

$C_{\max} = 1598,12$ мг/м³

В навколишнє середовище надходить:

М речовин у виді твердих суспендованих частинок $= 1598,12 * 4,56 / 1000 = 7,2874$ г/с.

Відповідно до існуючих даних питомий викид небезпечних речовин з вагранок власне для речовин, які там присутні у вигляді твердих суспендованих частинок дорівнює – 14 кг/т чавуну.

М речовин, що перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок рівна $14 * 1500 * 10^{-3} = 21$ т/рік.

Отже, питомі викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря становлять, зокрема:

Відповідно літературних даних CORINAIR питомі викиди забруднюючих речовин з вагранок для НМЛОС є рівними 4 кг/т

$M_{\text{нмлос}} = 4 * 1500 * 10^{-3} = 6$ т/рік

Згідно літературних даних CORINAIR питомий викиди небезпечних речовин з вагранок становлять:

- для метану – 2 кг /т чавуну

$M_{\text{метану}} = 1 * 1500 * 10^{-3} = 3$ т/рік

- для діазоту оксид – 1кг/т

$M_{\text{діазоту оксид}} = 1 * 1500 * 10^{-3} = 1,5$ т/рік

- для вуглецю діоксид – 30 кг/т

$M_{\text{вуглецю діоксид}} = 30 * 1500 * 10^{-3} = 45$ т/рік

Розрахунок викидів щодо важких металів, які утворюються в процесі плавки чавуну у вагранках. Загальнорічний викид важких металів отримуємо згідно формули:

$$M = E_{Fi} \cdot A \cdot 10^{-6} \text{ т/рік}$$

де E_{Fi} – це коефіцієнт емісії забруднюючих речовин для i -тої технології г/т;

A – це маса литва, т.

Згідно прийнятих літературних даних коефіцієнт емісії важких металів рівний:

$E_{Cd} = 0,003 \text{ г/т чугуна}$

$E_{Cu} = 0,015 \text{ г/т чугуна}$

$E_{Hg} = 0,0003 \text{ г/т чугуна}$

$E_{Cr} = 0,015 \text{ г/т чугуна}$

$E_{Pb} = 0,015 \text{ г/т чугуна}$

Питомі викиди забруднюючих речовин в навколишньому середовищі рівні:

$M_{Cd} = 0,003 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 4,5E^{-6} \text{ т/рік}$

$M_{Cu} = 0,015 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 2,3E^{-5} \text{ т/рік}$

$M_{Hg} = 0,0003 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 4,5E^{-7} \text{ т/рік}$

$M_{Pb} = 0,015 \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 2,3E^{-5} \text{ т/рік}$

Отже, загальна кількість викидів поллютантів по даному джерелі:

$M_{\text{вуглецю оксид}} = 256,5 \text{ г/с}$

$M_{\text{вуглецю оксид}} = 300 \text{ т/рік}$

$M_{\text{ангідриду сірчистого}} = 1,0066$

$M_{\text{ангідриду сірчистого}} = 114 \text{ т/рік}$

$M_{\text{азоту діоксид}} = 0,1203 \text{ г/с}$

$M_{\text{азоту діоксид}} = 75 \text{ т/рік}$

М речовин, що перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок:
7,2874 г/с

М речовин у вигляді твердих суспендованих частинок: 21 т/рік

М НМЛОС: 6 т/рік

М метану: 3 т/рік

М діазоту оксид: 1,5

М вуглецю діоксид: 45 т/рік

М кадмію: $4,5E^{-6}$ т/рік

М міді: $2,3E^{-5}$ т/рік

М ртуті металевої: $4,5E^{-7}$ т/рік

М свинцю: $2,3E^{-5}$ т/рік

Джерело №3. – Дефлектор

Відбувається розлив чавуну у форми об'ємом до 2 т. Загальна виплавка чавунних деталей становить 1500 т/рік.

Відповідно до отриманих інструментальних результатів вимірювань об'єм газу загалом становить $V=0,25$ м³.

На виході концентрація **вуглецю оксиду** рівна $C_{\text{тах}}=125$ мг/с.

В атмосферне повітря надходить

М вуглецю оксид $=125 \cdot 0,25 / 1000 = 0,0313$ г/с

Згідно існуючих літературних даних питомий викид забруднюючих речовин в процесі розливу чавуну по формах для вуглецю оксиду становить 0,62 кг/т чавуну.

М вуглецю оксид $= 0,25 \cdot 1500 \cdot 10^{-3} = 0,93$ т/рік

На виході концентрація **ангідриду сірчистого** становить $C_{\text{та}}= 14,29$ мг/м³

В довкілля викидається М ангідрид сірчистий обсягом $14,29 \cdot 0,25 / 1000 = 0,0036$ г/с.

Відповідно до існуючих літературних відомостей, питомий викид забруднюючих докілья речовин при розливі чавуну вже по формах для ангідриду сірчистого є рівним 0,25 кг/т чавуну.

