

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

Кафедра *екології
та захисту довкілля*
допускається до захисту
«___» _____ 2025 р.
Зав. кафедри _____
(підпис)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему «Екологічна оцінка впливу діяльності елеваторного
господарства на стан атмосферного повітря та заходи щодо його
покращення»

Виконав студент групи Еко-62
спеціальності 101 «Екологія»
Лозинський Володимир Тарасович

Керівник Ольга GERMANOVICH

Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Спеціальності 101 «Екологія»

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студента
Лозинського Володимира Тарасовича

Тема роботи: «Екологічна оцінка впливу діяльності елеваторного господарства на стан атмосферного повітря та заходи щодо його покращення».

Керівник кваліфікаційної роботи Германович Ольга Мирославівна, кандидат сільськогосподарських наук, в.о. доцента.

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

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 8 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела

Матеріали досліджень

Методики виконання досліджень

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

ВСТУП.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.

1. Діяльність елеваторних господарств та негативні наслідки їх експлуатації

2. Заходи боротьби зі шкідливим впливом на атмосферне повітря елеваторів

2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Фізико-географічна та природно-кліматична характеристика території розташування об'єкту дослідження

2.2 Загальні відомості про об'єкт дослідження

2.3. Санітарно-захисна зона підприємства

2.4 Методика дослідження атмосферного забруднення

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин на елеваторному господарстві

3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин від елеваторного господарства

3.3 Характеристика викидів забруднюючих речовин, що утворюються на виробництві

3.4 Характеристика пилогазоочисного обладнання елеваторного господарства

3.5 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин

3.6 Аналіз відповідності обсягів викидів забруднюючих речовин до встановлених нормативів

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки

4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Германович О.М., в.о. доцента кафедри екології		
4	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки		

7. Дата видачі завдання 03 березня 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	03.03.25 – 05.05.25	
2	Написання розділу «Об’єкт, методи досліджень і методика досліджень»	06.05.25 – 01.07.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	02.07.25 – 16.09.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях», підготовка висновків, формування списку літератури	17.09.25 – 08.12.25	

Студент _____ Володимир ЛОЗИНСЬКИЙ

Керівник
Кваліфікаційної роботи _____ Ольга GERMANOVICH

УДК 504.5:628.511

**Екологічна оцінка впливу діяльності елеваторного господарства на стан атмосферного повітря та заходи щодо його покращення
Лозинський В. Т. – Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. – Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С.З. Гжицького , 2025.**

70 стор. текст. част., 11 табл., 2 рис., 38 джерел.

Проведено оцінку впливу діяльності елеваторного господарства на стан атмосферного повітря. Надано характеристику підприємства як джерела забруднення: ідентифіковано основні забруднюючі речовини, описано джерела їх утворення та викидів та охарактеризовано наявне пилогазоочисне обладнання. Оцінку впливу здійснено на підставі розрахунків розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери; встановлено, що максимальні приземні концентрації досліджуваних компонентів не перевищують допустимих норм у межах санітарно-захисної зони та за її межами. На основі проведеного аналізу подано рекомендації щодо гранично допустимих обсягів викидів та заходів зменшення надходження забруднювачів для забезпечення екологічної безпеки довкілля.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1. Діяльність елеваторних господарств та негативні наслідки їх експлуатації.....	8
2.Заходи боротьби зі шкідливим впливом на атмосферне повітря елеваторів.....	12
2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
2.1 Фізико-географічна та природно-кліматична характеристика території розташування об'єкту дослідження.....	16
2.2 Загальні відомості про об'єкт дослідження.....	19
2.3 Санітарно-захисна зона підприємства.....	22
2.4 Методика дослідження атмосферного забруднення.....	24
3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин на елеваторному господарстві.....	27
3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин від елеваторного господарства.....	34
3.3 Характеристика викидів забруднюючих речовин, що утворюються на виробництві.....	42
3.4 Характеристика пилогазоочисного обладнання елеваторного господарства.....	44
3.5 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин.....	47
3.6 Аналіз відповідності обсягів викидів забруднюючих речовин до встановлених нормативів.....	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	58
4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки.....	59
4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях.....	63
ВИСНОВКИ.....	66
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	69

