

**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
« ____ » _____ 2025р.

Зав. кафедри _____
(підпис)
доцент, к.б.н. Петро ХІРІВСЬКИЙ
наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

_____ магістр _____
(рівень вищої освіти)

на тему «Оцінка впливу викидів Товариства з додатковою
відповідальністю «Львівський Маяк» на стан атмосферного повітря та
розробка рекомендацій щодо його зменшення»

Виконав студент групи Еко-63
спеціальності 101 «Екологія»

Синиця Василь Євстахович

Керівник Наталія ПАНАС _____

Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК _____

Дубляни 2025

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Завідувач кафедри _____
 доцент, к.б.н. Петро ХІРВСЬКИЙ

«_____» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Синиці В.Є.

1. Тема роботи: **«Оцінка впливу викидів Товариства з додатковою відповідальністю «Львівський Маяк» на стан атмосферного повітря та розробка рекомендацій щодо його зменшення»**
 КЕРІВНИК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ПАНАС НАТАЛІЯ ЄВГЕНІВНА,
 КАНДИДАТ БІОЛОГІЧНИХ НАУК, ДОЦЕНТ

Затверджені наказом по університету від «_____» _____ 2025р. № _____

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, методики виконання дослідження, звіт по інвентаризації викидів ТзОВ «Львівський Маяк», опис технологічних процесів, що використовуються на ТзОВ «Львівський Маяк»

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)
Вступ

1. Огляд літератури

1.1 Вплив підприємств легкої промисловості на навколишнє середовище

1. Екологізація виробництва підприємств легкої промисловості

2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна характеристика ТзОВ «Львівський Маяк»

2.2 Методи досліджень

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк»

3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк»

3.3 Розрахунки викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» від окремих джерел

3.4 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» на стан забруднення атмосфери

3.5 Оцінка відповідності викидів забруднюючих речовин від ТзОВ «Львівський Маяк» до встановлених нормативів

3.6 Пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами ТзОВ «Львівський Маяк»

3.7 Заходи щодо здійснення контролю за дотриманням нормативів ГДВ забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» та пропозиції щодо мінімалізації негативного впливу на атмосферу

4. Охорона праці та захист населення

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

4.2 Заходи щодо підвищення безпеки праці та пожежної безпеки

4.3 Захист населення в надзвичайних ситуаціях

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу Рисунки (3).

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Примітка
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3	Наталія ПАНАС, доцентка кафедри екології			
4	Лариса ГОРДІЙЧУК, доцентка кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 10 грудня 2024 р.

Календарний план

№п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	20.12.24-20.05.25	
2	Написання розділу «Об'єкт та методи досліджень»	20.05.25-20.07.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	20.07.25-20.10.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення», підготовка висновків та списку використаних джерел	20.10.25-10.12.25	

Здобувач _____ Василь СИНИЦЯ
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія ПАНАС
(підпис)

УДК 504.064:628.4:614.84

Оцінка впливу викидів Товариства з додатковою відповідальністю «Львівський Маяк» на стан атмосферного повітря та розробка рекомендацій щодо його зменшення. Синиця В.Є. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, Львівський НУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

69 ст. текст. част., 16 таблиць, 3 рисунків, 32 джерела.

Проведено екологічну оцінку впливу виробничої діяльності Товариства з додатковою відповідальністю «Львівський Маяк» на стан атмосферне повітря. Визначено джерела утворення та викидів забруднюючих речовин підприємства, проведено розрахунки викидів забруднюючих речовин від окремих джерел забруднення та розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери, проведено оцінку впливу викидів забруднюючих речовин підприємства на стан забруднення атмосферного повітря. Проведено уточнення розмірів санітарно-захисної зони та аналіз відповідності фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами до встановлених нормативів на викиди. Подано пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами та заходи - рекомендації покращення.

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Вплив підприємств легкої промисловості на навколишнє середовище...	8
1. Екологізація виробництва підприємств легкої промисловості	10
2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
2.1 Загальна характеристика ТзОВ «Львівський Маяк».....	15
2.2 Методи досліджень.....	20
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк».....	24
3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк».....	27
3.3 Розрахунки викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» від окремих джерел.....	31
3.4 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» на стан забруднення атмосфери	40
3.5 Оцінка відповідності викидів забруднюючих речовин від ТзОВ «Львівський Маяк» до встановлених нормативів	45
3.6 Пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами ТзОВ «Львівський Маяк».....	47
3.7 Заходи щодо здійснення контролю за дотриманням нормативів ГДВ забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» та пропозиції щодо мінімізації негативного впливу на атмосферу.....	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	59
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	59

4.2	Заходи щодо підвищення безпеки праці та пожежної безпеки.....	61
4.3	Захист населення в надзвичайних ситуаціях.....	62
	ВИСНОВКИ.....	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Актуальність теми. Хоча проблема охорони навколишнього середовища має глобальний характер, її вирішення повинно здійснюватися на рівні кожного окремого підприємства [2]. У сучасному суспільстві зростає роль досліджень, спрямованих на оцінку масштабів впливу індустріалізації на довкілля, удосконалення технічних засобів екологічного захисту, а також розвиток замкнених і маловідходних технологічних процесів виробництва [1, 2].

Легка промисловість посідає одне з провідних місць серед галузей, що виробляють товари народного споживання та широко представлені на території України. Її виробничий потенціал охоплює 25 підгалузей і понад 600 підприємств та організацій. До підприємств легкої промисловості належать текстильні, трикотажні, швейні, шкіряні, взуттєві та хутрові виробництва, розміщення яких залежить від наближеності до споживача, наявності трудових ресурсів і сировини [14, 29].

Водночас підприємства цієї галузі є вагомими джерелами забруднення довкілля. Завдання екологізації виробництва повинні вирішуватися на етапі проєктування або модернізації підприємств. Перед початком виробничої діяльності важливо обирати екологічно безпечні технології, сировину та обладнання. Не менш значущим є встановлення ефективних пило- та газоочисних систем, які сприятимуть не лише зменшенню негативного впливу на довкілля, а й створять можливості для розвитку підприємства у напрямі екологізації виробничих процесів [16, 18, 29].

Провідною складовою легкої промисловості є текстильна галузь, що включає бавовняне, вовняне та лляне виробництво. У структурі бавовняної промисловості виокремлюють прядильні, ткацькі, крутильно-ниткові та фарбувально-оздоблювальні процеси [16].

Метою роботи є оцінка впливу виробничої діяльності ТзОВ «Львівський Маяк» на стан атмосферного повітря

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- встановити джерела утворення та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- визначити якісний і кількісний склад шкідливих викидів, що утворюються під час роботи технологічного обладнання;
- виконати розрахунки викидів забруднюючих речовин від окремих джерел забруднення;
- здійснити оцінку впливу викидів ТзОВ «Львівський Маяк» на рівень забруднення атмосферного повітря;
- уточнити розміри санітарно-захисної зони підприємства;
- провести аналіз відповідності фактичних викидів нормативам, встановленим для стаціонарних джерел;
- подати пропозиції щодо допустимих обсягів викидів та визначити заходи для їх скорочення.

Наукова новизна. У роботі оцінено вплив діяльності ТзОВ «Львівський Маяк» на стан атмосферного повітря, охарактеризовано джерела забруднення та визначено основні шкідливі речовини.

Практичне значення. Уточнено розміри санітарно-захисної зони підприємства, сформовано пропозиції щодо дозволених обсягів викидів від стаціонарних джерел ТзОВ «Львівський Маяк», а також розроблено рекомендації щодо контролю дотримання нормативів гранично допустимих викидів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Вплив підприємств легкої промисловості на навколишнє середовище

Легка промисловість є багатогалузевим виробничим комплексом, що включає близько двадцяти підгалузей. До її складу входять текстильна, трикотажна, взуттєва, шкіряно-взуттєва та інші виробництва. Попри відносно невеликі енергетичні витрати, окремі підгалузі – зокрема шкіряно-взуттєва, шкіргалантерейна та текстильна – належать до екологічно небезпечних, оскільки формують значні обсяги стічних вод, викидів та твердих відходів.

Легка промисловість відіграє важливу роль у виробництві непродовольчих товарів, а масштаби її діяльності є істотними: функціонує понад 10 тисяч підприємств, з яких близько 6 тисяч виробляють хутро та одяг, майже 2 тисячі — текстильну продукцію, а близько 1,5 тисячі — шкіряні вироби та взуття. Значна частина продукції використовується як кінцевий продукт, а також як сировина для інших галузей, що підсилює значення легкої промисловості у національній економіці [17, 20, 21].

Функціонування підприємств легкої промисловості тісно пов'язане із хімічною промисловістю, яка забезпечує значну частину синтетичних волокон, барвників, розчинників та інших реагентів. Важливою є також взаємодія із сільським господарством, яке постачає натуральну сировину (бавовну, льон, вовну), та машинобудуванням, що виробляє технологічне обладнання. Розвиток галузі значною мірою визначається науково-технічним прогресом: збільшується частка хімічних волокон, що є токсичними, погано розкладаються або зовсім не піддаються біодеградації, що суттєво посилює антропогенне навантаження.

Хоча завдяки модернізації виробництва рівень забруднення у деяких підгалузях поступово зменшується — зокрема через застосування менш токсичних барвників, впровадження систем очищення викидів та

автоматизацію технологічних процесів — негативний вплив залишається значним і потребує подальшої мінімізації [5,13].

Текстильна галузь — одна з найбільш вагомих у легкій промисловості. Вона охоплює бавовняні, вовняні та лляні виробництва, де використовують натуральні, штучні та синтетичні волокна. Найбільше забруднення формують оздоблювальні та фарбувальні процеси: у процесі фарбування, вибілювання, мерсеризації та апретування утворюється до 20 різних класів шкідливих речовин. Концентрація барвників, ПАР, кислот, сполук хрому та важких металів у стічних водах часто перевищує нормативи, що потребує попереднього очищення стоків.

Під час обробки тканин, особливо синтетичних, утворюються газоподібні токсичні речовини — леткі органічні сполуки (ЛОС), формальдегід, аміни, продукти розкладання барвників. Утворений осад містить нерозчинні суміші барвників, полімерів, волокон та залишків сировини. Особливо небезпечними є високомолекулярні сполуки, що характеризуються низькою біодеградованістю.

Джерелом пилового забруднення є також процеси сортування, розпушування та чесання волокон. Концентрація пилу у прядильних і ткацьких цехах досягає 2–16 мг/м³, що впливає на стан повітряного середовища та умови праці працівників.

Шкіряно-взуттєва галузь вважається однією з найбільш екологічно небезпечних. При виробництві шкіри застосовуються луки, кислоти, сульфіді, жири, органічні розчинники, хромові сполуки, що формують агресивні стоки. Стічні води таких підприємств мають високий вміст важкоокислюваних органічних речовин, сульфатів, хлоридів, жирів, завислих часток, фенолів, ПАР, важких металів — що сприяє процесам евтрофікації водойм та накопиченню токсинів у біосфері.

Особливо небезпечними є сполуки хрому (Cr^{3+} , Cr^{6+}), формальдегід, сірководень та органічні розчинники, які можуть забруднювати як воду, так і повітря. Виробництво хутра також є вкрай ресурсомістким: для його обробки

використовують до 9 млн м³ води та близько 100 тис. тонн хімікатів щороку. У процесах фарбування та вичинки у довкілля потрапляють токсичні барвники, формалін, хромові реагенти.

Основними забруднювачами атмосфери підприємствами легкої промисловості є:

- діоксид сульфуру (SO₂), який спричиняє кислотні дощі;
- оксиди нітрогену, що руйнують озоновий шар;
- оксид карбону (CO);
- леткі органічні сполуки (розчинники, формальдегід, бензол, фталати, етилацетат);
- пил різного походження;
- гази, що утворюються під час сушіння, фарбування чи термічної обробки волокон.

Багато речовин мають здатність до тривалого накопичення в атмосфері та ґрунті. Важкі метали (Cu, Zn, Fe, Cr) зберігаються десятиліттями, мігрують у водні об'єкти, можуть проникати в харчові ланцюги.

1.2 Екологізація виробництва підприємств легкої промисловості

Оскільки підприємства легкої промисловості становлять суттєве антропогенне навантаження на довкілля, їх екологічна модернізація є вкрай актуальною. Пріоритетними напрямками зменшення негативного впливу є [21, 23]:

- впровадження маловідходних і безвідходних технологій;
- використання екологічно безпечних барвників та реагентів;
- модернізація систем пило- та газоочищення;
- будівництво установок попереднього та глибокого очищення стічних вод;
- заміна токсичних хімікатів на менш небезпечні аналоги;
- перехід на замкнені цикли водокористування;

- автоматизація технологічних процесів для зменшення обсягів відходів та помилок персоналу.

Екологізація виробництва в легкій промисловості є одним із ключових напрямів зменшення негативного впливу цієї галузі на довкілля, оскільки підприємства текстильної, шкіряно-взуттєвої та хутрової промисловості традиційно належать до найбільш ресурсоємних і екологічно небезпечних. Сучасна екологічна модернізація передбачає впровадження маловідходних і безвідходних технологій, використання екологічно безпечних барвників, реагентів та матеріалів, підвищення ефективності систем газо-, пиловловлення та очищення стічних вод, а також автоматизацію виробничих процесів для зменшення кількості помилок персоналу й зниження обсягів відходів. Одним із провідних напрямів екологізації є застосування технологій, які вже успішно впроваджені на підприємствах легкої промисловості в Україні та світі.