М ангідриду сірчистого рівна $0,25 \cdot 1500 \cdot 10^3 = 0,375$ т/рік

Джерело №5 – Аераційний ліхтар ливарні (розлив чавуну, організоване джерело)

Річна виплавка чавунних деталей становить 1500 т/рік.

Отримані дані вказують на те, об'єм газу є рівним $V = 0,354$ м³/с

На виході концентрація ***вуглецю оксиду*** становить:

$C_{\max} = 93,75$ мг/м³

В атмосферу надходить:

М вуглецю оксид рівна $93,75 \cdot 0,354/1000 = 0,033$ г/с

М вуглецю оксид рівна $0,62 \cdot 1500 \cdot 10^3 = 0,93$ т/рік

На виході концентрація ***сірчистого ангідриду*** становить:

$C_{\max} = 14,29$ мг/м³

В атмосферу надходить:

М ангідриду сірчистого рівна $14,29 \cdot 0,354/1000 = 0,0051$ г/с

Як уже зазначалося вище, питомий викид полютантів при розливі по формах чавуну для ангідриду сірчистого показник = 0,25 кг/т чавуну.

М ангідриду сірчистого дорівнює $0,25 \cdot 1500 \cdot 10^3 = 0,375$ т/рік

Джерело №10 – Заточний верстат (неорганізоване джерело)

Заточний верстат, діаметр його абразивного круга становить 500мм, верстат є у кількості – 1 штука. Фонд його робочого часу є 100 год/рік.

Питоме виділення наявних речовин, які перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок (наприклад абразивно-металевий пил) становить 0,23кг/рік

М речовин, що є у вигляді твердих суспендованих частинок є рівною $0,23 * 1000/3600 = 0,064 \text{ г/с}$

М речовин, що перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок дорівнює $0,23 * 100/1000 = 0,023 \text{ т/рік}$.

Джерело № 29 – Зварка в середовищі CO₂ (організоване джерело)

Загальна витрата зварювального дроту типу Св-08Г2С становить 600 кг/рік, а питомі викиди в процесі зварюванні сталі в середовищі **CO₂** загалом рівні:

Оксиду заліза: 7,48 г/кг

Оксиду марганцю: 0,5 г/кг

Оксиду вуглецю: 2,9 г/кг

Оксиду азоту: 0,7 г/кг

Оксиду хрому: 0,02 г/кг

Згідно отриманих даних вимірювань об'єм газу рівний:

$$V = 2,77 \text{ м}^3/\text{с}$$

На виході концентрація **вуглецю оксиду** є рівною $C_{\text{тах}} = 25,00 \text{ мг/м}^3$

В атмосферне середовище надходить:

М вуглецю оксид: $25,00 * 2,77/1000 = 0,069 \text{ г/с}$

М вуглецю оксид: $2,9 * 600 * 10^{-6} = 0,002 \text{ т/рік}$

На виході концентрація **заліза оксиду** становить

$$C_{\text{тах}} = 11,09 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферне довкілля викидається:

М заліза оксид: $11,09 * 2,77/1000 = 0,0307 \text{ г/с}$

М заліза оксид: $7,48 * 600 * 10^{-6} = 0,004 \text{ т/рік}$

На виході концентрація **оксиду азоту** становить:

$$C_{\text{max}} = 4,77 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферу надходить:

$$M \text{ азоту діоксид: } 4,77 * 2,77/1000 = 0,0132 \text{ г/с}$$

$$M \text{ азоту діоксид: } 0,7 * 600 * 10^{-6} = 0,0004 \text{ т/рік}$$

На виході концентрація **оксиду марганцю** становить:

$$C_{\text{max}} = 1,08 \text{ мг/м}$$

В атмосферне середовище виділяється:

$$M \text{ оксиду марганцю: } 1,08 * 2,77 / 1000 = 0,003 \text{ г/с}$$

$$M \text{ оксиду марганцю: } 0,5 * 600 * 10^{-6} = 0,0003 \text{ т/рік}$$

На виході концентрація оксиду хрому є рівною:

$$C_{\text{max}} = 0,042 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферне повітря викидається:

$$M \text{ оксиду хрому: } 0,042 * 2,77/1000 = 0,00012 \text{ г/с}$$

$$M \text{ оксиду хрому: } 0,02 * 600 * 10^{-6} = 0,00001 \text{ т/рік}$$

Джерело №32 – Термоніч (неорганізоване джерело)

У термопечі відбувається обробка деталей загальним обсягом 20 т/рік або ж 16 кг/год.