ВСТУП

Актуальність теми. Атмосфера є фундаментальним компонентом довкілля, без належної якості якого неможливе нормальне функціонування біологічних систем, збереження екологічної рівноваги та забезпечення сталого розвитку суспільства. Інтенсивна господарська діяльність, зокрема у сфері агропромислового комплексу (АПК) та первинної і глибокої переробки сільськогосподарської продукції, супроводжується викидами значних обсягів забруднюючих речовин, що призводить до незворотної або тимчасової зміни природного хімічного та фізичного складу повітряного середовища [1, 33].

Елеваторні господарства відіграють критичну роль у забезпеченні продовольчої безпеки як України, так і світу. Вони виконують стратегічно важливі функції логістики, довготривалого зберігання та первинної обробки (очищення, сушіння) зернових та олійних культур. З огляду на зростання світового попиту на агропродукцію та необхідність оптимізації зернових ланцюгів постачання, ефективність і, найважливіше, екологічна безпека функціонування елеваторів набувають пріоритетного значення [26, 27].

Водночас, основні технологічні процеси елеваторів – приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання зерна – неминуче супроводжуються утворенням організованих і неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Найбільш поширеними забруднювачами є тверді частинки (зерновий, органічний та мінеральний пил), продукти згоряння палива (NO_x , CO, CO_2 , SO_2), що утворюються під час високотемпературного сушіння зерна, а також леткі органічні сполуки (ЛОС), пов'язані з термічним розкладом органічної сировини або застосуванням фумігаційних засобів.

Зростання екологічного навантаження на атмосферу вимагає постійного, об'єктивного екологічного моніторингу та комплексної оцінки стану атмосферного повітря в зонах розташування елеваторних господарств. Така оцінка є важливим інструментом для забезпечення виконання вимог

природоохоронного законодавства та нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, зниження ризиків для здоров'я населення, що проживає у зоні впливу підприємств АПК, а також запобігання економічним втратам підприємств, пов'язаним із порушенням екологічних вимог.

Таким чином, дослідження впливу виробничої діяльності елеваторних господарств на стан атмосферного повітря, зокрема детальний аналіз розсіювання забруднюючих речовин, оцінка ефективності існуючих систем пилогазоочищення та розробка науково обґрунтованих рекомендацій із зниження пилових та газових викидів, набувають високої науково-практичної актуальності. Результати таких досліджень створюють необхідне підґрунтя для удосконалення виробничих стандартів, впровадження екологічно ефективних технологій та формування обґрунтованої місцевої політики з охорони довкілля, що сприятиме досягненню екологічної безпеки та збереженню здоров'я населення [4, 22, 30].

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи стало дослідження та аналіз викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в результаті виробничої діяльності елеваторного господарства, а також оцінка ефективності заходів з попередження забруднення.

Перелік завдань, які необхідно було виконати для досягнення поставленої мети:

- 1) охарактеризувати процеси приймання, очищення, сушіння, та зберігання зерна на елеваторному господарстві з акцентом на ті технологічні процеси та обладнання, які є джерелами забруднення атмосферного повітря;
- 2) встановити джерела утворення та викиду забруднюючих речовин;
- 3) проаналізувати перелік забруднюючих речовин та потужність їх викиду в атмосферне повітря;
- 4) порівняти обсяг фактичних викидів забруднюючих речовин з встановленими нормативами;
- 5) провести розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в

атмосферному повітрі;

б) здійснити оцінку ефективності пилогазоочисного обладнання, що використовується на підприємстві.

Об'єкт дослідження: елеваторне господарство смт. «....» Товариства з обмеженою відповідальністю «.....».