У текстильній промисловості все ширше використовується технологія фарбування у середовищі надкритичного вуглекислого газу (Supercritical CO₂ Dyeing), що дозволяє повністю відмовитися від використання води, суттєво скоротити витрати барвників і практично усунути утворення забруднених стічних вод. Іншим екологічним рішенням є цифровий друк на тканинах (Digital Textile Printing), який потребує значно менше барвників, енергії та води у порівнянні з традиційним фарбуванням. Для джинсової продукції активно використовуються лазерні технології вибілювання та оздоблення, що дозволяють уникати застосування хлору та агресивних окисників. У шкіряній промисловості дедалі ширше впроваджуються безвідходні цикли дублення (Closed-loop tanning) із повторним поверненням хромових солей у процес, що зменшує їх втрати у стічних водах на 90–95 %.

Значне місце в екологізації займає використання безпечніших барвників та реагентів: реактивні барвники нового покоління з низьким використанням солей, натуральні органічні барвники, ферментативні препарати, що замінюють токсичні луги і кислоти, а також рослинні таніни

для дублення шкіри. Широко застосовуються безхлорні системи вибілювання, барвники, що не містять важких металів, екологічні силіконові апрети та водорозчинні поліуретанові клеї замість розчинників із високим вмістом летких органічних сполук.

Системи очистки повітря на сучасних підприємствах удосконалюються шляхом встановлення рукавних фільтрів для органічного пилу з ефективністю понад 97 %, електрофільтрів для вловлювання мікрочастинок барвників, каталітичних і термічних установок окислення летких органічних сполук, а також мокрих скрубєрів для вилучення сірчаних і азотних газів. Для очищення стічних вод активно застосовуються флотаційні установки для видалення жирів і завислих речовин, мембранні біореактори, здатні здійснювати глибоке очищення і забезпечувати повторне використання води, зворотноосмотичні фільтри для вилучення солей, важких металів і хрому, установки УФ- та озонної обробки для руйнування барвників і токсичних органічних сполук, а також адсорбційні системи на основі активованого вугілля. На підприємствах шкіряної галузі ефективно працюють хромоуловлювальні установки, які дають змогу повертати хром у виробничий цикл.

Поширеним напрямом є перехід на замкнені системи водокористування: рециркуляція промивних вод після фарбування, застосування систем повторного використання очищених стічних вод, замкнуті цикли охолодження обладнання та використання конденсату після сушіння тканин як технічної води. Це дає змогу зменшити водоспоживання на 50–80 %. Автоматизація виробництва доповнює ці процеси шляхом застосування систем автоматичного дозування хімічних речовин, цифрових систем моніторингу екологічних показників, автоматичного контролю температури та витрат енергії, а також комплексів сортування текстильних відходів для їх подальшої переробки [30, 31]. В таблиці 1.1 зібрано провідні напрями екологізації - застосування технологій, які вже успішно впроваджені на підприємствах легкої промисловості в Україні та світі.

**Таблиця 1.1 - Технології, які вже успішно впроваджені на підприємствах
легкої промисловості в Україні та світі**

Галузь	Технологія	Основні переваги
Текстильна	Фарбування у середовищі надкритичного CO ₂	Відмова від води, зменшення витрат барвників, відсутність забруднених стічних вод
Текстильна	Цифровий друк на тканинах	Зменшення споживання води та барвників, менші енергетичні витрати
Текстильна	Лазерна обробка тканин	Відмова від хлору, мінімізація хімічних реагентів, зменшення утворення стоків
Шкіряна	Замкнуті цикли дублення (Closed-loop tanning)	Повторне використання хрому, зменшення скидів токсичних сполук до стічних вод на 90–95 %
Текстильна та шкіряна	Використання екологічних барвників і реагентів	Зниження токсичності стічних вод, відмова від важких металів, безпечніший процес фарбування

Загалом комплексне впровадження сучасних екологічних технологій сприяє зниженню рівня забруднення атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод, мінімізації утворення твердих відходів, раціональному використанню природних ресурсів і переходу підприємств легкої промисловості до циркулярної моделі виробництва. Це не лише дозволяє забезпечити виконання природоохоронних норм, але й підвищує конкурентоспроможність підприємств, покращує якість продукції та створює умови для їх сталого функціонування у відповідності з європейськими екологічними стандартами.

Такі заходи не лише забезпечують дотримання природоохоронних норм, а й створюють додаткові можливості для підвищення конкурентоспроможності підприємств та їх переходу до сталого, екологічно орієнтованого функціонування [23, 28].

Екологізація виробництва підприємств легкої промисловості є ключовим завданням сучасного етапу розвитку галузі, що зумовлено зростанням антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище, посиленням екологічних вимог та орієнтацією економіки на принципи сталого розвитку. Виробничі процеси легкої промисловості,

зокрема текстильного, швейного та взуттєвого напрямів, супроводжуються значним споживанням водних та енергетичних ресурсів, використанням хімічних речовин, утворенням стічних вод, викидів у атмосферу та твердих відходів, що негативно впливає на стан довкілля.

У зв'язку з цим впровадження екологічно безпечних технологій, модернізація обладнання, застосування ресурсозберігаючих та маловідходних виробничих процесів, а також використання екологічно сертифікованих матеріалів стають необхідними умовами функціонування підприємств легкої промисловості. Важливу роль відіграє також запровадження систем екологічного менеджменту відповідно до міжнародних стандартів, зокрема ISO 14001, що сприяє підвищенню екологічної відповідальності підприємств та їх конкурентоспроможності на ринку [22].

2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна характеристика ТзОВ «Львівський Маяк»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Львівський Маяк» спеціалізується на виробництві верхнього одягу та розташоване у місті Львові за адресою вул. Промислова, 27. Підприємство межує з іншими промисловими об'єктами:

на півдні – з промисловим майданчиком заводу електроосвітлюваної апаратури;

на сході – з промайданчиком трамвайного депо №2;

на заході та півночі – з територією ЛВТВО «Прогрес».

Схематичне розташування ТзОВ «Львівський Маяк» наведено на рисунку 2.1.

Для виготовлення продукції використовуються матеріали верху, прокладні та підкладкові тканини, а також декоративні елементи. Дані щодо проектної потужності та продуктивності технологічного обладнання на підприємстві відсутні.

Згідно з ДСП-173-96, ТзОВ «Львівський Маяк» належить до 5-го класу небезпеки, із нормативною санітарно-захисною зоною (СЗЗ) розміром 50 метрів, що характерно для швейних фабрик [7]. На генеральному плані та ситуаційній схемі розташування підприємства відображено нормативну СЗЗ, яка дотримана: у межах цієї зони житлової забудови немає.

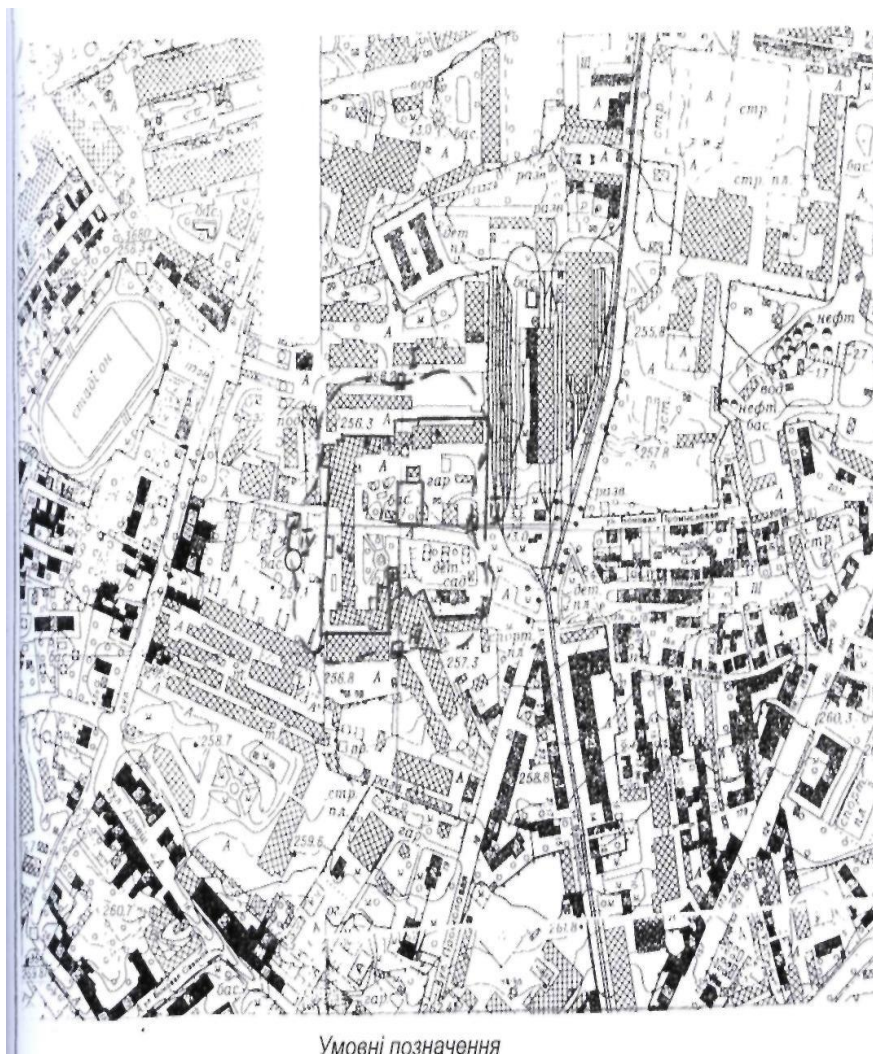


Рис. 2.1 План - схема розташування підприємства

Основне виробництво на ТзОВ «Львівський Маяк» ведеться у пошивних цехах №1 та №2, а також у розкрійно-підготовчому цеху. У розкрійно-підготовчому цеху здійснюється розкрій матеріалів, а в пошивних цехах – зшивання деталей, оздоблення та прасування готових виробів. Структура виробничого процесу представлена на рисунку 2.2.

Джерелами забруднення повітря на підприємстві є швейне обладнання. Основні технологічні процеси, під час яких виділяються забруднюючі речовини, – це розкрій тканин та пошиття одягу. Основним забруднювачем є вовняний пил, який відводиться з приміщень за допомогою систем загальнообмінної вентиляції.



Рис.2.2 Структура виробничого процесу на підприємстві

Для забезпечення виробничих процесів на підприємстві функціонує допоміжне виробництво, до якого входять механічна дільниця та котельня.

На механічній дільниці виконуються зварювальні та газорізальні роботи. У процесі цих робіт у повітря виділяються оксид заліза, марганець та його сполуки, оксид вуглецю та діоксид азоту. Для їх відведення зварювальний пост обладнаний витяжною вентиляційною системою.

Котельня оснащена двома котлами марки «LOOS (UL-S)», які виробляють теплову енергію для технологічних потреб та опалення корпусів №1–4.

Паливна цеху V обладнана двома водогрійними котлами «Radan 100/7» (один робочий, другий – резервний), тепло від яких використовується для опалення цеху. Паливна адміністративного корпусу має два водогрійні котли «Radan 100/6» (один робочий, другий – резервний) для опалення адміністративного корпусу.

Паливом для котлів котельні та паливних служить природний газ. При його спалюванні в атмосферу потрапляють: діоксид азоту, оксид вуглецю, ртуть, діоксид вуглецю, оксид діазоту, метан та неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС).