Сума викидів мінерального масла відповідно сучасної літератури дорівнює 0,11 г/кг при процесі обробки деталей:

$$M \text{ масла мінерального: } 16 * 0,11 / 3600 = 0,0005 \text{ г/с}$$

$$M \text{ масла мінерального: } 20000 * 0,11 * 10^{-6} = 0,0022 \text{ т/рік}$$

Джерела №35 – Металоплавильний цех. Дугоплавильна піч та аераційний ліхтар над піччю (організоване джерело)

На вище вказаному джерелі проводиться приготування, переробка, а також і перегрузка шихти.

Загальнорічна виплавка сталі рівна 2610 т/рік, чавуну 3000 т/рік, а річний розхід шихти становить 3300 т/рік.

Розрахунок посекундних викидів

Згідно отриманих нами результатів дослідження об'єм досліджуваного газу становить:

$$V=0,841\text{м}^3/\text{с}$$

Концентрація оксиду вуглецю на виході рівна:

$$C_{\text{max}} = 31,88 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферне середовище викидається:

$$M \text{ вуглецю оксид} \text{ є рівною } 31,88 \cdot 0,841 / 1000 = 0,0268 \text{ г/с}$$

Концентрація такого полютанта як ангідрид сірчистий становить на виході:

$$C_{\text{max}} = 24,31 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферне середовище потрапляє:

$$M \text{ ангідриду сірчистого} \text{ рівна } 24,31 \cdot 0,841 / 1000 = 0,0204 \text{ г/с}$$

Концентрація азоту діоксиду становить на виході:

$$C_{\text{max}} = 15,89 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферне повітря надходить:

$$M \text{ азоту діоксид} = 15,89 \cdot 0,841 / 1000 = 0,0134 \text{ г/с}$$

Концентрація речовин, що перебувають у вигляді твердих суспендованих частинок становить на виході:

$$C_{\text{max}} = 47,54 \text{ мг/м}^3$$

В атмосферу відповідно викидається:

$$M \text{ твердих суспендованих частинок} = 47,54 \cdot 0,841 / 1000 = 0,04 \text{ г/с.}$$

Таблиця 3.3 – Розрахунок валових викидів, які утворюються у процесі виплавки сталі

№з/п	Назва речовини	Обрахунок кількості викидів	Фактична кількість викидів, т/рік
1	вуглецю оксид	$1,35 * 2610 * 10^{-3} * 0,05$	0,176
2	азоту діоксид	$0,27 * 2610 * 10^{-3} * 0,05$	0,035
3	ангідрид сірчистий	$0,0016 * 2610 * 10^{-3} * 0,05$	0,0002
4	ціаніди	$0,0284 * 2610 * 10^{-3} * 0,05$	0,004
5	фториди	$0,00056 * 2610 * 10^{-3} * 0,05$	0,0001
6	кадмій	$0,52 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,0001
7	мідь	$2,7 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,0004
8	ртуть	$0,012 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,000002
9	нікель	$0,48 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,0001
10	свинець	$12,9 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,002
11	цинк	$176,5 * 2610 * 10^{-6} * 0,05$	0,023

Таблиця 3.4 – Розрахунок валових викидів, які утворюються у процесі виплавки чавуну

№з/п	Назва речовини	Обрахунок кількості викидів	Фактична кількість викидів, т/рік
1	вуглецю оксид	$2,32 * 3000 * 10^{-3} * 0,05$	0,348
2	азоту діоксид	$0,078 * 3000 * 10^{-3} * 0,05$	0,012
3	ангідрид сірчистий	$0,017 * 3000 * 10^{-3} * 0,05$	0,0003
4	арсен	$0,0006 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,0000001
5	кадмій	$0,0002 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,00000003
6	мідь	$0,009 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,000001
7	ртуть	$0,0002 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,00000003
8	хром	$0,009 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,000001
9	свинець	$0,009 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,000001
10	цинк	$0,012 * 3000 * 10^{-6} * 0,05$	0,000002

Отже, загалом із джерела №35 (виплавка сталі та виплавка чавуну) у атмосферне повітря потрапляє така сумарна кількість забруднюючих речовин:

Вуглецю оксид – 0,524 т/рік

Азоту діоксид – 0,047 т/рік

Ангідриду сірчастого – 0,0005 т/рік

Речовини у вигляді твердих суспендованих частинок – 0,898 т/рік

Ціаніди – 0,004 т/рік

Фториди – 0,0001 т/рік

Арсен – 0,0000001 т/рік

Кадмій – 0,00010003 т/рік

Мідь – 0,000401 т/рік

Ртуть – 0,00000203 т/рік

Хром – 0,000001

Свинець – 0,00201 т/рік

Цинк – 0,023002 т/рік

Нікель – 0,0001 т/рік

3.4 Екологічна оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря

Інформація про фонові концентрації небезпечних речовин в оточуючому нас середовищі формується на основі розрахункових даних використовуючи наступну формулу:

$$M^{i\text{фон.конц}} = 0,4 * ГДК^i$$

де, $M^{i\text{фон.конц}}$ – поточна фонові концентрація;

$ГДК^i$ – максимально разова гранично-допустима концентрація i -ї речовини; 0,4 – долі ГДК.