Предмет дослідження: технологічні процеси транспортування, сушіння та зберігання зерна, що супроводжуються утворенням та викидом забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Методи досліджень: натурні спостереження; лабораторні дослідження згідно затверджених методів; аналітичне опрацювання отриманих даних.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх застосування при екологічній оцінці впливу виробничої діяльності аналогічних підприємств на стан атмосферного повітря, при розробці для них комплексу заходів захисту довкілля.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Діяльність елеваторних господарств та негативні наслідки їх експлуатації

Зернопереробна індустрія відіграє важливу роль, слугуючи сполучною ланкою між виробниками сільськогосподарської продукції та кінцевими ринками хлібопродуктів. Її функції охоплюють не лише заготівлю, зберігання та обробку зерна, а й перетворення сировини на продовольчі чи кормові продукти, включно з повним логістичним супроводом [17, 30].

Елеваторні господарства виконують стратегічну функцію в агропромисловому комплексі, виступаючи критичною ланкою між первинним виробництвом та подальшою переробкою або експортом зернової продукції. Їхня діяльність охоплює низку високотехнологічних процесів, спрямованих на збереження кількісних та якісних характеристик зібраного врожаю. Відтак, ефективність функціонування елеватора безпосередньо впливає на продовольчу безпеку країни та конкурентоспроможність продукції [10, 25].

З огляду на статус України, як аграрної держави, цей сектор економіки постійно нарощує свої виробничі потужності. Введення в експлуатацію нових комплексів, оснащених сучасним обладнанням, неминуче призводить до збільшення антропогенного навантаження на довкілля [9, 13].

Елеватор – це спеціально організований комплекс для приймання, сушіння та зберігання великих об'ємів зерна. Він включає механізми транспортування, очищення та сушки зернової сировини.

Функціональне призначення елеваторного комплексу є визначальним фактором для його технологічної інтенсивності, логістичних пріоритетів та, відповідно, профілю експлуатаційних ризиків. Залежно від основної мети діяльності, елеватори поділяються на кілька ключових типів [18]:

1. *Заготівельні елеватори*, які орієнтовані на приймання зерна

безпосередньо від сільськогосподарських підприємств для подальшої переробки. Вони, як правило, мають місткість, що не перевищує 100 тисяч тонн. На заготівельних елеваторах ключовий акцент зміщується на швидкість приймання, первинне очищення та підсушування сировини. Відповідно, найбільші ризики пов'язані з інтенсивністю первинної обробки, пилоутворенням та потребами в енергоємному сушінні.

2. *Базисні елеватори*, основним завданням яких є забезпечення довгострокового зберігання сировини. Їхня ємність може сягати близько 150 тисяч тонн. Тут головний акцент на підтримці якості зерна протягом тривалого періоду (терморегуляція, аерація, захист від шкідників) [12, 14]. Ризики пов'язані з біологічними факторами (мікрофлора, шкідники) та необхідністю контролю вологості і температури в силосах.

3. *Перевалочні елеватори* функціонують в логістичних ланцюгах, коли виникає необхідність зміни виду транспортування (наприклад, з автомобільного чи залізничного на водний або навпаки). Вони характеризуються високою швидкістю перевантажувальних операцій, що зумовлює значні механічні навантаження та домінування пилових викидів через інтенсивні завантаження та розвантаження [13, 29].

Хоча зернові елеватори відіграють важливу роль у зберіганні та обробці зерна, проте їхня діяльність може супроводжуватися низкою екологічних ризиків [28, 31, 33]. Основними негативними наслідками роботи зернових елеваторів є:

- *Забруднення повітря пилом, газоподібними продуктами згоряння палива, ЛОС.* Під час транспортування, очищення та сушіння зерна значна частина пилу надходить в атмосферу. У пилі присутні мікроорганізми та алергени, що негативно впливають на здоров'я. Без ефективних пиловловлювальних систем викиди можуть перевищувати нормативи безпеки [5, 27].

- *Високе енергоспоживання.* Елеваторні комплекси, особливо зерносушарки, споживають багато енергії (газ, електроенергію). Це

призводить до великих емісій парникових газів (CO₂ тощо), особливо при використанні природного газу. У контексті енергетичної кризи підвищення енергоефективності є критичною вимогою [11, 38].