Характеристика сировини та матеріалів, що використовуються на ТзОВ «Львівський Маяк», наведена у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристика сировини та матеріалів ТзОВ «Львівський Маяк»

№ з/п	Сировина, допоміжні матеріали	Призначення	Умови зберігання	Річне використання	Наявність документації, що регламентує вимоги санітарного законодавства
1	Електроди	Зварювання	На складі	50 кг/рік	Сертифікат якості
2	Матеріали верху	Пошиття одягу	На складі	996 тис. м ²	Висновок ДСЄЕ
3	Матеріали підкладки	Пошиття одягу	На складі	623 тис. м ²	Висновок ДСЄЕ
4	Оздоба	Пошиття одягу	На складі	18,4 тис. м ²	Висновок ДСЄЕ
5	Прокладні матеріали	Пошиття одягу	На складі	545 тис. м ²	Висновок ДСЄЕ

На генеральному плані виробничого майданчика (рисунок .3) відображено: межі підприємства, виробничі будівлі та споруди, межу нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ), координатну сітку та джерела викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

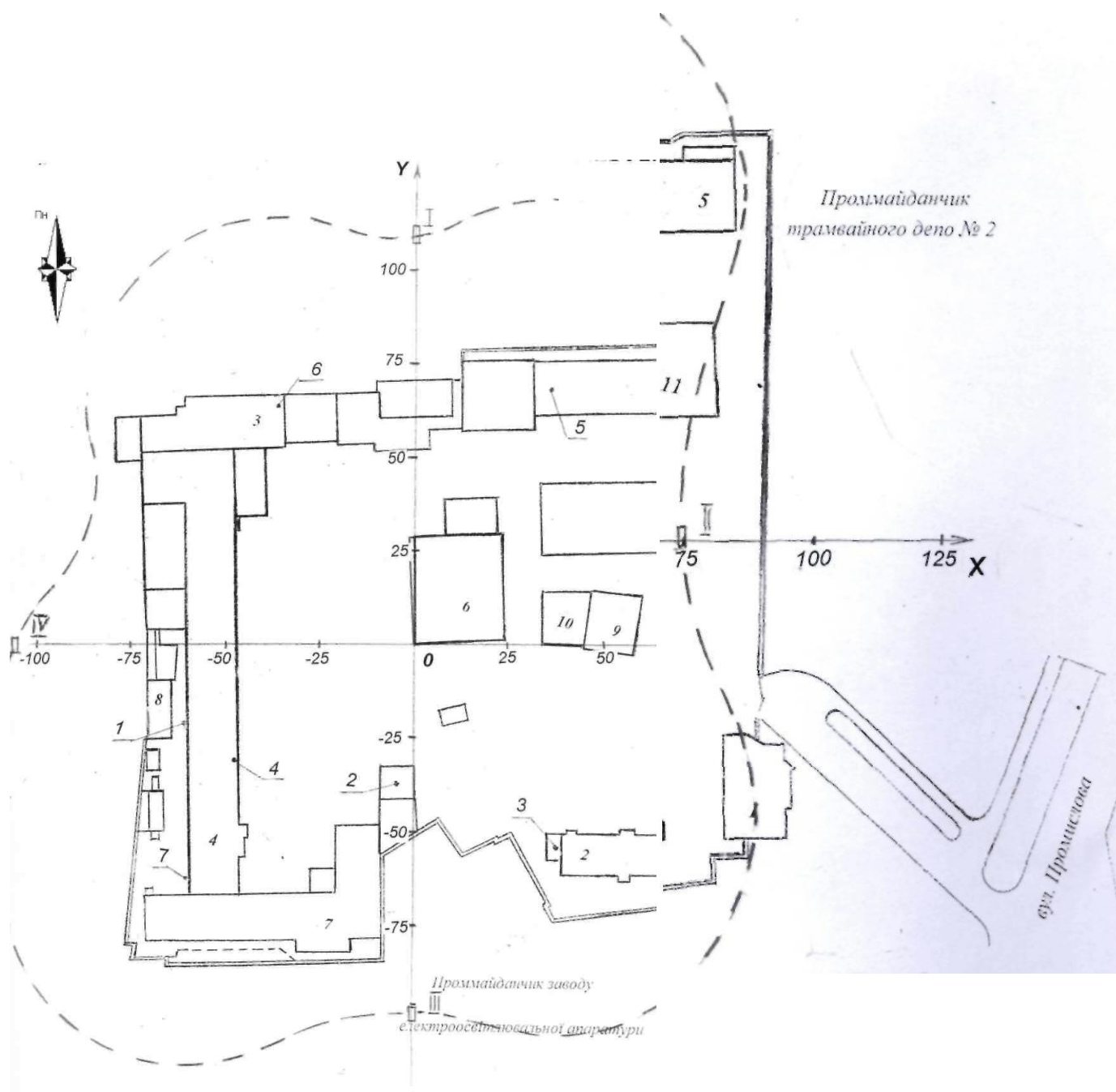


Рисунок 2.3. Генплан виробничого майданчика ТЗОВ «Львівський Маяк» (1 – прохідна, 2 – адміністративний корпус, 3 – корпус №1, 4 – корпус №2, 5 – корпус №3, 6 – корпус №4, 7 – корпус №5, 8 – котельня, 9 – будівельний цех, 10 – транспортний цех, 11 – ангар)

2.2 Методи дослідження

Інвентаризація проводилася при нормальному експлуатаційному режимі роботи технологічного обладнання відповідно до рекомендацій та з використанням загальноприйнятих методик і матеріалів [4, 6, 9-13, 15, 19, 24, 26, 27].

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від окремих джерел

Розрахунок річного валового викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря (т/рік) проведено згідно з методикою, наведеною в [15].

На котельні встановлено два парові котли та один водогрійний котел, які враховувалися при визначенні обсягів викидів.

Розрахунок теплової потужності для парового котла в МВт виконується за формулою:

$$Q = D_o \cdot 1/w, \text{МВт}, \quad (2.1)$$

Де D_o - паропродуктивність котла, т/год;

w - відношення паропродуктивності до теплової потужності котла, т/(год-МВт).

Масова нижча теплота згорання, МДж/кг:

$$Q_{i\text{r}} = Q_{iv}^{\text{daf}} p_n \quad (2.2)$$

Масова витрата природного газу, т/рік:/

$$B = B_v p_n \quad (2.3)$$

Викид **оксидів нітрогену** розраховували за формулою, т/рік:

$$E_{\text{NOx}} = K_{\text{NOx}} * B * Q_p * 10^{-6} \quad (2.4),$$

де Q_p - нижча теплота згорання палива, МДж/м³ (33,5 МДж/м³)

K_{NOx} - показник емісії оксидів азоту, г/ГДж ;

B - витрата палива, тис.м³/рік/

$$K_{\text{NOx}} = (K_{\text{NOx}})_o * (Q_f/Q_n)(1 - \eta_1)(1 - \eta_2\beta), \quad (2.5)$$

Де $(K_{\text{NOx}})_o$ - показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/Гдж, $(K_{\text{мох}})_o = 100$ г/ГДж (Таблиця Д.5, дод.Д);

f_n - ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні; $f_n = (Q_f/Q_n)^z$;

η_1 - ефективність первинних заходів скорочення викиду;

η_2 - ефективність вторинних заходів скорочення викиду;

β - ефективність роботи азотоочисної установки;

Q_f - фактична теплопродуктивність котла, Гкал/год (кВт);

Q_n - номінальна теплопродуктивність котла, Гкал/год (кВт);

Z - емпіричний коефіцієнт, який залежить від енергетичної установки, її потужності, типу палива тощо.

Валовий викид **оксиду карбону**, т, визначається за формулою:

$$E_{CO} = K_{CO} * B * Q_p * 10^{-6}, \quad (2.6)$$

де K_{CO} - показник емісії вуглецю окису, г/ГДж.

Показник емісії оксиду вуглецю визначаємо

$$K_{CO} = (K_{CO})_0 * (1 - q_4/100), \quad (2.7)$$

Де q_4 - втрати тепла через механічний недопал, 0,5%.

Викиди **ртуті** розраховували за формулою:

$$E_{Hg} = K_{Hg} * B * Q_r * 10^{-6} \quad (2.8)$$

Де K_{Hg} - показник емісії ртуті

За даними [7] $K_{Hg} = 0,0001$ г/ГДж.

Валовий викид **діоксиду вуглецю**, т, визначається за формулою:

$$E_{CO_2} = K_{CO_2} * B * Q_p * 10^{-6}, \quad (2.9)$$

Де K_{CO_2} - показник емісії діоксиду вуглецю.

Викид **оксиду дінітрогену** розраховували за формулою, т/рік:

$$E_{N_2O} = K_{N_2O} * B * Q_p * 10^{-6} \quad (2.10),$$

Де K_{N_2O} - показник емісії оксиду діазоту, що становить 0,1 г/ГДж.

Викид **метану** розраховували за формулою, т/рік:

$$E_{CH_4} = K_{CH_4} * B * Q_p * 10^{-6} \quad (2.11),$$

Де K_{CH_4} - показник емісії метану, що становить 1 г/ГДж.

Викид **НМЛОС** розраховували за формулою, т/рік:

$$E_{\text{НМЛОС}} = K_{\text{НМЛОС}} * B * Q_p * 10^{-6} \quad (2.11),$$

де $K_{\text{НМЛОС}}$ – показник емісії НМЛОС, що становить 5 г/ГДж.

Розрахунок теплової потужності для водогрійного котла в МВт виконується за формулою:

$$Q = 1,163N, \text{МВт}, \quad (2.12)$$

Де N – теплова продуктивність котла, Гкал/год;

Масова нижча теплота згорання, МДж/кг:

$$Q_{i^r} = Q_{iv}^{daf} p_n \quad (2.13)$$

Масова витрата природного газу, т/рік:/

$$B = B_v p_n \quad (2.14)$$

На зварювальному посту проводяться зварювальні роботи електродами АНО- та ремонтні роботи, пов'язані з розрізанням металевих листів товщиною 5 мм (розрізали 300 м. п/рік).

Розрахунок викидів забруднюючих речовин, що виділяються під час зварювання, виконаний згідно показників емісії забруднюючих речовин [17,31,37] т/рік:

$$M_i = B_{\text{рік}} K_{\text{пит}} / 10^6, \quad (2.15)$$

де: $B_{\text{рік}}$ - витрата електродів, кг/рік;

$K_{\text{пит}}$ - показники емісії, г/кг

Викид в г/с визначений з розрахунку, що за 1 год використовують 1,0 кг електродів. Розрахунок викидів забруднюючих речовин, що виділяються під час газового різання, виконаний згідно показників емісії забруднюючих речовин, г/с:

$$M_i = u \cdot K_{\text{пит}}, \quad (2.16)$$

де: u - швидкість різання, м.п /с, (0,1 м ріжуть за 100 с, $V = 0,001$ м. п/с);

$K_{\text{пит}}$ - показники емісії, г/м.п.

Викид в т/рік визначений за формулою:

$$M_i = u K_{\text{пит}} 0,0036 \cdot T,$$

де: T - час виконання газорізальних робіт, (83,3 год/рік).

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі проводився з використанням програми ЕОЛ ПЛЮС, версія 5.23. Моделювання виконувалося на розрахунковому майданчику розміром 1000×1000 м з кроком сітки 25×25 м та центром у точці 0×0 , а також у розрахункових точках на межі нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ).

У програму були введені всі відомі забруднювальні речовини, а розрахунок здійснювався з урахуванням фонових забруднень. Для моделювання використовувалися геодезичні координати об'єкта, виробництва та технологічного обладнання. Геодезичні координати географічного центру об'єкта визначені відповідно до Інструкції щодо порядку визначення геодезичних координат джерел викидів забруднюючих речовин при проведенні державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря [19].

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин ТЗОВ «Львівський Маяк»

Підприємства легкої промисловості, які спеціалізуються на виробництві верхнього одягу, займають важливе місце у промисловому секторі, забезпечуючи ринок готовими виробами та створюючи значну кількість робочих місць. Такі підприємства зазвичай мають комплекс виробничих цехів, включаючи розкрійні, пошивні та допоміжні відділення, де використовується широкий спектр текстильних та оздоблювальних матеріалів. Основними екологічними проблемами цього профілю виробництв є утворення пилу тканинного походження, викиди від допоміжного обладнання та споживання енергії для опалення й технологічних потреб. Екологізація таких підприємств стає ключовим завданням для зменшення негативного впливу на довкілля та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

ТЗОВ «Львівський Маяк» спеціалізується на виробництві верхнього одягу. Основною сировиною для пошиття є матеріали верху, прокладні та підкладні матеріали, а також різноманітні оздоблювальні елементи.

Виробничий процес зосереджений у кількох основних цехах: розкрійно-підготовчому та пошивних цехах №1 та №2. У розкрійно-підготовчому цеху здійснюється розкрій матеріалів, а в пошивних – зшивання деталей, оздоблювання та прасування готових виробів.

Основними джерелами утворення забруднюючих речовин на підприємстві є швейне обладнання, що задіяне у технологічних процесах розкрою та пошиття одягу. При цьому найбільш поширеним забруднювачем повітря є пил вовняний, який виділяється під час обробки тканин. Для підтримки належного санітарного стану та безпеки праці забруднене повітря відводиться за допомогою систем загальнообмінної вентиляції.

Для забезпечення роботи основного виробництва на підприємстві організовано допоміжні підрозділи: механічну дільницю та котельню.

На механічній дільниці проводяться зварювальні та газорізальні роботи. Під час цих операцій у повітря потрапляють оксид заліза, сполуки марганцю, оксид карбону та діоксид нітрогену. Для мінімізації викидів зварювальні пости обладнані витяжними вентиляційними системами.

Котельня підприємства оснащена двома котлами типу «LOOS (UL-S)», які виробляють теплову енергію для технологічних потреб та опалення виробничих корпусів №1–4. Додатково паливні відділення V цеху та адміністративного корпусу обладнані водогрійними котлами «Radan» відповідно моделей 100/7 та 100/6, один з яких є робочим, другий – резервним. Паливом для котлів служить природний газ, при спалюванні якого в атмосферу виділяються такі забруднюючі речовини, як діоксид азоту, оксид та діоксид вуглецю, ртуть, оксид діазоту, метан та неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС).

Кількісні та якісні характеристики джерел утворення забруднюючих речовин на ТзОВ «Львівський Маяк» визначені на основі прямих інструментальних замірів та наведені в таблиці 3.1. Інформація про проектні значення концентрацій забруднюючих речовин або дані технологічного регламенту на підприємстві відсутні, що підкреслює актуальність проведення систематичного моніторингу атмосферного повітря на робочих ділянках.