Отже, у таблиці 3.5 наведені дані щодо фонові концентрації основних забруднювачів повітря.

Таблиця 3.5 – Відомості щодо загального стану збруднення атмосферного повітря

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	ГДК (мг/м ³)	Фонова концентрація (мг/м ³)
1	2	3	4
1	Залізо та його сполуки	0,040	0,016
2	Манган та його сполуки	0,010	0,0004
3	Мідь та її сполуки	0,002	0,0008
4	Нікель та його сполуки	0,001	0,0004
5	Ртуть та її сполуки	0,0003	0,00012
6	Свинець та його сполуки	0,001	0,0004
7	Хром та його сполуки	0,002	0,0008
8	Цинк та його сполуки	0,050	0,050
9	Оксиди азоту	0,085	0,09
10	Арсен та його сполуки	0,003	0,0012
11	Сірки діоксид	0,500	0,04
12	Оксид вуглецю	0,500	0,08
13	Фтористий водень	0,020	0,008
14	Фтор та його сполуки	0,030	0,012

Дані у таблиці представлені у перерахунку на кожен з перелічених елементів.

Згідно даних, які є представлені у таблиці 3.5, фонова концентрація у атмосферному повітрі небезбечних речовин знаходиться в допустимих межах.

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин у атмосфері на межі СЗЗ

Визначення концентрацій забруднюючих речовин у межах СЗЗ проводилося за допомогою використання затвердженої профільним міністерством програми EOL.

Дана програма включає опис методики розрахунку наявної концентрації забруднюючих речовин, які є у викидах підприємства ОНД-86 та здатні надходити в атмосферу.

Визначення було виконано на ЕОМ за отриманими даними де обґрунтовані розрахунки викидів. За розрахунковий прямокутник брали площу 2000 x 2000, а крок становив 100 м.

Отримані результати представлені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Максимальні приземні концентрації речовин на межі СЗЗ

Назва забруднюючої речовини	Концентрація
Заліза оксид (в перерах. на залізо)	0,12 ГДК
Марганець та його сполуки (в перерах. на діоксид марганцю)	0,47 ГДК
Хром шестивалентний (в перерах. на триокис хрому)	0,098 ГДК
Азоту діоксид	0,10 ГДК
Ангідрит сірчастий	0,63 ГДК
Вуглицю оксид	0,051 ГДК
Ксилол	0,90 ГДК
Толуол	0,25 ГДК
Спирт бутиловий	0,53 ГДК
Бутилацетат	0,55 ГДК
Етилацетат	0,72 ГДК
Уайт-спірит	0,18 ГДК
Суспендовані частинки	0,66 ГДК

Загалом екологічний стан повітря в Тернопільській області оцінюється як задовільний або добрий, хоча є ділянки і періоди з незначними перевищеннями окремих забруднювачів.

За останніми моніторингами Державного центру контролю та профілактики хвороб та обласного центру гідрометеорології, більшість перевірок вулиць, де раніше спостерігались перевищення ГДК хімічних речовин (наприклад, CO, NO₂, хлор, діоксид азоту), не виявили перевищень.

Неприємних або екстремальних рівнів забруднення загалом не спостерігалось, принаймні за доступними публічними даними.

Функціонує і громадський моніторинг (станції ЛУН Місто AIR), що дає оперативні дані по PM_{2.5} та інших показниках, і більшість отриманих вимірів показують «добрий» або «задовільний» стан.

Проблеми треба розглядати на локальному рівні – транспортні вулиці, джерела згоряння, кліматичні умови, опалення [13, 14, 25, 26].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, санітарногігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності. Головним напрямком охорони праці в розвитку ливарного виробництва є створення та впровадження безвідходних та маловідходних прогресивних технологічних процесів виробництва, а також створення на робочих місцях безпечних та комфортних умов праці. Метою цього розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників в сумішо-приготувальному відділенні, розробка заходів та засобів їх усунення [31].

4.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві

Основні положення щодо охорони праці наведені в Законі України «Про охорону праці». Згідно статті 13, Закону України «Про охорону праці» директор підприємства зобов'язаний забезпечити на робочому місці та у кожному структурному відділенні умови праці відповідно до нормативно правових актів, а також забезпечення нормативно-правових вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. За статтею 14, працівник несе безпосередню відповідальність за порушення вимог техніки безпеки. Основну відповідальність несе робітник.

За статтею 15, коли чисельність підприємства складає до 50 чоловік, функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві працює 46 осіб, оскільки їх кількість менше 50 то функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку [17].