- *Використання хімічних засобів.* Для зберігання зерна застосовуються пестициди та фуміганти (фосфід алюмінію, бромистий метил тощо). Їх застосування несе ризик витоків токсичних речовин у навколишнє середовище та вимагає ретельного контролю [21, 23].

- *Операційні ризики.* Інтенсивна експлуатація обладнання спричиняє знос механізмів, що може призводити до аварій, затримок у технологічному циклі та додаткового забруднення середовища. Нерегулярні перевірки і застаріле устаткування підвищують ймовірність надзвичайних ситуацій.

Звідси випливає, що вибір технологічних рішень для мінімізації негативних наслідків експлуатації повинен базуватися на типі елеватора. Для перевалочних та заготівельних комплексів інвестиції в аспіраційні системи та швидку автоматизацію транспортування мають вищий коефіцієнт повернення інвестицій [2, 31], тоді як для базисних – пріоритетом є фізична та хімічна стабілізація зернової маси [12, 14].

Технологічний процес на елеваторі включає приймання зерна, транспортування, очищення, сушіння та зберігання. На кожному етапі утворюються великі обсяги дрібнодисперсного зернового пилу та органічних забруднювачів (дефекти зерна, частинки лушпиння тощо). Дрібний зерновий пил містить спорофітні клітини грибів, бактерій і алергени, які викидаються в атмосферу під час приймання, переробки та відвантаження зерна. Він осідає на навколишніх рослинах та ґрунті, змінюючи їх колір і склад, а також може спричиняти респіраторні захворювання у персоналу та мешканців прилеглих районів [1, 33, 37].

Зокрема, в кожній тоні зерна міститься 1–5 кг пилу, і всі робочі операції супроводжуються додатковим запиленням через тертя зерна об обладнання. Крупнодисперсний зерновий пил здатний утворювати

вибухонебезпечні суміші з повітрям. Так, лише 40 г зернового пилу в 1 м³ повітря при наявності іскри можуть зруйнувати елеватор за кілька хвилин. При вибуху пилу температура у камері миттєво зростає до 3000 °С, а тиск перевищує руйнівні межі бетонних конструкцій у приблизно 12 разів [23, 35]. Крім того, без контролю інтенсивності процесів пил може накопичуватися на обладнанні та спричиняти позапланові зупинки і пожежі.

Елеваторні установки споживають значну кількість енергії, особливо зерносушарки. Через це екологічний слід елеваторів є великим. У контексті енергетичної кризи дедалі популярнішими стають альтернативні джерела енергії, наприклад установки на біопаливі (агropалети, солома, деревина) чи біогаз. Перехід на відновлювані джерела та раціональне використання теплової енергії (теплотехнічне налагодження сушарок, усунення зон тепловтрат) дозволяють суттєво знизити витрати газу та електроенергії [11, 33].

Однак без комплексних заходів недосконала конструкція елеватора та застаріле обладнання призводять до низки негативних екологічних наслідків: постійних викидів зернового пилу, перевищення гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин у повітрі, високих викидів CO₂ і використання пестицидів при довготривалому зберіганні. Внаслідок цього стан навколишнього природного середовища в зоні впливу елеваторів погіршується [26, 32].

Таким чином, технологічний цикл елеватора нерозривно пов'язаний із генерацією специфічних негативних наслідків: високе енергоспоживання (особливо на сушінні), інтенсивні викиди пилу в атмосферу та створення операційних ризиків, пов'язаних зі зносом обладнання та потенційним псуванням сировини.

Елеватори дедалі активніше впроваджують інноваційні технології, спрямовані на енергоощадність та зменшення викидів. Використання сонячних панелей, біогазових установок, IoT-датчиків, цифрових систем моніторингу та «цифрових двійників» дає змогу контролювати стан зерна,

своєчасно виявляти ризики і знижувати втрати. Вторинне використання відходів та автоматизація внутрішніх процесів підвищують ефективність роботи і мінімізують негативний вплив на довкілля. Упровадження таких рішень є стратегічною інвестицією, що забезпечує рентабельність і відповідність екологічним стандартам [11, 22, 29].