Таблиця 3.1 - Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин в атмосферне повітря(окремих типів обладнання і споруд та надходять до джерела викиду в атмосферне повітря) ТзОВ «Львівський Маяк»

№ джерела викиду	Джерела утворення	Місце відбору проб	Діаметр газоходу, м	Витрата, м³/с	Швидкість, м/с	Температура, °С	Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Макс. масова концентрація, мг/м³
1	Котел	1	0,63	7,62	1,49	157	337	CO	10,8
							11812	CO ₂	7000
							410	CH ₄	12000
							183	Hg	1,83
							301	NO ₂	39,4
2	Котел	2	0,20	1,46	0,031	115	337	CO	49,5
							301	NO ₂	101
3	Котел	3	0,20	1,21	0,027	111	337	CO	42,8
							301	NO ₂	86,7
4	Швейні машинки	4	0,50	12,75	2,5	21	2920	Пил вовняний	1,85
5	Розкрійні столи	5	0,45	24,47	3,89	21	2920	Пил вовняний	2,34
6	Швейні машинки	6	0,40	8,96	1,13	21	2920	Пил вовняний	2,11
7	Зварювальний пост	7	0,31	14,27	1,01	21	337	CO	1,53
							123	Fe	4,04
							143	Mn	0,55
							301	NO ₂	1,26

3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк»

Підприємства швейної промисловості, подібні до ТзОВ «Львівський Маяк», зазвичай мають декілька стаціонарних джерел викидів, пов'язаних з опаленням, технологічними процесами та допоміжними виробництвами. Основними забруднюючими речовинами є пил, газ, оксиди металів та продукти спалювання палива.

ТзОВ «Львівський Маяк» спеціалізується на пошитті верхнього одягу та включає як основне виробництво, так і допоміжні підрозділи. Підприємство функціонує на основі сучасних швейних технологій та обладнання, що дозволяє забезпечувати випуск продукції високої якості. Як і більшість підприємств швейного профілю, ТзОВ «Львівський Маяк» має декілька джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу, пов'язаних із опаленням, технологічними процесами, а також допоміжними виробництвами, такими як зварювальна дільниця. Основними забруднюючими речовинами є пил, оксиди металів, продукти спалювання палива, а також неметанові леткі органічні сполуки.

На виробничому майданчику підприємства встановлено сім стаціонарних організованих джерел викидів. Першим джерелом є котельня, обладнана двома котлами типу «LOOS (UL-S)», які виробляють теплову енергію для технологічних потреб та опалення корпусів №1, 2, 3 і 4. Паливом котлів є природний газ. Під час його спалювання в атмосферу виділяються оксид карбону (CO), діоксид карбону (CO₂), метан (CH₄), ртуть, діоксид нітрогену (NO₂), оксид діазоту (N₂O) та неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС). Для котельні характерні високі температури газопилового потоку та значна швидкість викиду, що визначає потенційний вплив на навколишнє середовище.

Друге джерело – паливна V цеху, обладнана двома водогрійними котлами «Radan 100/7». Один котел працює постійно, другий – резервний. Вироблена теплова енергія використовується на опалення V цеху. Склад викидів аналогічний котельні: оксид карбону, діоксид карбону, метан, ртуть, оксиди нітрогену та НМЛОС. Третє джерело – паливна адміністративного корпусу з двома котлами «Radan 100/6», які забезпечують опалення адміністративного корпусу. Викиди цього джерела аналогічні попереднім і залежать від інтенсивності роботи котлів та споживання природного газу.

Четверте, п'яте та шосте джерела викидів зосереджені в основних виробничих корпусах: корпус №2, цех №2; корпус №3, розкрійно-підготовчий цех; корпус №1, цех №1. У цих цехах відбуваються основні технологічні процеси пошиття одягу – розкрій тканини, пошиття виробів та оздоблення. Джерелами забруднення повітря є швейне обладнання: швейні машинки, розкрійні столи та інші механізми. Основною забруднюючою речовиною є пил вовняний та пуховий, який утворюється під час обробки тканин. Повітря, забруднене пилом, відводиться за допомогою систем загальнообмінної вентиляції. Концентрації пилу, залежно від місця відбору проб, можуть коливатися від 1,85 до 2,34 мг/м³.

Сьоме джерело викидів – зварювальна дільниця у корпусі №5. На дільниці виконуються зварювальні та газорізальні роботи. У процесі роботи у повітря виділяються оксид заліза, марганець та його сполуки, оксид карбону, діоксид нітрогену та інші метали у вигляді аерозолів. Для зменшення впливу на персонал та навколишнє середовище зварювальний пост обладнано витяжною вентиляційною системою. Максимальні масові концентрації забруднюючих речовин варіюються від 0,55 до 4,04 мг/м³ для оксидів металів і до 1,53 мг/м³ для оксиду карбону.

На підприємстві відсутні неорганізовані та залпові викиди, а установки для очистки газів перед їх викидом в атмосферу не

застосовуються. Усі джерела викидів відображені на генеральному плані підприємства. Характеристика джерел викидів та їх параметрів, включаючи витрату газопилового потоку, швидкість, температуру та максимальні концентрації забруднюючих речовин, наведена в таблиці 3.2.

Таким чином, ТзОВ «Львівський Маяк» має структуровану систему джерел викидів, де кожне джерело чітко визначене і організоване, що дозволяє проводити контроль за забрудненням атмосферного повітря та планувати заходи щодо зменшення його негативного впливу на довкілля..

Параметри джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, їх проектна потужність, а також усі якісні та кількісні характеристики були визначені на основі прямого інструментального контролю або розрахунковим методом з урахуванням номінального завантаження технологічного обладнання підприємства.

Характеристика викидів наведена за річний період з урахуванням реальних умов експлуатації.

На підприємстві відсутні джерела викидів, що об'єднують забруднюючі речовини від кількох джерел.

Таблиця 3.2- Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємства

№	Джерело	Висота м	Діаметр м	Потік м³/с	Темп. °С	Речовина	Конц. мг/м³	Викид г/с	Викид т/рік
1	Котлоагрегат <50 МВт	30	0,63	1,49	157	СО	10,76	0,015	2,76
						СО ₂	-	-	643,4
						NO ₂	39,39	0,055	0,944
2	Інше стац. обладнання	13,5	0,2	0,031	115	СО	49,5	0,0013	0,283
						СО ₂	-	-	66,01
						NO ₂	100,95	0,0026	0,080
3	Інше стац. обладнання	13,5	0,2	0,027	111	СО	42,75	0,00093	0,204
						СО ₂	-	-	47,46
						NO ₂	86,67	0,0019	0,057
4	Легка промисловість	12,5	0,5	2,5	21	Пил	1,85	0,0046	0,033
5	Легка промисловість	16	0,45	3,89	21	Пил	2,34	0,0091	0,065
6	Легка промисловість	16	0,4	1,13	21	Пил	2,11	0,0024	0,017
7	Зварювання металів	14	0,31	1,01	21	СО	1,53	0,0015	0,00045
						Метали	4,59	0,00465	0,00152
						NO ₂	1,26	0,0013	0,00035

3.3 Розрахунки викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» від окремих джерел

Розрахунки проведені на основі загально прийнятих методик.

Джерело викидів №1 (Д1, котли «LOOS (UL-S)»)

Розрахунок річного валового викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря в т/рік проведений згідно методики, наведеної в [10].

В котельні встановлено два парових котли «LOOS (UL-S)». Паропроодуктивність котла «LOOS (UL-S)» становить 1,25т/год.

За 2009 рік використали 331099 нм³ природного газу.

Розрахунок теплової потужності для парового котла в МВт становить:

$$Q_H = 1,25 \times 1 / 1,5 = 0,833 \text{ МВт},$$

Масова нижча теплота згорання, МДж/кг:

$$Q_{i^r} = 33,52 / 0,723 = 46,36 \text{ МДж/кг}.$$

Масова витрата природного газу, т/рік:/

$$B = 331099 / 1000 \cdot 0,723 = 239,385 \text{ т/рік}$$

Викид оксидів нітрогену коли показник емісії оксидів азоту є

$$K_{NOx} = 85(0,833/0,833)^{1,25} = 85 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{NOx} = 10^{-6} \cdot 85 \cdot 46,36 \cdot 239,385 = 0,943 \text{ т/рік}$

Викид оксидів карбону коли показник емісії є

$$K_{CO} = 250 \cdot (1 - 0,5/100) = 248,75 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{CO} = 10^{-6} \cdot 248,75 \cdot 46,36 \cdot 239,385 = 2,761 \text{ т/рік}.$

Викиди ртуті коли показник емісії ртуті є $K_{Hg} = 0,0001 \text{ г/ГДж}$

становить таке число $E_{Hg} = 10^{-6} \cdot 0,0001 \cdot 46,36 \cdot 239,385 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ т/рік}.$

Викид діоксиду карбону коли показник емісії є

$$K_{CO_2} = 44/12 \cdot 73,67/100 \cdot 10^6 / 46,36 \cdot 0,995 = 57975 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 57975 \cdot 46,36 \cdot 239,385 = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ т/рік}$

Викид оксиду динітрогену коли показнику емісії $\epsilon_{\text{N}_2\text{O}} = 0,1$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} * 0,1 * 46,36 * 239,385 = 0,0011$ т/рік.

Викид метану коли показник емісії $\epsilon_{\text{CH}_4} = 1$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} * 1 * 46,36 * 239,385 = 0,011$ т/рік.

Викид НМЛОС коли показнику емісії $\epsilon_{\text{НМЛОС}} = 5$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} * 5 * 46,36 * 239,385 = 0,055$ т/рік.

Розрахунок секундного викиду виконано за максимальною витратою палива двома котлами, яка становить $178 \text{ нм}^3/\text{год}$.

Масова витрата природного газу становить

$$B = 178 \cdot 1000 / 3600 \cdot 0,723 = 36,0 \text{ г/с.}$$

Секундні викиди оксидів нітрогену коли показник емісії оксидів нітрогену $\epsilon_{\text{NO}_x} = 85(0,833/0,833)^{1,25} = 85$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} * 85 * 46,36 * 36,0 = 0,142$ г/с.

Викид оксидів карбону коли показник емісії $\epsilon_{\text{CO}} = 250 \cdot (1 - 0,5/100) = 248,75$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{CO}} = 10^{-6} * 248,75 * 46,36 * 36,0 = 0,415$ г/с.

Джерело викидів №2 (паливна V корпусу)

Розрахунок річного валового викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря в т/рік проведений згідно методики, наведеної в [10].

В котельні встановлено два водогрійних котли «Radan 100/7». Паропроодуктивність котла «Radan 100/7», один робочий, другий резервний.

За 2024 рік використали 33969 нм^3 природного газу. Теплопродуктивність котла, згідно технічних характеристик, становить $0,077$ Ггал/год. Потужність теплового котла становить $0,09$ МВт.

Масова нижча теплота згорання становить $Q_{\text{г}} = 33,52/0,723 = 46,36$ МДж/кг.

Масова витрата природного газу становить $B = 33969/1000 * 0,723 = 24,560$ т/рік.

Викид оксидів карбону коли показник емісії $\epsilon K_{\text{NO}_x} = 70(0,09/0,09)^{1,25} = 70$ г/ГДж

становить таке число $E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} * 70 * 46,36 * 24,560 = 0,080$ т/рік.

Викид оксидів карбону коли показник емісії $K_{\text{CO}} = 250 * (1 - 0,5/100) = 248,75$ г/ГДж

становить таке число $E_{\text{CO}} = 10^{-6} * 248,75 * 46,36 * 24,560 = 0,283$ т/рік.

Викиди ртуті коли показник емісії ртуті $\epsilon K_{\text{Hg}} = 0,0001$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{Hg}} = 10^{-6} * 0,0001 * 46,36 * 24,560 = 1,14 \cdot 10^{-7}$ т/рік.

Викид діоксиду карбону коли показник емісії $K_{\text{CO}_2} = 44/12 \cdot 73,67/100 * 10^6 / 46,36 * 0,995 = 57975$ г/ГДж

становить таке число $E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} * 57975 * 46,36 * 24,560 = 66,010$ т/рік

Викид оксиду дінітрогену коли показник емісії $\epsilon K_{\text{N}_2\text{O}} = 0,1$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} * 0,1 * 46,36 * 24,560 = 0,00011$ т/рік.

Викид метану коли показник емісії $\epsilon K_{\text{CH}_4} = 1$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} * 1 * 46,36 * 24,560 = 0,0011$ т/рік.

Викид НМЛОС коли показник емісії $\epsilon K_{\text{НМЛОС}} = 5$ г/ГДж становить таке число $E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} * 5 * 46,36 * 24,560 = 0,057$ т/рік.

Розрахунок секундного викиду виконано за максимальною витратою палива двома котлами, яка становить $10,21 \text{ м}^3/\text{год}$.

Масова витрата природного газу $\epsilon V = 10,21 \cdot 1000 / 3600 \cdot 0,723 = 2,05$ г/с.

Викиди оксидів нітрогену коли показник емісії оксидів азоту ϵ

$$K_{\text{NO}_x} = 70(0,09/0,09)^{1,25} = 70 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} * 70 * 46,36 * 2,05 = 0,0067$ г/с.

Викид оксидів карбону коли показник емісії ϵ

$$K_{\text{CO}} = 250 \cdot (1 - 0,5/100) = 248,75 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{\text{CO}} = 10^{-6} * 248,75 * 46,36 * 2,05 = 0,024$ г/с.

Джерело викидів №3 (паливна адміністративного корпусу)

Розрахунок річного обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, вираженого в тоннах на рік, проведено відповідно до загальноприйнятої методики, зазначеної в [10].