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін праць і оточенням. Мікроклімат характеризується показниками: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Оптимальні параметри мікроклімату в робочих приміщеннях в холодний період року для категорії робіт важка ІІІ, відповідно: температура складає $16-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $40-60\%$, швидкість руху повітря $0,3\text{ м/с}$. В теплий період року – $18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, вологість – $40-60\%$, швидкість руху повітря $0,4\text{ м/с}$. Для дотримання відповідного мікроклімату в цеху, в холодну пору року він обігрівається.

Для дотримання швидкості руху і вологості повітря цех обладнується вентиляцією. Для доступу природного світла в зовнішніх стінах виконуються світлові прогони із сталевих віконних плетінь, а для освітлення всієї площі цеху використовується верхнє освітлення за допомогою ліхтарів. Інтенсивність теплового випромінювання поверхонь, що працюють від нагрівання, і освітлювальних приладів має не перевищувати 35 Вт/м^2 при опроміненні 50% і більше поверхні тіла людини, 70 Вт/м^2 при опроміненні тіла на $25-50\%$ і 100 Вт/м^2 при опроміненні не більше, ніж 25% .

Інтенсивність теплового опромінення робітників, що працюють з відкритими джерелами випромінювання, має не перевищувати 140 Вт/м^2 при опроміненні до 25% тіла і обов'язковому використанні ЗІЗ (засобів індивідуального захисту). Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеній його вологості призводить до збільшення температури тіла людини до $38-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (гіпотермія), внаслідок чого здійснюється різноманітні фізіологічні порушення в організмі: зміни у обміні речовин, у серцево-судинній системі, зміни функцій внутрішніх органів (печінки, шлунку, жовчного міхура, нирок), зміни у системі дихання, порушення центральної та периферичної нервових систем [6, 30].

4.2 Аналіз шуму і вібрації та джерел ураження електричним струмом

Відділення, що проектується, оснащене устаткуванням: коткові змішувачі, елеватор, стрічкові конвеєри, магнітний сепаратор, полігональне сито, яке являється джерелом шуму і вібрації. У відповідності до ДСН 3.3.6.037–99, максимально припустимий рівень звуку у виробничих відділеннях складає 80 дБА. Джерелом найбільшого шуму являються коткові змішувачі, рівень шуму яких досягає 65–75 дБА. Шум призводить до захворювань органів слуху, нервової і серцево-судинної систем, тому все встановлене в цеху обладнання має відповідати вимогам до шумових характеристик ДСН 3.3.6.037–99 (ГОСТ 12.1.003–83).

Для зменшення шуму встановлюємо віброізолючий фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюємо менш шумні ділянки і конторські приміщення стінками і перегородками, які мають досить велику звукоізоляцію. Використовують засоби індивідуального захисту (навушники). Загальна вібрація за санітарними нормами ДСН 3.3.6.039-99, відноситься: – категорія 2 транспортно-технологічна.

До джерел транспортно-технологічної вібрації відноситься весь транспорт виробничих приміщень; – категорія 3 тип «а» технологічна вібрація, що діє на постійні робочі місця виробничих відділень. Підприємство періодично проводить оцінку шумової і вібраційної безпеки праці на робочих місцях, при виконанні реальних технологічних операцій і технологічних процесів. Результати оцінки рівнів шуму і вібрації надають в санепідемстанцію [30, 33].

В сумішо-приготувальному відділенні електричними установками є: коткові змішувачі, елеватор, магнітний сепаратор. Джерелами ураження електричним струмом є: провідники з пошкодженою ізоляцією, невиконання техніки безпеки при роботі з електричним устаткуванням, невідповідність

засобів захисту електричного устаткування вимогам безпеки. За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом сумішоприготувальне відділення можна віднести до класу приміщень з особливою небезпекою, що обумовлено наявністю потужних струмопроводів (220, 380 В), можливістю дотику людини до металоконструкцій, корпусів електрообладнання та ін.

Електричні травми можуть спричиняти наступні фактори:

- невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;
- невиконання технічних заходів безпеки;
- організаційно-соціальні причини.

Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом, поділяються на три групи: електричного характеру, не електричного характеру і чинники виробничого середовища. Безпечність експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосуванням ізоляції, недоступністю струмопровідних частин, застосуванням малих напруг, захисним заземленням і використанням електрозахисних засобів, вчасний огляд і ремонт обладнання [6, 30].

Аналіз джерел виділення пилу та газів

Основними джерелами забруднення атмосфери (пилом, випарами етилового спирту) і водойм механічними суспензіями (піщано-глинисті та піщано-смоляні суміші) в сумішоприготувальних відділеннях є змішувачі, в яких готуються суміші, та конвеєри, по яких вони транспортуються. Шкідливі речовини, що зустрічаються в сумішоприготувальному відділенні, діють на організм наступним чином: пил – захворювання силікозом та іншими небезпечними захворюваннями; випари етилового спирту - можуть викликати запаморочення, при дуже високих дозах – стан сп'яніння.