2. Заходи боротьби зі шкідливим впливом на атмосферне повітря елеваторів

У контексті зростаючого екологічного тиску особливо актуалізується питання контролю за викидами пилу від зернопереробних підприємств. Тому впровадження ефективних заходів, спрямованих на зниження забруднення атмосферного повітря, є нагальною необхідністю [15, 27].

Елеваторний комплекс включає робочу вежу, де розміщені норії, транспортери, вагове обладнання, зерноочисні машини та аспіраційні системи, а також силосний корпус, що складається із залізобетонних або металевих резервуарів, призначених для зберігання зерна [17, 25].

Основні негативні наслідки експлуатації зернових елеваторів пов'язані з утворенням дрібнодисперсного зернового пилу, використанням пестицидів і хімічних препаратів для зберігання зерна, високим енергоспоживанням [1, 23, 28].

Під час приймання, очищення та відвантаження зерна значна частина дрібного зернового пилу викидається в атмосферу. За відсутності ефективних фільтрів і аспірації пилу навколишнє повітря може забруднюватися понад гранично допустимі норми [5, 24].

Щоб зменшити негативний вплив елеваторів на атмосферу, потрібно реалізувати комплекс заходів. Сучасні елеватори обладнують централізованими та локальними аспіраційними установками: локальні витяжки над вузлами подачі та завальних ямах, а також модульні фільтраційні блоки з автоматичним самоочищенням для центральних точок

(норії, конвеєри, сушарки). Такі системи здатні уловлювати до 95 - 99 % дрібнодисперсного пилу ще до його викиду в атмосферу [2, 31].

Фільтрувальне обладнання (циклонні уловлювачі, рукавні фільтри, електрофільтри) має відповідати інтенсивності технологічного потоку: циклон ефективний для крупних фракцій, а тонкодисперсні частинки затримують тканинні фільтри з автоматичним продуванням. У сукупності це значно знижує рівень запиленості повітря й відповідає сучасним стандартам гігієни [32, 34].

Також варто проводити енергоаудит для складання енергетичного балансу та виявлення «вузьких місць» витрат. Використовують енергоощадні двигуни (з частотною плавною регуляцією), оптимізують транспортування зерна (зменшують горизонтальні маршрути та висоту підйому), підтримують вентиляційні системи у силосах тощо [11, 12].

Особлива увага приділяється сушаркам. Їхнє налаштування на мінімальні параметри і контроль вологості зерна гарантують економію енергії. Крім того, модернізують теплогенеруюче обладнання: встановлюють котли на біопаливі (агropалети, деревинні відходи, солома) або впроваджують власні установки з виробництва біогазу з органічних відходів господарства. Це дозволяє значно зменшити викиди CO₂ порівняно з природним газом. Одночасне використання газу і альтернативних джерел (гібридні схеми) забезпечує стабільність постачання тепла за будь-яких умов [11, 33].

Інтелектуальні системи управління (контролери обладнання, сенсори вологості/температури, керовані повітропроводи) дозволяють оптимізувати режими сушіння і транспортування, швидко реагувати на відхилення від норми і зменшувати «людський фактор». Наприклад, завдяки автоматичному регулюванню сушарок у реальному часі вдається уникнути пересушування зерна, що скорочує витрати палива [25, 29].

Впровадження систем дистанційного моніторингу дає можливість відстежувати рівень запиленості повітря, концентрацію пилу в разі

аварійного режиму, а також виконувати передбачуване обслуговування обладнання. Це сприяє економії енергії та підвищенню безпеки: наприклад, автоматичне відсікання продування чи зупинка вузлів при перевищенні допустимих параметрів запобігають аваріям [22, 25].