У котельні встановлено два водогрійні котли «Radan 100/6», один із яких працює, а другий призначений для резерву. Протягом 2018 року було використано 24423 нормальних кубічних метри природного газу. Згідно з технічними характеристиками, теплопродуктивність котла становить 0,075 гігакалорій на годину, а його теплова потужність дорівнює 0,09 мегават.

Масова нижча теплота згорання згідно розрахунків $Q_i^r = 33,52/0,723 = 46,36$ МДж/кг.

Масова витрата природного газу має наступні значення

$$B = 24423/1000 \cdot 0,723 = 17,658 \text{ т/рік.}$$

Викид оксидів нітрогену при показнику емісії має такі значення

$$K_{NOx} = 70 \cdot (0,09/0,09)^{1,25} = 70 \text{ г/ГДж}$$

Показник становить $E_{NOx} = 10^{-6} \cdot 70 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 0,057$ т/рік.

Викид оксидів карбону тоді як показник емісії є

$$K_{CO} = 250 \cdot (1 - 0,5/100) = 248,75 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{CO} = 10^{-6} \cdot 248,75 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 0,204$ т/рік.

Викиди ртуті коли показник емісії ртуті є

$K_{Hg} = 0,0001 \text{ г/ГДж}$ становить таке число $E_{Hg} = 10^{-6} \cdot 0,0001 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 8,19 \cdot 10^{-8}$ т/рік.

Викид діоксиду карбону коли показник емісії є

$$K_{CO_2} = 44/12 \cdot 73,67/100 \cdot 10^6 / 46,36 \cdot 0,995 = 57975 \text{ г/ГДж}$$

становить такий показник $E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot 57975 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 47,460$ т/рік

Викид оксиду динітрогену коли показник емісії є $K_{N_2O} = 0,1 \text{ г/ГДж}$

становить таке число $E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 0,000082$ т/рік.

Викид метану коли показник емісії є $K_{CH_4} = 1 \text{ г/ГДж}$ становить таке

число $E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 0,00082$ т/рік.

Викид НМЛОС при показнику емісії $K_{\text{НМЛОС}} = 5$ г/ГДж становить $E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \cdot 5 \cdot 46,36 \cdot 17,658 = 0,041$ т/рік.

Розрахунок секундного викиду виконано відповідно максимальної витрати палива двома котлами - $9,97$ нм³/год.

Масова витрата природного газу становить такий показник

$$V = 9,97 \cdot 1000 / 3600 \cdot 0,723 = 2,00 \text{ г/с.}$$

Викиди оксидів нітрогену коли показник емісії оксидів азоту є

$$K_{\text{NOx}} = 70(0,09/0,09)^{1,25} = 70 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{\text{NOx}} = 10^{-6} \cdot 70 \cdot 46,36 \cdot 2,00 = 0,0065$ г/с.

Викид оксидів карбону коли показник емісії є

$$K_{\text{CO}} = 250 \cdot (1 - 0,5/100) = 248,75 \text{ г/ГДж}$$

становить таке число $E_{\text{CO}} = 10^{-6} \cdot 248,75 \cdot 46,36 \cdot 2,00 = 0,023$ г/с.

Джерело викидів №7 (зварювальний пост)

На зварювальному посту виконуються роботи зі зварювання електродами АНО-6 (загальне використання — п'ятдесят кілограмів на рік) та ремонтні операції, що включають розрізання металевих листів товщиною п'ять міліметрів (загальна довжина розрізаних листів — триста метрів на рік).

Розрахунок викидів забруднюючих речовин під час зварювальних робіт на підприємстві проведено відповідно до встановлених показників емісії. Під час зварювальних робіт електродами АНО-6 показники емісії викидів: оксид заліза — $14,35$ г/с, сполуки марганцю — $1,95$ г/с.

При газовому різанні металевих листів товщиною 5 мм показники емісії викидів складають: оксид заліза — $2,18$ г/с, сполуки марганцю — $0,07$ г/с, діоксид нітрогену — $1,18$ г/с, оксид карбону — $1,50$ г/с.

Викиди в г/с розраховані виходячи з того, що за одну годину витрачається $1,0$ кг електродів. Викиди забруднюючих речовин під час газового різання визначені з урахуванням показників емісії та швидкості

різання (0,1 м за 100 с, $V = 0,001$ м/с). Результати розрахунків викидів від зварювального обладнання наведені у таблицях 3.3 і 3.4.

Таблиця 3.3- Валові викиди забруднюючих речовин від зварювального посту

Найменування забруднюючої речовини	АНО-6	Газове різання	Загальний викид, т/рік
	Викиди, т/рік		
Заліза оксид	0,00072	0,00065	0,00137
Марганець та його сполуки	0,000098	0,000021	0,000119
Нітрогену діоксид	—	0,00035	0,00035
Карбону оксид	—	0,00045	0,00045

У таблиці 3.3 наведено обсяги основних забруднюючих речовин, що викидаються підприємством, викиди яких підлягають зовнішньому регулюванню та обліку державними органами. Також представлені обсяги небезпечних забруднюючих речовин від ТзОВ «Маяк», за якими здійснюється державний облік, а також перелік інших речовин і їх кількість, що викидаються стаціонарними джерелами підприємства в атмосферне повітря.

Таблиця 3.4 - Викиди забруднюючих речовин від зварювального посту

Найменування ЗР	АНО-6	Газове різання	Визначений викид, т/рік
	Викиди, т/рік		
Заліза оксид	0,0040	0,0022	0,0040
Марганець та його сполуки	0,00054	0,00007	0,00054
Нітрогену діоксид	—	0,0012	0,0012
Карбону оксид	—	0,0015	0,0015

Таким чином, стаціонарні джерела підприємства викидають у атмосферне повітря:

Найбільш поширені забруднюючі речовини: карбону оксид, діоксид нітрогену, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил вовняний);

Небезпечні забруднюючі речовини: залізо та його сполуки (в розрахунку на залізо), марганець та його сполуки (в розрахунку на марганець), ртуть та її сполуки (в розрахунку на ртуть), неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), що утворюються при спалюванні природного газу в котлах;

Інші забруднюючі речовини: карбону діоксид, метан, нітрогену (I) оксид.

Забруднюючі речовини, для яких не встановлені ГДК (ОБРВ) в атмосферному повітрі населених пунктів: карбону діоксид, нітрогену (I) оксид, неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), що утворюються при спалюванні природного газу в котлах. Забруднювальні речовини, для яких на сьогодні не встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) або орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) в атмосферному повітрі населених пунктів, включають низку компонентів, що утворюються в процесі спалювання природного газу у котельному обладнанні. До цієї групи належать:

Діоксид карбону (CO_2) — кінцевий продукт повного окиснення вуглецевмісного палива. Хоча CO_2 не класифікується як токсичний компонент для концентрацій, характерних для атмосферного повітря, він є ключовим парниковим газом і бере участь у формуванні глобальних кліматичних змін. Відсутність встановлених ГДК зумовлена його низькою токсикологічною активністю та природною присутністю у значних кількостях у повітрі.

Оксид нітрогену (I) (N_2O) — газ, що утворюється в умовах високотемпературного спалювання, зокрема під час роботи котлів на природному газі. N_2O має виражений природоохоронний аспект, оскільки є

потужним парниковим газом із значним потенціалом глобального потепління. Незважаючи на це, нормативні ГДК/ОБРВ у повітрі населених пунктів не встановлені через його порівняно низьку токсичність для людини при фоновому рівнях.

Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) — сукупність органічних речовин, що включає широкий спектр вуглеводнів і кисневмісних органічних сполук, за винятком метану. НМЛОС формуються в результаті неповного згоряння природного газу та беруть участь у фотохімічних реакціях у тропосфері, сприяючи утворенню приземного озону. Через їх неоднорідний хімічний склад та значну кількість індивідуальних компонентів встановлення уніфікованих ГДК для всієї групи є методологічно складним, тому такі нормативи в Україні для атмосфери населених пунктів не визначені.

Перелік видів та обсягів забруднювальних речовин, що надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел підприємства, узагальнено у таблиці 3.5. Аналіз наведених даних свідчить, що фактичні маси викидів оксиду карбону (CO) та діоксиду нітрогену (NO₂) перевищують встановлені порогові значення, визначені нормативами для об'єктів, які підлягають державному обліку викидів забруднювальних речовин. Таке перевищення є доказовою підставою для включення підприємства до державного статистичного обліку викидів та підтверджує необхідність здійснення контролю за масштабами його впливу на атмосферне середовище.

Таким чином, проведений підсумковий аналіз викидів забруднюючих речовин дозволяє чітко визначити основні джерела забруднення та обсяги викидів, що підлягають державному обліку і контролю, та слугує основою для планування заходів щодо їхнього зменшення.

Таблиця 3.5 - Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин від підприємства

Номер п/п	Код	Найменування забруднюючої речовини	Фактичний обсяг, т/рік	Потенційний обсяг, т/рік	Порогові значення, т/рік
Найбільш поширені забруднюючі речовини					
1	6000/337	Карбону оксид	3,248	3,248	1,5
2	3000/2920	Пил хутряний (вовняний, пуховий)	0,115	0,115	3
3	4001/301	Діоксид нітроген (NO ₂)	1,081	1,081	1
Небезпечні забруднюючі речовини					
1	1003/123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	0,0014	0,0014	0,1
2	1007/183	Ртуть та її сполуки (у перерахунку на ртуть)	0,0000013	0,0000013	0,0003
3	1104/143	Марганець та його сполуки (у перерахунку на марганець)	0,00012	0,00012	0,005
Інші забруднюючі речовини					
1	7000/11812	Карбону діоксид	756,87	756,87	500
2	12000/410	Метан	0,0129	0,0129	10
3	4002/11815	Нітрогену(I) оксид (N ₂ O)	0,00129	0,00129	0,1
НМЛОС (неметанові леткі органічні сполуки)					
1	11000/11830	НМЛОС (котельня)	0,0648	0,0648	1,5
Всього			761,394	761,394	—

3.4 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» на стан забруднення атмосфери

Оцінювання просторового розподілу концентрацій забруднювальних речовин, що надходять в атмосферу від ТзОВ «Львівський Маяк», здійснювали за допомогою програмного комплексу ЕОЛ ПЛЮС, версія 5.23. Моделювання проводили в межах розрахункової області розміром 1000×1000 м із просторовою дискретизацією 25×25 м та центром координат 0×0 . Додатково виконано розрахунки концентрацій у контрольних точках, розташованих на межах нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ).

У програмне середовище були внесені всі інгредієнти, що викидаються стаціонарними джерелами підприємства. Моделювання проводилося з урахуванням фонових рівнів забруднення, геодезичних координат джерел викидів, а також метеорологічних параметрів та коефіцієнтів турбулентного перемішування, які визначають умови розсіювання домішок у атмосферному повітрі. Використані вихідні дані наведені в таблицях 3.6, 3.7, 3.8.

Отримані результати дозволяють оцінити інтенсивність та просторову структуру антропогенного навантаження підприємства на атмосферне середовище.

Таблиця 3.6 - Нормативи якості атмосферного повітря та характеристики забруднюючих речовин в атмосферному повітрі району розташування підприємства

№ з/п	Код	Забруднююча речовина	ГДК, мг/м³	ОБРВ, мг/м³	Фонова концентрація, мг/м³	Середньорічна, мг/м³	Максимальна разова, мг/м³
1	1003	Залізо та його сполуки (у перерахунку на Fe)	0,04	—	0,010	0,012	0,020
2	1104	Манган та його сполуки	0,01	—	0,003	0,004	0,008
3	1007	Ртуть та її сполуки	0,0003	—	0,00005	0,00008	0,0002
4	4001	Діоксид нітрогену (NO ₂)	0,085	0,06	0,035	0,040	0,100
5	6000	Оксид карбону (CO)	5,0	—	2,0	3,0	7,0
6	12000	Метан	—	50,0	1,5	2,0	3,5
7	3000	Пил органічного походження (вовняний, хутряний)	0,03	0,012	0,005	0,008	0,015

Таблиця 3.7- Геодезичні координати

Об'єкт	Широта (° ' ")	Довгота (° ' ")
ТзОВ «Львівський Маяк»	49° 51' 29"	24° 02' 26"

Таблиця 3.8 - Метеорологічні характеристики і коефіцієнти (м. Львів)

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, 0 С	22,6
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т, 0 С	-4,5
Середньорічна роза вітрів, %	
П	7,1
ПС	5,5
С	9,3
ПдС	20,7
Пд	8,7
ПдЗ	11,5
З	23,1
ПЗ	12,5
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, У*, м/с	12

Результати моделювання розсіювання забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, що утворюються від діяльності ТзОВ «Львівський Маяк», узагальнені в таблиці 3.9. Із переліку заданих інгредієнтів електронно-обчислювальна машина здійснила розрахунки для п'яти речовин: оксиду заліза, сполук марганцю, діоксиду нітрогену, оксиду карбону та пилу хутряного походження.

Аналіз просторового розподілу концентрацій у межах розрахункового полігону, а також у контрольних точках, розташованих по периметру санітарно-захисної зони підприємства, засвідчив повну відсутність перевищень над нормативом максимально разової ГДК (ГДКм.р) для всіх досліджуваних інгредієнтів. Таким чином, у поточних умовах експлуатації підприємство не створює критичних концентрацій домішок у приземному шарі атмосфери.