У відповідності до ГОСТ 12.1.007–81, шкідливі речовини, що виділяються при роботі цеху, можна віднести до двох (III,IV) з чотирьох класів

небезпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005–88. У сумішоприготувальному відділенні при виробництві формувальних та стрижневих сумішах виділяється велика кількість пилу, тому встановлюється природна та штучна вентиляція, також використовуються ЗІЗ (респіратори) відповідно до ГОСТ 12.4.011-87. Задачею вентиляції є забезпечення чистим повітрям приміщення і утворення сприятливих метеорологічних умов.

Для осадження пилу в відділенні також використовують установки-пиловловлювачі (відцентрові скрубери, через які буде проходити забруднене повітря). Крім цього на робочих місцях, через виділення значної кількості пилу, встановлюється місцева вентиляція у вигляді витяжних зонтів [6, 33].

4.3 Захист населення та працівників ТДВ «Булат» в умовах надзвичайних ситуацій

Захист населення та працівників ТДВ «Булат» в умовах надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи воєнного характеру є складовою частиною системи цивільного захисту України та однією з основних функцій охорони праці на підприємстві.

Основними завданнями захисту є:

- своєчасне оповіщення працівників про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації;
- організація безпечної евакуації персоналу та відвідувачів з небезпечних зон;
- створення та підтримання в готовності систем колективного та індивідуального захисту;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (протигази, респіратори, аптечки, вогнегасники тощо);

- навчання та інструктаж персоналу щодо дій у разі пожежі, вибуху, аварії на виробництві, викиду шкідливих речовин чи інших надзвичайних подій.

Для реалізації зазначених завдань на підприємстві передбачено:

- функціонування системи оповіщення та сигналізації;
- розробка планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і планів евакуації;
- регулярне проведення протипожежних та протиаварійних тренувань;
- організація первинних медичних пунктів та укомплектування їх необхідними засобами надання допомоги;
- співпраця з підрозділами ДСНС, медичними установами та місцевими органами влади щодо реагування на надзвичайні ситуації.

Особлива увага приділяється навчанню працівників правилам безпечної поведінки та чіткому виконанню інструкцій під час надзвичайних ситуацій. Керівництво ТДВ «Булат» забезпечує постійну готовність об'єкта до дій у кризових умовах та створює умови для збереження життя і здоров'я персоналу.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У ході проведеного дослідження здійснено комплексну оцінку впливу діяльності ТДВ «БУЛАТ» на стан атмосферного повітря в районі його розташування. На основі аналізу технологічних процесів, інвентаризації стаціонарних джерел та розрахунку фактичних обсягів викидів встановлено наступне:

1. Охарактеризовано фізико-географічні та кліматичні умови місцевості розташування підприємства, описано специфіку його діяльності та проаналізовано екологічний стан атмосферного повітря на території Тернопільської області.

2. Встановлено, що у межах м. Микулинці завод є стаціонарним джерелом забруднення атмосферного повітря.

3. Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є вагранки (найпотужніше джерело викидів), дугоплавильні печі, процеси розливу металу та операції з формосумішами.

4. Встановлено, що найбільша кількість забруднюючих атмосферу речовин – це речовини у вигляді оксиду азоту, оксиду вуглецю, діоксиду сірки та тверді суспендовані частинки (зокрема мікрочастинки та волокна).

5. Питомі викиди відповідають середньостатистичним показникам ливарного виробництва, але потребують оптимізації шляхом впровадження сучасних технологій очищення.

6. Визначено, що частина джерел забруднення є законсервованими, однак у разі їх повторного введення в експлуатацію необхідно провести інструментальні заміри та коригування звітної документації.

7. Значну частку забруднюючих речовин становлять леткі органічні сполуки (ксілол, толуол, ацетатні розчинники), що надходять від процесів фарбування та просочування двигунів, що також потребує вдосконалення вентиляційних та очисних систем.

8. Проведений аналіз підтвердив доцільність впровадження на підприємстві заходів із вдосконалення пилогазоочистки, модернізації обладнання, оптимізації процесів розливу металу та механізованих операцій з формосумішами.

9. Розроблені рекомендації щодо зниження викидів (модернізація вагранок, удосконалення вентиляції, застосування ефективніших фільтрувальних систем, використання менш токсичних матеріалів) можуть забезпечити суттєве покращення екологічного стану території та зменшення антропогенного навантаження на атмосферу.

10. Оцінка умов праці показала необхідність підвищення рівня техногенної та виробничої безпеки, впровадження додаткових засобів індивідуального захисту, контролю мікроклімату та концентрацій небезпечних речовин у робочій зоні.