Надзвичайно важливими елементами технології є аерація та вентилявання. Вони забезпечують очищення зернової маси від надлишкової вологи та продуктів метаболізму (водяної пари, CO₂, етилену), що перешкоджає розвитку плісняви та розмноженню шкідників. Охолодження зерна атмосферним повітрям до температури +15⁰C і нижче переводить комах у стан анабіозу, що дозволяє суттєво обмежити або повністю відмовитися від використання хімічних засобів захисту [12, 14].

У разі критичного рівня зараження застосовують сучасні методи дезінсекції:

- небулізація – внесення інсектицидів у формі дрібнодисперсного аерозолю, що забезпечує рівномірне покриття зерна при мінімальних витратах препарату [17, 23].
- фумігація – використання газоподібних речовин (наприклад, на основі фосфіду алюмінію). Цей метод є високоефективним, проте вимагає повної герметизації сховища та суворого дотримання регламентів безпеки через високу токсичність для людей і довкілля [6, 21].

Тривале зберігання зернової сировини неминуче пов'язане з ризиками втрати якості через життєдіяльність мікрофлори. Забезпечення технологічної стійкості зерна досягається шляхом комбінування фізичних та хімічних методів підготовки [12, 14]. Аерація та активне вентилявання (продування повітря крізь товщу зерна) сприяють «оздоровленню» маси та подовженню терміну її зберігання без втрати кондиційних показників.

Незважаючи на ефективність фумігації у знищенні комах на всіх стадіях розвитку, пріоритетом сучасної екологічної політики елеваторів є профілактика та природна консервація. Зниження температури зерна та використання електрострумів для стабілізації маси дозволяють мінімізувати

хімічне навантаження на продукцію [23, 30].

Експлуатація застарілих елеваторних господарств створює мультифакторні ризики: від забруднення повітря пилом до загрози вибухів. Для їх мінімізації необхідні інвестиції у високоефективне обладнання:

1. Впровадження пневмосепараторів із замкнутим циклом повітря є стратегічним рішенням, оскільки це не лише мінімізує обсяг викидів, а й усуває проблему накопичення пилу в механічних вузлах, що часто є причиною аварій [31, 35].

2. Використання інноваційних батарейних циклонів із жалюзійними елементами дозволяє знизити гідравлічний опір і, як наслідок, витрати електроенергії на роботу вентиляторів [34].

3. Перехід на біопаливо (пелети з лушпиння, солома) дозволяє елеватору стати енергетично незалежним та зменшити вуглецевий слід [11, 33].

4. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу та IoT-датчиків дозволяє оптимізувати маршрути транспортування зерна всередині комплексу. Це зменшує механічне пошкодження зерна (і відповідно, утворення пилу) та мінімізує вплив людського фактора на безпеку виробництва [22, 29].

Сучасні технологічні рішення дозволяють трансформувати елеватор із джерела екологічної небезпеки на екологічно стабільне підприємство. Капіталовкладення в модернізацію аспіраційних систем та енергоефективне обладнання швидко окупаються за рахунок економії ресурсів та підвищення якості збереженої продукції [11, 30].

2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Фізико-географічна та природно-кліматична характеристика території розташування об'єкту дослідження

Фізико-географічне розміщення Волинської області доволі вигідне. Область належить до регіону із відносно збереженими природно-територіальними комплексами. Проте, простежуються суттєві відмінності в їх освоєності у різних районах області. Найбільш перетворені ландшафти південної лісостепової частини області [9, 18].

Основними особливостями ландшафтів області є наявність крейдових порід, рівнинність, значний розвиток льодовикових форм рельєфу, карсту, високе залягання ґрунтових вод, значні показники густини річкової мережі та заозереності, перезволоженість і заболоченість, широкий розвиток долинних ландшафтів [18, 19].

За природними умовами область поділяють на такі зони: північнополіську, південнополіську і лісостепову. На теренах Волинської області чітко виділяють два види ландшафтів – поліський і лісостеповий. Для поліських ландшафтних районів характерні велика лісистість, заболоченість місцевостей, переважання малородючих ґрунтів, наявність значної кількості заплавлених і карстових озер [9].