Максимальна сумарна (з урахуванням фонового забруднення) приземна концентрація визначена для оксиду карбону та становить 0,91 ГДКм.р як на території промислового майданчика, так і в розрахункових точках на межі санітарно-захисної зони. При цьому фоновий внесок становить 0,908 ГДКм.р, тоді як частка викидів від підприємства є мінімальною — 0,002 ГДКм.р у всіх контрольованих точках. Це свідчить про низький вплив локальних викидів підприємства відносно регіонального фону та підтверджує відповідність розрахункових показників вимогам чинних природоохоронних нормативів.

Таблиця 3.9 - Результати розрахунку розсіювання забруднюючих речовин підприємства

№	Назва речовини	ГДКм.р, мг/м ³	Фон, мг/м ³	Максимальна на проммайданчику: частка ГДК	Вклад підприємства, мг/м ³	ДЗА	Макс. біля житла: частка ГДК	Вклад підприємства, мг/м ³	№ точок	ДЗА
1	Оксид заліза	0,40	0,016	0,10	0,0008	7	0,10	0,0008	1–4	7
2	Марганець	0,01	0,004	0,41	0,0001	7	0,41	0,0001	1–4	7
3	Діоксид нітрогену	0,085	0,060	0,71	0,00034	7	0,71	0,00034	1–4	7
4	Оксид карбону	5,0	4,54	0,91	0,010	7	0,91	0,010	1–4	7
5	Пил хутряний	0,03	0,012	0,45	0,0015	4	0,43	0,0009	1–4	4

3.5. Оцінка відповідності викидів забруднюючих речовин від ТзОВ «Львівський Маяк» до встановлених нормативів

Для визначення нормативів граничнодопустимих викидів (ГДВ) забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ТзОВ «Львівський Маяк» проведено порівняння фактичних викидів із нормативними значеннями, встановленими відповідно до чинного законодавства України. Дані щодо нормативів структуровані за технологічними та виробничими процесами, а також за видом технологічного устаткування, що використовується на підприємстві, і наведені у таблиці 3.10.

Результати порівняльного аналізу свідчать, що фактичні викиди забруднюючих речовин від різних технологічних процесів не перевищують встановлені нормативи, затверджені на підприємстві, що підтверджує відповідність роботи стаціонарних джерел вимогам природоохоронного законодавства та ефективність заходів з контролю викидів.

Аналіз фактичних викидів стаціонарних джерел ТзОВ «Львівський Маяк» показав, що основними забруднювальними речовинами є оксид карбону (CO), діоксид нітрогену (NO₂) та пил органічного походження (хутрянний, вовняний, пуховий). Ці компоненти формують основну частку масових потоків у повітря та локально впливають на стан атмосфери, тоді як менш значущі речовини, такі як метали (залізо, манган, ртуть), неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС) та метан, викидаються у мінімальних кількостях і не створюють критичних рівнів забруднення.

Фактичні масові концентрації більшості забруднювальних речовин значно нижчі за нормативи граничнодопустимих викидів (ГДВ). Так, для котельного обладнання потужністю до 50 МВт та іншого стаціонарного устаткування масові потоки CO та NO₂ становлять від 0,003 до 0,054 кг/год, що значно менше за нормативні значення (>5 кг/год), а концентрації у газопилових потоках не перевищують встановлених меж.

Таблиця 3.10 - Порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин ТЗОВ «Львівський Маяк» до встановлених нормативів

№ джерела	Код речовини	Назва речовини	Фактичний викид: масова концентрація мг/м ³	Масовий потік, кг/год	Норматив: ГДВ, мг/м ³	Норматив: масовий потік, кг/год
130103 — установки < 50 МВт (котли)						
1	4002	Оксид нітрогену (I) (N ₂ O)	—	—	—	—
	6000	Оксид карбону (CO)	10,8	0,054	250	>5
	7000	Діоксид карбону (CO ₂)	—	—	—	—
	11000	НМЛОС (котельня)	—	—	—	—
	12000	Метан	—	—	—	—
	1000	Метали та їх сполуки	—	—	—	—
	1007	Ртуть та її сполуки	—	—	—	—
	4000	Сполуки азоту	39,4	0,198	—	—
	4001	Діоксид нітрогену (NO ₂)	39,4	0,198	500	>5

Джерела зварювальних робіт демонструють локально підвищені концентрації сполук заліза та мангану, проте вони також не перевищують нормативів, що підтверджує контрольованість технологічного процесу. У легкій та обробній промисловості пил хутряного походження, хоча й формується у відносно більших концентраціях, не перевищує нормативу ГДВ (150 мг/м³), а масові потоки залишаються на рівні менше 0,033 кг/год, що свідчить про мінімальний вплив на атмосферу.

В цілому, аналіз показує, що підприємство забезпечує дотримання природоохоронного законодавства: усі джерела викидів підтримують масові потоки та концентрації речовин на рівні значно нижчому за нормативи, а внесок кожного окремого джерела у загальний рівень забруднення не створює ризику перевищення максимально разових ГДК у приземному шарі атмосфери. Такий стан свідчить про низький рівень техногенного навантаження на атмосферне повітря та ефективність функціонування технологічного обладнання.

Рекомендується продовжувати регулярний контроль фактичних викидів і спостереження за концентраціями забруднювальних речовин у повітрі, використовувати системи фільтрації та очищення газопилових потоків для підтримки низького рівня локального впливу пилу та металів, а також періодично оновлювати інвентаризацію викидів відповідно до змін технологічного обладнання і виробничих процесів. За необхідності доцільно проводити метеорологічний моніторинг для уточнення розсіювання викидів у приземному шарі атмосфери та оцінки потенційного впливу на довколишні населені пункти.

3.6 Пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами ТзОВ «Львівський Маяк»

Встановлено, що на підприємстві відсутні стаціонарні джерела викидів, на які впроваджуються найкращі доступні технології (НДТ) та методи керування, тому пропозиції щодо дозволених обсягів викидів для таких джерел не наводяться.

У таблицях 3.11 і 3.12 представлені пропоновані дозвалені обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря для стаціонарних джерел, які можуть бути віднесені до категорії «інші джерела викидів».

Граничнодопустимі викиди (ГДВ), встановлені відповідно до законодавства України, визначені для речовин у вигляді суспендованих твердих частинок без диференціації за складом. У випадку ТзОВ «Львівський Маяк» це стосується пилу хутряного походження (вовняного, пухового), який виділяється джерелами № 4, 5 та 6, для яких ГДВ становить 150 мг/м^3 (див. таблицю 3.10).

Для джерел викидів № 1, 2, 3 та 7 присутні забруднюючі речовини, для яких нормативи ГДВ не встановлені. Відповідно до законодавства, для таких речовин нормативи дозволених викидів повинні визначатися на основі масової витрати в грамах на годину, що забезпечує контроль викидів і відповідність екологічним вимогам.

Для джерел викидів № 4, 5 та 6, які відносяться до категорії «інші джерела викидів», пропонується встановити дозвалені обсяги викидів пилу хутряного походження (вовняного, пухового) відповідно до чинного законодавства. Граничнодопустимий викид (ГДВ) для цих джерел становить 150 мг/м^3 , що збігається із затвердженим значенням на підприємстві. Досягнення затвердженого показника передбачено до 01.01.2025 для всіх трьох джерел.

Для джерел викидів № 1, 2, 3 та 7 присутні забруднювальні речовини, для яких нормативи ГДВ не встановлені. Відповідно до законодавства, для таких речовин дозвалені обсяги викидів визначаються на основі масової витрати у грамах на секунду. Так, для джерела № 1 масова витрата діоксиду нітрогену становить $0,055 \text{ г/с}$, а оксиду карбону — $0,015 \text{ г/с}$, причому досягнення затверджених показників заплановано на 01.01.2019 та 01.01.2025 відповідно. Для джерела № 2 діоксид нітрогену має масову витрату $0,0020 \text{ г/с}$, оксид карбону — $0,0013 \text{ г/с}$, з плановим терміном досягнення до 01.01.2025. Для джерела № 3 відповідно масові витрати становлять $0,0019 \text{ г/с}$ для діоксиду нітрогену та $0,00093 \text{ г/с}$ для оксиду карбону, термін досягнення — 01.01.2025.

Таким чином, запропоновані дозволені обсяги викидів враховують специфіку технологічних процесів підприємства, тип технологічного устаткування та вимоги законодавства України щодо контролю стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря.

Таблиця 3.11 - Дозволені обсяги викидів забруднюючих речовин для джерел № 4,5,6

Джерело	Речовина	ГДВ, мг/м ³	Затверджений ГДВ, мг/м ³	Термін досягнення
№ 4	Пил хутряний (вовняний, пуховий)	150	150	01.01.2025
№ 5	Пил хутряний (вовняний, пуховий)	150	150	01.01.2025
№ 6	Пил хутряний (вовняний, пуховий)	150	150	01.01.2025

Таблиця 3.12 - Дозволені обсяги викидів забруднюючих речовин для джерел № 1,2,3,7

Джерело	Речовина	ГДВ, мг/м ³	Масова витрата, г/с	Термін досягнення
№ 1	Діоксид нітрогену	—	0,055	01.01.2025
	Оксид карбону	—	0,015	01.01.2025
№ 2	Діоксид нітрогену	—	0,002	01.01.2025
	Оксид карбону	—	0,0013	—
№ 3	Діоксид нітрогену	—	0,0019	01.01.2025
	Оксид карбону	—	0,00093	01.01.2025
№ 7	Залізо та сполуки	—	0,041	01.01.2025
	Манган та сполуки	—	0,00055	01.01.2025
	Діоксид нітрогену	—	0,0013	01.01.2025
	Оксид карбону	—	0,0015	01.01.2025

Джерело № 7 характеризується викидами заліза та його сполук (в перерахунку на залізо) — 0,041 г/с, мангану та його сполук (в перерахунку на кобальт) — 0,00055 г/с, діоксиду нітрогену — 0,0013 г/с, оксиду карбону — 0,0015 г/с, при цьому встановлення контрольних показників заплановано на 01.01.2025.

3.7 Заходи щодо здійснення контролю за дотриманням нормативів ГДВ забруднюючих речовин ТзОВ «Львівський Маяк» та пропозиції щодо мінімалізації негативного впливу на атмосферу

З метою забезпечення екологічної безпеки та дотримання встановлених нормативів граничнодопустимих викидів (ГДВ), обов'язковому контролю підлягають стаціонарні джерела підприємства, що здійснюють викиди оксидів нітрогену, оксиду вуглецю та речовин у вигляді суспендованих твердих частинок.

Контроль за викидами також повинен здійснюватися для речовин, для яких виконуються наступні умови:

$$\frac{M}{ГДК} > 0,1 \quad \text{при } H < 10\text{м},$$

$$\frac{M}{ГДК} > 0,01 \quad \text{при } H > 10\text{м}$$

Розрахунок необхідності контролю за дотриманням нормативів ГДВ для стаціонарних джерел ТзОВ «Львівський Маяк» наведено у таблиці 3.13. Аналіз показників свідчить, що для більшості забруднюючих речовин співвідношення масової витрати до ГДК значно менше порогових значень, що підтверджує відсутність практичної необхідності проведення систематичного контролю за цими джерелами.

Таблиця 3.13 - Розрахунок необхідності контролю за дотриманням встановлених нормативів ГДВ для ТзОВ «Львівський Маяк»

Речовина	M/GDK	Необхідність контролю
Залізо (оксид)	0,00073((0,0041)/(0,4-14)	Ні
Марганець	0,0039((0,00055)7(0,01-14)	Ні

Водночас, для забезпечення мінімізації негативного впливу на атмосферу та зменшення ризику перевищення ГДВ рекомендується застосовувати комплекс заходів, що включає:

Технічні заходи: регулярне обслуговування та модернізацію котлів і технологічного устаткування для підвищення ефективності спалювання палива та зниження утворення оксидів азоту і вуглецю; встановлення пилозбірних пристроїв на джерела викидів суспендованих твердих частинок.

Організаційні заходи: оптимізацію технологічних процесів, планування графіку роботи обладнання з урахуванням метеорологічних умов та мінімізацією викидів у години з несприятливими умовами розсіювання.

Моніторингові заходи: періодичне проведення контрольних замірів концентрацій забруднюючих речовин у зоні впливу підприємства та ведення системи обліку фактичних викидів.

Застосування таких комплексних заходів дозволяє підтримувати викиди підприємства на рівні, що відповідає нормативам ГДВ, зменшувати ризик погіршення якості атмосферного повітря та забезпечувати екологічну безпеку населення та прилеглої території.

Необхідна кількість планових вимірювань на стаціонарних джерелах викидів визначається з урахуванням потужності джерела, стабільності рівня його викиду та вимог до забезпечення встановленої похибки оцінки величини викиду. При цьому враховуються систематичні

та випадкові похибки методів вимірювань, а також природні коливання величини викиду у часі.

Орієнтована кількість вимірювань на рік розраховується за формулою

$$n = \frac{t^2 \cdot l \cdot S^2}{\delta^2} = 4 \times \frac{S^2}{\delta^2}$$

де коефіцієнт Ст'юдента для $l=0.95$ і $n > 20$;

n - задана величина похибки визначення середньорічного викиду, %;

S_n - відносне квадратичне відхилення, (%) яке визначається за формулою:

$$S_n = \frac{100}{X} \times \frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}$$

де: X - результати визначення величини викидів;

X - середнє арифметичне всіх результатів вимірювань;

n - кількість вимірювань.