Отже, результати дослідження підтверджують, що діяльність ТДВ «БУЛАТ» має суттєвий вплив на якість атмосферного повітря, однак за умови реалізації запропонованих природоохоронних заходів підприємство може значно знизити рівень забруднення та забезпечити екологічно безпечне функціонування. Проведена робота є важливим етапом у формуванні ефективної екологічної політики підприємства та підвищенні екологічної безпеки регіону загалом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балушок К. Б., Ключихін В. В, Мілонін С. В. Ресурсозберігаючі технології виробництва литва для авіаційного двигунобудування: підруч. Запоріжжя : Мотор Січ, 2021. 197 с.
2. Богуслаєв В. О., Могилатенка В. Г. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття: підруч. для ВНЗ / за ред. С. І Реп'яха. Нац. металург. акад. України. Вид. 2-е, допов. та доопрац. Запоріжжя, 2016. 474с.
3. Бялік Г. А. Практикум з теорії ливарних сплавів та процесів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготов. "Інженерна механіка": Запоріз. нац. техн. ун-т. Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. 97 с.
4. Васьковець Л.А., Винник А.В. Екологічна небезпека твердих відходів ливарного виробництва. Матеріали Міжнародної науково-методичної конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. Ч. III. С 319.
5. Гайдук С. В., Беліков С. Б. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей : монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. 80 с.
6. Гасило Ю. А., Крюковська О. А., Левчук К. О. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навч. посіб. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 369 с.
7. Гнатуш В.А. Метали: Подорож у часі. Київ, 2019. 155 с.
8. Гонтаренко В. І., Бялік Г. А. Автоматизація та мікропроцесорна техніка в практиці ливарного виробництва : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 217 с.
9. Гринь Г. І., Мохонько В. І., Суворін О. В. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. Сєвєродонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. 420 с.
10. Директива Ради 96/62/ЄС "Щодо оцінки та контролю навколишньої атмосфери". URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_498#Text

11. Директива 2004/42/ЄС про обмеження викидів летких органічних сполук, зумовлених використанням розчинників у певних фарбах і лаках та речовинах для обробки транспортних засобів. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/2_004-42-ec.pdf

12. Дорошенко В.С. Теоретичні і технологічні основи отримання піщаних форм із сухого дисперсного наповнювача для виробництва легковагих литих конструкцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.16.04 «Ливарне виробництво» / Дорошенко В.С. Київ, 2018. 37 с.

13. Екологічний паспорт Тернопільської області 2023. Тернопільська ОВА, 2024. 731 с.

14. Екологічний паспорт Тернопільської області 2024. Тернопільська ОВА, 2025. 725 с.

15. Забруднення повітря в Україні – погляд з космосу. Дослідження за результатами аналізу супутникових знімків Copernicus Sentinel 5p та даних про забруднення повітря з контрольованою якістю Служби моніторингу атмосфери Copernicus. Прага - Київ, 2020. 38 с.

16. Зацеркляний М.М., Зацеркляний О.М., Столевич Т.Б. Процеси захисту навколишнього середовища : підруч. Одеса: Фенікс, 2017. 454 с.

17. Звіт по інвентаризації викидів забруднюючих речовин підприємства ТДВ БУЛАТ 2023-24 рр.

18. Кольцов М., Шевченко Л. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка]. Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.

19. Ладиченко В.В., Гиренко І.В., Головка Л.О., Вітів В.А. Екологічна політика і право ЄС: навч. посіб. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2019. 363 с.

20. Лисенко Т. В., Пономаренко О.І., Доценко В.П., Шинський Теоретичні основи формування виливків / за ред. Т.В. Лисенко. Харків : НТУ "ХПІ", 2014 191 с.

21. Лютий Р.В., Гурія І.М. Формувальні матеріали: підруч. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2020. 257 с.
22. Лютий Р.В., Кеуш Д.В., Пивощук А.Р., Скирденко М.В. База формувальних матеріалів України. XV Міжнародна науковотехнічна конференція *«Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра»*, 2017. С. 675–680.
23. Опальчук А.С., Афтандіянц Є.Г., Клендій М.Б., Роговський Л.Л. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підруч. Ніжин: ТОВ "Видавництво "Аспект-Поліграф"", 2011. 792 с.
24. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В. та ін. Технології захисту навколишнього середовища. Ч1. Захист атмосфери: підруч. 2019. 432 с.
25. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2023 році. Тернопільська ОВА, 2024. 306 с.
26. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2024 році. Тернопільська ОВА, 2025. 283 с.
27. Сігарьов Є. М., Кащєєв М. А. Практикум з дисципліни "Металургія кольорових металів та сплавів" : навч. посіб. Дніпро. держ. техн. ун-т (ДДТУ). Кам'янське : ДДТУ, 2018. 112 с.
28. Сіренко К. А., Мазур В. Л. Оцінка стабільності хімічного складу і механічних властивостей промислових партій синтетичного чавуну. Процеси лиття. 2021. № 4 (146). С. 66–75.
29. Стороженко С.А., Єременко А. П. Лабораторний практикум з дисципліни "Технологія процесів ливарного виробництва: навч. посіб: Дніпров. держ. техн. ун-т (ДДТУ). Кам'янське : ДДТУ, 2015. 105с
30. Сухий П.О., Сабадаш В.І., Сендзік Ю.І. Цивільний захист та охорона праці в галузі: навч. посіб. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. 170 с.

31. Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Зеркалов Д. В. Основи охорони праці. Київ: Основа, 2014. 456 с.
32. Троценко Є. О., Перетятко Ю. В. Промислова екологія: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 86 с.
33. Шудренко І. В. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. 136 с.
34. Ямшинський М.М., Могилатенко В.Г., Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів: підруч. у 2 ч. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 588 с.
35. proficientmarketinsights.com+2proficientmarketinsights.com+2
36. proficientmarketinsights.com+1
37. bessercasting.com
38. ice.it+2[The Kyiv Independent](https://www.kyiv-independent.com)+2
39. <https://www.ua-region.com.ua/00907438>
40. <https://www.saveecobot.com/maps/ternopil>
41. ecology.te.gov.ua
42. ternopilcity.gov.ua
43. ice.it+2[The Kyiv Independent](https://www.kyiv-independent.com)+2

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристика найпоширеніших джерел утворення по цехах виробництва

Виробництво	№ джерела	Джерело утворення	Етапи технологічного процесу		Завантаження Технологічного Обладнання	Параметри ПГПС		Забруднююча речовина	Фактичне значення концентрації	
		Найменування				Температура С ⁰	Код	Найменування	Макс.	Мін.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
виробництво метилю в електричних печах	38	металоплавильний цех. Дефлектор	розлив металу на плац	0.7	0.286	24.0	301	Азоту діоксид	19,48	116,40
							330	Ангідритсірчистий	23,60	20,02
							337	Вуглицю оксид	30,63	18,0
							2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частино волокна	29,49	2,47
виробництво металу в електричних печах	39	металоплавильний цех. Дефлектор	розлив металу на плац	0,7	0,266	24,0	301	Азоту діоксид	20,50	17,43
							330	Ангідрит сірчистий	21,45	23,13
							337	Вуглецю оксид	27,81	23,13
							2902	Речовини у вигляді суспендованих твсрдих частинок мікрочастинки,волокна	32,50	25,28
виробництво металу в електричних печах	40	металоплавильний цех, дефлектор	розлив металу на плац	0,7	0,271	24,0	301	Азоту діоксид	22,55	18,45
							330	Ангідрид срчистий	22,17	19,31
				0,7			337	Вуглецю оксил	24,1	21,25
							2902	Речовини у вигляді суспендованих твсрдих частинок (волокна)	31,25	21,2

Продовження Додатку А

виробництво металу в електронних печах	41	металоплавильний цех. Дефлектор	розлив металу на плац	0,7	0,291	24,0	301	Азоту	12,96	14,35
							330	Ангідрит сірчистий	25,03	17,88
							337	Вуглецю оксид	27,19	21,19
							2902	Речовини суспендованих твердих частинок (волокна)	36,87	25,63
виробництво металу в електронних печах		Метлоплавильний Цех дефлектор	розлив металу на плац	0,7		24,0	301	Азоту діоксид	21,53	17,43
							330	Ангідрид сірчистий	24,31	17,88
							337	Вуглецю оксид	22,81	19,38
							2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (волокна)	34,11	23,68
дробометна очистка	43	циклон ЦН- 1 5 (дробометні барабани-3 шт.)	дробометна очистка	0,7	2,35	25,0	2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	45,18	37,74
					2,37	48,0	301	суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)		
виробництво металу в електричних печах		Електро-дугоплавильна піч	плавка металу	0,7			330	Азоту діоксид	255,71	231,35
							337	Ангідрит сірчистий	28,57	
								Вуглецю оксид	312,50	125,00

Додаток В

Характеристика ПГО

№.джер- викид у	№ вент. систем и	№ ГОУ в техні- ч. ланц.	ГОУ		Міжремонтни й період		Параметри ПГПС на вході ГОУ		Параметри ПГПС на виході ГОУ		Речовина		№ Сту- пень	Концент рація речовин и на	Ефект. Очищен ня%	Концент ра-ція речовини на виході з ГОУ мг/м ³	Прилад контро- лю
			Клас+	Наймену- вання	Період	Дата ост. Ремонту	об'єм, м ³ /с	Темп.С	об'єм, м ³ /с	Темп . С	Код	Найменування	Очи- щен- ня	Вході в ГОУ мг/м ³			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
43	43	3	13112	ЦН-15	1рік	2019	2,34	25	2,35	25	2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинк и)	1	78	88,21		МВВ №081/1 2- 016105
54	54	2	32 102	ФРКИ-36О	1рік	2019	2,08		2,35		2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинк и)	1	1127,86	96,10	38,57	МВВ №081/1 2- 016105