Для лісостепових ландшафтних районів властивий долинно-грядовий рельєф, ускладнений яружно-балочними й карстовими формами із сірими опідзоленими ґрунтами в поєднанні з малогумусними чорноземами. Лісова рослинність становить 20 % території зони [18].

«.....»– селище у «.....» районі, Волинської. Висота селища над рівнем моря становить близько 199 м. Населений пункт має вигідне транспортно-географічне положення. Він розташований на відстані близько 22 км від районного центру, 25 км від міста «.....» та приблизно 2 км від автомобільного шляху державного значення Ковель – Ягодин, який

забезпечує вихід до міжнародного пункту пропуску на кордоні з Республікою Польща. Територія характеризується розвиненою транспортною інфраструктурою: налагоджене регулярне автобусне сполучення з містами Луцьк, Ковель, Любомль, Володимир-Волинський, що сприяє мобільності населення та забезпечує доступ до основних адміністративних, соціальних і виробничих центрів області [16, 19].

Рисунок 2.1 – Карта-схема смт. «.....» Волинської області

Рельєф цієї частини Волині належить до рівнин Поліської низовини. Територія характеризується пологою поверхнею без різких перепадів висот; ландшафт сформований на давніх алювіально-болотних відкладах, що обумовлює заболоченість окремих ділянок.

Клімат помірно - континентальний, із м'якою зимою та теплим літом. Середньорічна температура повітря у Волинській області становить близько 7,0–7,5 °С. Середня температура найхолоднішого місяця (січня) приблизно – 2,4 °С, а найтеплішого (липня) біля +18 °С.

Середньорічна сума опадів – близько 550 - 600 мм. Найбільше опадів випадає влітку та восени. У місцевості переважають західні вітри в зимовий та літній періоди. Загалом клімат характеризується достатньою зволоженістю та помірними температурними амплітудами між порами року, що типово для Волинського Полісся [16].

Погодно-кліматичні показники потрібно враховувати при розрахунку розсіювання речовин в атмосферному повітрі території [20]. Ці дані наведені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Метеорологічні характеристики та коефіцієнти, що впливають на розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Назва характеристики	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, A	180
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура найбільш жаркого місяця року, °C	+25
Середня температура найбільш холодного місяця, °C	-2,4
Середньорічна роза вітрів, %	
Північні	8,5
Північно-східні	7,1
Східні	13,4
Південно-східні	11,6
Південні	10,5
Південно-західні	11,9
Західні	24,0
Північно-західні	13,0
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5 %, м/с	6-7

Ґрунтовий покрив навколо представлений головним чином дерново-підзолистими малородючими ґрунтам. В межах Ковельського району переважають дерново-підзолисті та торф'яні і лучні на заплавах рівнинах). Родючість цих ґрунтів невисока через кислі лужні умови і помірний вміст гумусу. Рослинність належить до типового волинського Полісся: лісами вкрито близько 25% території району [9, 18].

Водні ресурси досліджуваного регіону належать до басейну Прип'яті (Чорне море). Через територію Ковельського району протікають річки Турія

та Стохід (притоки Прип'яті). Безпосередньо поблизу Лукова тече річка Вижівка, що є лівою притокою Прип'яті. На північному заході району розташовано багато озер, найвідоміше з них – Світязь (Шацькі озера).

Освоєння водних ресурсів переважно обмежене невеликими ставками для риборозведення та використанням річок для рибальства. Поліські болота і заплави мають великий екологічний потенціал, але й накладають обмеження на господарську діяльність. Наявність заказників і національних парків накладає юридичні обмеження: у межах охоронних зон заборонено нове будівництво та інтенсивне використання земель (особливо для промислових потреб чи інтенсифікації сільського господарства) [26, 32].

Таким чином, екологічні умови регіону формують особливий режим природокористування з урахуванням збереження природного середовища і обмежують лише тимчасові чи легкі за характером втручання в ландшафт.