Контроль за дотриманням нормативів ГДВ, а також реалізація заходів щодо їх досягнення, здійснюється підприємством у рамках виробничого контролю. Вибірковий контроль здійснюють органи Міністерства охорони навколишнього середовища та Міністерства охорони здоров'я України відповідно до їх повноважень та положень, що регламентують діяльність цих органів.

Заходи щодо здійснення контролю за дотриманням встановлених нормативів ГДВ забруднюючих речовин на ТзОВ «Львівський Маяк» представлені у таблиці 3.14. У таблиці наведено найменування забруднюючих речовин, затверджені граничнодопустимі викиди, періодичність контролю, методики виконання вимірювань та місце відбору проб.

**Таблиця 3.14 - План контролю за дотриманням встановлених ГДВ
для стаціонарних джерел викидів ТзОВ «Львівський Маяк»**

Джерело	Речовина	Затверджений ГДВ	Періодичність вимірювань	Методика	Місце відбору проб
1	Діоксид нітрогену (NO ₂)	0,055 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №7	Труба
	Оксид карбону (CO)	0,015 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №27	Труба
2	Діоксид нітрогену (NO ₂)	0,0026 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №7	Труба
	Оксид карбону (CO)	0,0013 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №27	Труба
3	Діоксид нітрогену (NO ₂)	0,0019 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №7	Труба
	Оксид карбону (CO)	0,00093 г/с	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №27	Труба
4	Пил хутряний (вовняний, пуховий), суспендовані тверді частинки	150 мг/м ³	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №5	Труба
5	Пил хутряний (вовняний, пуховий), суспендовані тверді частинки	150 мг/м ³	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №5	Труба
6	Пил хутряний (вовняний, пуховий), суспендовані тверді частинки	150 мг/м ³	1 раз з 01.01.2025	ТК-82 №5	Труба

Виробничий контроль за дотриманням нормативів ГДВ на ТзОВ «Львівський Маяк» здійснюється за домовленістю з акредитованою лабораторією, оскільки на підприємстві відсутня власна аналітична лабораторія з охорони атмосферного повітря.

Особливістю такого контролю є те, що для окремих параметрів неможливо здійснити відбір проб або аналіз протягом стандартного інтервалу часу (20 хвилин). У таких випадках встановлюється придатний період відбору проб, а отримані результати при проведенні вимірювань повинні відповідати граничнодопустимим викидам (ГДВ).

Розрахунок ГДВ здійснюється з урахуванням середньої концентрації забруднюючої речовини за визначений період часу, помноженої на масову витрату відповідного газу. Важливо зазначити, що жодне середнє значення, отримане таким методом, не повинно перевищувати встановлену ГДВ. Для інших параметрів середнє значення за 20 хвилин також не повинно перевищувати граничнодопустиму величину.

Викиди в атмосферу повинні відповідати встановленим ГДК без розбавлення повітрям. Розрахунки проводяться для об'єму газів, приведених до нормальних умов:

для газів: температура 273 К, тиск 101,3 кПа (без урахування вмісту кисню та вологості);

для газоподібних продуктів спалювання: температура 273 К, тиск 101,3 кПа, сухий газ (6% кисню для твердого палива).

Контроль охоплює відбір проб, аналіз, дослідження, обслуговування та калібрування обладнання відповідно до загальноприйнятих методичних вимог. У випадках змішування потоків перед викидом, що може впливати на точність вимірювань, визначення параметрів здійснюється до змішування за умови попереднього письмового дозволу Держуправління.

Для оцінки забруднення атмосферного повітря на межі СЗЗ визначено кілька контрольних точок, де проводяться вимірювання концентрацій основних забруднюючих речовин: діоксиду нітрогену, оксиду вуглецю та пилу хутряного (вовняного, пухового). Вимірювання

здійснюються з використанням відповідних методик. Загалом, контрольні значення приземних концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони ТзОВ «Львівський Маяк» наведені у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 - Контрольні точки та методика вимірювання приземних концентрацій забруднюючих речовин на межі СЗЗ

Контрольна точка	Забруднююча речовина	Методика вимірювань	Періодичність	Напрямок вітру, °	Небезпечна швидкість, м/с	Розрахункова концентрація, мг/м³
1	Діоксид нітрогену	Фотоколориметричний	1 раз/рік	108	0,75	0,060
	Оксид вуглецю	Тесто 335	1 раз/рік	108	0,75	4,55
	Пил хутряний	Гравіметричний	1 раз/рік	111,8	0,71	0,013
2	Діоксид нітрогену	Фотоколориметричний	1 раз/рік	74	0,50	0,06
	Оксид вуглецю	Тесто 335	1 раз/рік	74	0,50	4,55
	Пил хутряний	Гравіметричний	1 раз/рік	170,21	0,71	0,013
3	Діоксид нітрогену	Фотоколориметричний	1 раз/рік	0	0,50	0,06
	Оксид вуглецю	Тесто 335	1 раз/рік	0	0,50	4,55
	Пил хутряний	Гравіметричний	1 раз/рік	243,18	0,71	0,013
4	Діоксид нітрогену	Фотоколориметричний	1 раз/рік	-106	0,50	0,060
	Оксид вуглецю	Тесто 335	1 раз/рік	-106	0,50	4,55
	Пил хутряний	Гравіметричний	1 раз/рік	329,93	0,71	0,013

Для мінімізації негативного впливу на атмосферу пропонується впровадження сучасних технологічних рішень та модернізація виробничих процесів. До таких заходів належать встановлення енергоефективних

котлів із низьким рівнем утворення оксидів нітрогену, використання систем рекуперації тепла, модернізація пиловловлюючих установок із застосуванням електрофільтрів, тканинних фільтрів та мокрих абсорберів для зменшення концентрацій пилу та металоорганічних сполук. Для газоподібних забруднювачів доцільне застосування сорбційних та каталізаторних систем очищення, включаючи каталізatori селективного відновлення NO_x (SCR), а також технології ультразвукової агломерації частинок для покращення ефективності видалення пилу.

Крім того, важливим є раціональне планування виробничої діяльності з урахуванням метеорологічних умов та оптимальних графіків роботи джерел викидів для зменшення пікових концентрацій забруднюючих речовин. Для підвищення ефективності контролю необхідно впровадження автоматизованих систем моніторингу концентрацій забруднюючих речовин у газових потоках, що дозволяє оперативно реагувати на перевищення нормативів. Значну роль відіграє підвищення кваліфікації персоналу щодо сучасних методів зменшення викидів та дотримання технологічної дисципліни.

Враховуючи результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин, а також аналіз фактичних викидів, пропонується комплекс заходів, спрямованих на зменшення впливу підприємства на атмосферне повітря. Заходи включають модернізацію джерел викидів, впровадження сучасних технологій очистки, автоматизованого моніторингу та оптимізацію режимів роботи обладнання (таблиця 3.16).

Крім технологічних заходів, доцільно застосовувати організаційні методи зменшення впливу, такі як: оптимізація графіків роботи котлів та зварювальних ділянок, проведення профілактичного обслуговування обладнання, навчання персоналу щодо сучасних методів зменшення викидів.

Таблиця 3.16 – Пропозиції щодо мінімізації викидів забруднюючих речовин

Джерело викиду	Основні забруднюючі речовини	Технологічні заходи	Очікуваний ефект
Котлоагрегати №1–3	CO, NO _x	Встановлення низько-NO _x пальників; система селективного каталізаторного відновлення (SCR)	Зменшення NO _x до 60–70%, CO до 50%
Пилові джерела №4–6	Пил хутряний	Електрофільтри та тканинні фільтри; установка мокрих абсорберів	Зменшення пилу на 80–90%
Зварювальні роботи №7	Fe, Mn, пил	Локальна аспірація; фільтри високої ефективності	Зниження концентрації металів у повітрі на 70–80%
Газові відходи	CO ₂ , CH ₄	Рекуперація тепла та газоочищення сорбційними системами	Зменшення викидів CO ₂ та летких органічних сполук на 30–40%
Загальні джерела	CO, NO _x , пил	Автоматизований моніторинг концентрацій; регулювання режимів роботи	Своєчасне виявлення перевищень, оптимізація процесів

Також рекомендовано створити схему потоків викидів на підприємстві з зазначенням ключових джерел забруднення та заходів щодо їх мінімізації. Це дозволить наочно оцінювати ефективність заходів та оперативно коригувати виробничі процеси (таблиця 3.17).

Застосування зазначених заходів дозволить знизити фактичні викиди забруднюючих речовин, забезпечити відповідність нормативам ГДВ та покращити якість атмосферного повітря в зоні впливу ТЗОВ «Львівський Маяк», що, в свою чергу, сприятиме зменшенню ризику негативного впливу на здоров'я населення та навколишнє середовище.

Таблиця 3.17. Джерела викидів – забруднювачі – заходи мінімізації впливу на атмосферу

Джерело викидів	Основні забруднюючі речовини	Запропоновані технології та заходи мінімізації
Швейне обладнання (розкрій, пошиття)	Пил вовняний, НМЛОС	- Локальні аспіраційні системи з тканинними фільтрами - Періодичне очищення вентиляційних каналів - Регулювання технологічного режиму для зменшення пилу
Механічна дільниця (зварювання, газорізальні роботи)	Оксиди металів (Fe, Mn), NO ₂	- Місцеві відсмоктувачі та фільтри - Використання бездимних зварювальних технологій - Системи вентиляції із рекуперацією тепла
Котельня «LOOS (UL-S)» та водогрійні котли «Radan»	CO, CO ₂ , NO ₂ , метан	- Низько-NO _x пальники - Селективне каталізаторне відновлення (SCR) - Рекуперація тепла та автоматизація режимів горіння - Перехід на чистіші види палива
Паливні виробничого та адміністративного корпусу	CO, CO ₂ , NO ₂ , пил	- Електрофільтри, адсорбційні та сорбційні установки - Контроль та оптимізація масової витрати палива - Моніторинг та регулювання швидкості викиду

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

ТзОВ «Львівський Маяк» відноситься до категорії швейних підприємств. Дотримання норм та правил охорони праці для працівників швейного виробництва є обов'язковим і регламентується наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України №1416 від 12.12.2012 року. На підприємстві створено безпечні умови праці, спрямовані на мінімізацію ризику виникнення виробничого травматизму та професійних захворювань. Розроблено інструкції з охорони праці, а також регулярно проводиться перевірка знань працівників відповідно до вимог Держнаглядохоронпраці України [3, 8, 25].

Працівники підприємства відповідають психофізіологічним вимогам і мають належну професійну підготовку для виконання виробничих операцій швейного виробництва. За останні роки на підприємстві не зафіксовано аварій, нещасних випадків чи професійних захворювань.

Територія підприємства утримується в належному санітарно-гігієнічному стані. Виробничі та допоміжні будівлі відповідають чинним вимогам і проходять планові огляди двічі на рік для оцінки експлуатаційної придатності. Виробничі приміщення обладнані системами протипожежного захисту, включаючи пожежну сигналізацію та системи оповіщення. Первинні засоби пожежогасіння, у тому числі вогнегасники, утримуються у справному стані відповідно до типових норм. Розроблено та впроваджено протипожежний режим і відповідні інструкції для всіх цехів, що визначають правила зберігання матеріалів, дії у випадку пожежі, дозволені місця для відкритого вогню та куріння.

У виробничих приміщеннях використовується природне освітлення, доповнене штучним світлом від стаціонарних та місцевих світильників, що

забезпечують достатню освітленість для виконання швейних, обслуговуючих і ремонтних робіт. Призначені відповідальні особи здійснюють контроль освітленості 2–3 рази на рік після заміни ламп. Вентиляційні системи підтримуються у справному стані за графіками планово-попереджувального обслуговування. Приміщення з швейними машинами, розкрійними столами та прасувальним обладнанням оснащені припливно-витяжною вентиляцією, що запобігає запиленню та надходженню шкідливих речовин до дихальних шляхів працівників.

Особлива увага приділяється роботі з нагрітим обладнанням. Теплоізоляція та контроль температури поверхонь забезпечують її не вище 43 °С відповідно до ДСТУ EN 13202-2002 «Ергономіка теплового середовища» та EN 563. Всі електроприлади на підприємстві мають надійне заземлення та експлуатуються з дотриманням вимог електробезпеки. Внутрішні освітлювальні мережі ізолювані та захищені від зовнішніх впливів.

Сучасне високотехнологічне обладнання провідних світових виробників («Гербер», «Джуккі», «Штробель», «Пфафф», «Дюркопп», «Каннегісер») оснащене засобами захисту від накопичення статичної електрики. Розкрійні, підготовчі та технологічні процеси здійснюються з механізованим зберіганням тканин, деталей крою та виробів. Металеві поверхні лекал і розкрійних столів мають гладку обробку для запобігання травмуванню, а різання плівкових матеріалів відбувається на спеціально обладнаних машинах із використанням технологічних пристосувань для фіксації шарів тканини.

Рівень шуму на робочих місцях не перевищує 80 дБ, вібрація має технічний характер і відповідає нормативним вимогам. Використовуються звукопоглинаючі матеріали та резинові амортизуючі прокладки для зменшення шумового та вібраційного впливу. Процеси прасування та волого-теплової обробки контролюються автоматично, а на прасувальних

столах встановлені витяжні пристрої для захисту від випарів та газів. Всі робочі агрегати мають інструкції з експлуатації та обслуговування.

Організація робочих місць здійснюється відповідно до типових проектів та ДСТУ 12.2.061:2009, із застосуванням ергономічних меблів, захисних екранів на швейних машинах, засобів теплоізоляції гарячих поверхонь і захисних пристроїв для прасок та електропроводки.

Аналіз стану охорони праці ТзОВ «Львівський Маяк» показує, що вимоги охорони праці дотримуються, адміністрація забезпечує належні санітарно-гігієнічні умови, експлуатація обладнання є безпечною, а робочі місця організовані з урахуванням чинних норм та комфортності праці.

4.2 Заходи щодо підвищення безпеки праці та пожежної безпеки

Незважаючи на високий рівень виконання вимог охорони праці, для підвищення безпеки рекомендується [8, 25] :

- Забезпечити місцеве освітлення з високим індексом передачі кольору (CRI) для точного відтворення кольорів робочих матеріалів.
- Посилити протипожежний режим, регулярно перевіряти справність первинних засобів пожежогасіння, контролювати справність волого-теплових пристроїв і парових прасок.
- Встановити додаткові локальні витяжні пристрої та пилозбірники для видалення пилу та хімічних випарів, впровадити пристрої для збору обрізків тканин.
- Автоматизувати та механізувати транспортувальні операції для зниження ручних навантажень.
- Використовувати сучасні амортизуючі прокладки та звукоізолюючі матеріали для зменшення вібраційного та шумового впливу.
- Забезпечити працівників питною водою за допомогою кулерів або сатураторних установок.

4.3 Захист населення в надзвичайних ситуаціях

При виникненні надзвичайних ситуацій передбачено комплекс заходів: укриття населення в захисних спорудах, оповіщення та евакуація, спостереження, інженерний, екологічний, медичний, радіаційний та хімічний захист [5].

Оповіщення здійснюється через засоби масової інформації та сирени, після чого населення навчається користуванню засобами індивідуального захисту: респіраторами, протипиловими масками, фільтруючими протигазами та марлевими пов'язками. Після навчання люди мають одягти засоби захисту, взяти найнеобхідніше та рухатись до сховищ. У разі неможливості дістатися укриття – сховатися в підвалах чи тунелях.

Для запобігання поширенню забруднення проводиться контроль транспортних засобів і людей, санітарна обробка майна, дезактивація території, техніки та обладнання. Захисні споруди оберігають від газів, хімічних, вибухових та радіоактивних факторів.

Медичний захист включає надання першої допомоги, використання профілактичних препаратів, навчання населення наданню медичної допомоги та залучення медичних формувань. Біологічний захист реалізується через прогнозування, профілактичні заходи та контроль зараження.

Пожежна безпека передбачає відключення електропостачання перед гасінням, використання вуглекислотних та порошкових вогнегасників, піску або хімічної піни для гасіння горючих матеріалів, недопустимість використання води на електропроводку, евакуацію людей у фільтруючих протигазах через доступні виходи або вікна з використанням драбин.

Запропоновані заходи з охорони праці, пожежної безпеки та захисту населення на підприємстві зведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Заходи з охорони праці, пожежної безпеки та захисту населення на підприємстві

Категорія заходів	Конкретні заходи	Застосовувані засоби та обладнання	Очікуваний ефект
Освітлення	Забезпечення рівномірної освітленості робочих місць	Стаціонарні та місцеві світильники з високим CRI	Поліпшення видимості, точність робіт, зниження втоми очей
Вентиляція та пилозбір	Встановлення локальних витяжних пристроїв, пилозбірників	Припливно-витяжні та місцеві вентиляційні системи	Зменшення запиленості, покращення якості повітря, зниження ризику професійних захворювань
Пожежна безпека	Регулярна перевірка первинних засобів пожежогасіння, протипожежний режим	Вогнегасники (вуглекислотні, порошкові), сигналізація, системи оповіщення	Зниження ризику пожеж, підвищення готовності працівників
Електробезпека	Заземлення електроприладів, ізоляція проводки, захисні вимикачі	Захисні шланги, металеві підставки, діелектричні килимки	Запобігання ураженню електричним струмом, безпечна експлуатація обладнання
Теплова безпека	Теплоізоляція гарячих поверхонь, контроль температури	Теплоізоляційні покриття, екрани, контрольні датчики	Запобігання опікам та травмам від гарячих поверхонь
Шум та вібрація	Використання звукопоглинаючих матеріалів, амортизуючих прокладок	Резинові килимки, шумопоглинаючі покриття	Зменшення шумового та вібраційного навантаження на працівників
Механізація робочих операцій	Автоматизація транспортувальних операцій, використання механізованого зберігання матеріалів	Конвеєрні системи, механізовані стелажі	Зменшення фізичного навантаження, підвищення продуктивності, безпека праці

Продовження таблиці 4.1			
1	2	3	4
Захист населення в НС	Інформування, евакуація, використання засобів індивідуального захисту	Сирени, радіо, протигази, респіратори, укриття	Мінімізація ризику ураження населення у надзвичайних ситуаціях
Медичний та біологічний захист	Надання першої допомоги, профілактичні заходи, спостереження	Аптечки, медичні формування, дозиметри	Зниження рівня ураження, оперативне реагування на надзвичайні ситуації

Захист населення планується диференційовано, залежно від виду загрози та її інтенсивності, із постійним контролем і моніторингом уражених територій.

Отже, захист населення в надзвичайних ситуаціях є одним із пріоритетних завдань держави та суспільства, оскільки безпосередньо спрямований на збереження життя і здоров'я людей, зменшення матеріальних втрат та мінімізацію негативних наслідків надзвичайних подій. Ефективність цього захисту залежить від своєчасного прогнозування небезпек, належної підготовки органів управління і сил цивільного захисту, а також рівня обізнаності та готовності населення до дій у кризових умовах [5].

Комплексне поєднання організаційних, інженерно-технічних, медичних та інформаційних заходів дозволяє суттєво знизити ризики для населення під час виникнення надзвичайних ситуацій. Таким чином, системний підхід до планування та реалізації заходів цивільного захисту є запорукою сталого розвитку суспільства і підвищення його безпеки в умовах зростання техногенних та природних загроз.

ВИСНОВКИ

ТзОВ «Львівський Маяк» ідентифікується як джерело антропогенного забруднення атмосферного повітря, що потребує постійного моніторингу та контролю викидів.

Основними технологічними джерелами утворення забруднюючих речовин є швейне обладнання з процесами розкрою та пошиття одягу, а також допоміжне виробництво, зокрема: механічна дільниця, де здійснюються зварювальні та газорізальні роботи, котельня з котлами «LOOS (UL-S)», паливні цехів та адміністративного корпусу, обладнані водогрійними котлами «Radan 100/7» та «Radan 100/6».

На території підприємства ідентифіковано 7 стаціонарних організованих джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, включаючи швейне обладнання, котельню та паливні виробничого і адміністративного корпусів.

Стаціонарні джерела викидів продукують широкий спектр забруднюючих речовин: оксид вуглецю (CO), суспендовані тверді частки (пил вовняний), діоксид нітрогену (NO₂), залізо та його сполуки, манган та його сполуки, ртуть та її сполуки, неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), діоксид вуглецю (CO₂), метан (CH₄) та нітроген (I) оксид (N₂O).

Основними компонентами викидів є CO₂, CO та NO₂, обсяги яких становлять відповідно 756,870 т/рік, 3,248 т/рік та 1,080 т/рік. Сумарний обсяг викидів підприємства становить 761,394 т/рік.

Розрахунки розсіювання забруднюючих речовин у атмосфері, проведені для розрахункового прямокутника та розрахункових точок на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ), показали, що концентрації не перевищують граничнодопустимі концентрації на місцевому рівні (ГДКм.Р) за жодним інгредієнтом.

Максимальна приземна концентрація СО разом із фоновною складовою становить 0,91 ГДКм.Р як на проммайданчику, так і на межі СЗЗ (фон – 0,908 ГДКм.Р, внесок підприємства – 0,002 ГДКм.Р).

Порівняльний аналіз фактичних викидів із нормативними значеннями свідчить про дотримання встановлених на підприємстві граничних нормативів, що підтверджує ефективність існуючих технологічних процесів та організаційних заходів контролю.

Для подальшого зменшення негативного впливу на атмосферу рекомендується:

- Впровадження сучасних технологій очистки газових потоків, таких як селективне каталізаторне відновлення NO_x (SCR), низько-NO_x пальники, електрофільтри та тканинні фільтри для пилу;
- Рекуперація тепла та використання енергоефективного обладнання для котелень;
- Встановлення систем автоматизованого моніторингу концентрацій забруднювачів із можливістю оперативної корекції режимів роботи;
- Оптимізація графіків технологічних процесів для зменшення пікових викидів;
- Регулярне обслуговування обладнання та навчання персоналу сучасним методам мінімізації викидів;
- Використання систем сорбційного та адсорбційного очищення для газів із леткими органічними сполуками та метаном.

Пропоновані заходи дозволяють не тільки забезпечити відповідність нормативам ГДВ, а й сприяють зменшенню сумарного обсягу викидів, підвищенню екологічної безпеки та енергоефективності виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар О. І., Фурдичко О. І. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : підручник. Київ : Либідь, 2019. 336 с.
2. Бойченко С. В. Екологічні проблеми промислового виробництва : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 256 с.
3. Деркач М. Ю., Монатирський Р.І., Охорона праці на підприємстві . Підручник. Київ, 2001. 103с.
4. ГДК і ОБРВ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів.
5. Джигирей В.С., Жидецький В.С. Безпека життєдіяльності. Підручник. Львів, 2001. 256с.
6. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічної речовинами). Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 7 липня 1997р. №201.
7. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів ДСП №173 від 19.06.96р.
8. Жидецький В.С., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів., 2000. 347с.
9. Збірник галузевих методик по розрахунку викидів шкідливих речовин в атмосферу при проведенні інвентаризації, складанні звітності по формі № 2-ТП /повітря/ і розробці нормативів гранично допустимих викидів для промислових підприємств і організацій. Дніпропетровськ, 1985. 76с.
10. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том 1. Донецьк. 2004.
11. ЗНД - 86 «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємства»
<https://ips.ligazakon.net/document/MN027211>.

12. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві. КНД 211.2.3.014-95. Київ 1995 р.
13. Інструкція щодо оформлення та змісту проекту нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел. Київ. 1996 р. Затверджена Міністерством охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України 18.07.96 р. № 76
14. Корінько М. Д. Екологізація виробництва та сталий розвиток : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2018. 280 с.
15. КНД 211.2.4.062-97. Метрологічне забезпечення. Внутрішній та зовнішній контроль якості вимірювань складу і властивостей проб викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Затверджено наказом Міністра охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України від 02.06.1997 р. за № 83.
16. Кучеренко О. М. Вплив підприємств легкої промисловості на навколишнє середовище. *Вісник екологічних досліджень*. 2021. № 3. С. 45–52.
17. Мельник Л. Г. Промислова екологія: підручник. Суми : Університетська книга, 2020. 432 с.
18. Мельник Л. Г., Шкарупа О. В. Екологізація промислового виробництва як складова сталого розвитку. *Економіка природокористування і охорони довкілля*. 2019. № 2. С. 15–22.
19. Методика розрахунку концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, що знаходяться в викидах підприємств (ОНД-86). Електронний ресурс <https://zakon.isu.net.ua/norm/27001-metodika-rozrakhunku-koncentraciy-v-atmosfernomu-povitri-shkidlivikh-rechovin-scho>

- 20.Касьянов Г. О., Петрук В. Г. Екологічна безпека промислових підприємств : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 210 с.
- 21.Кравченко О. М. Екологічні аспекти функціонування підприємств легкої промисловості . *Вісник ХНТУ*. 2020. № 3. С. 98–104.
- 22.Мазур І. І., Шаповал В. М. Екологічний менеджмент : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 312 с.
- 23.Мельник Л. Г. Промислова екологія: підручник. Суми : Університетська книга, 2020. 432 с.
- 24.Методичний посібник по проведенню комплексних еколого теплотехнічних випробувань котлів, що працюють на газі та мазуті. Київ, 1992. 45 с.
- 25.Практикум з охорони праці. Навчальний посібник/ Жидецький В.С., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та інші. Львів, 2000.- 352с.
- 26.Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напилювання металів. Київ, 2003.
- 27.РД 52.04.186 - 89. Керівництво по контролю забруднення атмосфери. Граничні нормативи утворення забруднюючих речовин, які відводяться в атмосферне повітря при експлуатації технологічною та іншого обладнання, споруд і об'єктів.
- 28.Тарасенко Н. В. Технології текстильного виробництва та їх екологічні аспекти : навч. посіб. Херсон : Олді-плюс, 2018. 198 с.
- 29.Солуянов Г. І. Нелегкі проблеми легкої промисловості. *Легка промисловість*. Київ, 2015. 78с.Т
- 30.Стеблюк М. І. Цивільна оборона. Підручник. Київ, 2003. 455 с.
- 31.Cherrett N., McGarrity L., et al. Product carbon footprinting of garments . *International Journal of Life Cycle Assessment*. 2015. Vol. 20. P. 114–123.
- 32.Fletcher K. Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys. London : Routledge, 2014. 320 p.