Волинська область традиційно асоціюється з відносно невеликою кількістю викидів, скидів, утворення відходів, чистим довкіллям, значною кількістю добре збережених ландшафтів та об'єктів ПЗФ. Проте з року в рік у зв'язку із збільшенням навантаження пересувних та стаціонарних джерел на атмосферне повітря відбувається погіршення якості довкілля, санітарного стану території, фіксуються перевищення концентрацій забруднюючих речовин [9, 24].

2.2 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Виробничі потужності елеваторного господарства Товариства з обмеженою відповідальністю «.....», що є об'єктом дослідження знаходяться на одному виробничому майданчику у Волинській області, «.....», смт «.....». Територія планової діяльності сформована із семи земельних ділянок.

Промисловий майданчик елеваторного господарства спеціалізується на прийманні, просушуванні, обробленні та зберіганні зернопродуктів від

юридичних та фізичних осіб України. Річна продуктивність елеваторного господарства становить понад 200 тис. тонн зернових культур, пропускна спроможність підприємства складає 200 тон/год.

На території господарства здійснюються операції по: прийманню, сушінню, первинній обробці та зберіганню зерна; прийманню, зберіганню та відпуску нафтопродуктів (дизпаливо); приймання, зберігання та транспортування зрідженого вуглеводневого газу (пропан-бутану); допоміжні операції (металообробка, вироблення теплоенергії для опалення та електроенергії).

На території промислового майданчика знаходяться такі структурні підрозділи:

- зерноприймальний комплекс;
- зерноочищуваний пункт;
- зерносушильний пункт;
- паливо заправний пункт;
- склад зрідженого вуглеводневого газу;

Допоміжне господарство:

- механічна майстерня;
- котельня адміністративно – побутового приміщення.

Зерноприймальний комплекс включає пілотні залізничні колії, установку залізничних ваг, транспортних естакад із стрічковим транспортером для транспортування зерна, пункт відвантаження зерна до залізничного транспорту (навантажувальний пристрій бункерного типу), пункт розвантаження зерна.

Складські приміщення у вигляді: завальних ям, силосних зерносховищ (елеваторних ємностей), зерносховище силосного типу Sukur. Для очищення зерна встановлено сепаратор БСХ-200 та зерновий сепаратор ЛУЧ БСО-200, продуктивністю 200 т/дод.

Для просушування зерна на території розміщені зерносушарка SUKUP та проміжне зерносховище силосного типу Sukur перед зерносушаркою

(500т). Теплогенератор зерносушарка Sukup, Strahl працює на зрідженому газу (пропан-бутановій суміші). Для забезпечення зерносушарки паливом на території комплексу встановлена наземна ємність об'ємом 5 м³.

Відомості щодо сировини, хімікатів, паливно-мастильних матеріалів та інших матеріалів, що використовуються на підприємстві, їх зберігання та споживання зазначені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Сировина, допоміжні матеріали, які необхідні для випуску продукції

№ п/п	Сировина, допоміжні матеріали	Призначення	Умови зберігання	Річне викорис-тання	Документація, що регламентує вимоги санітарного законодавства
1	Зернові культури	Очистка, сушка та зберігання	склади та силосні ємкості	250000 т	ДСТУ 3768:2010 «Пшениця. Технічні Умови» та ін.
2	ЗВГ	Спалювання, вироблення тепла	резервуар	1254,5 м³	ДСТУ 4047-2001 (1) «Гази вуглеводневі скраплені паливні для комунально-побутового споживання. Технічні умови». Зі зміною та поправкою
3	Дизельне паливо	Заправка автотранспорту	резервуари	700 м³	ДСТУ 3868-99 Паливо дизельне Технічні умови
		Вироблення електроенергії	бак дизель-генератора	4,9 т	
4	Електрод Моноліт РЦ (АНС-3)	Зварювання металів	склади в оригінальній упаковці	200 кг.	ТУ У 28.7-34142621-007:2012
5	Дрова	Вироблення тепла	не зберігається	25 т	Сертифікат відповідності

Допоміжна інфраструктура елеваторного господарства, необхідної для забезпечення його безперебійної роботи та потреб персоналу складається з котельні для адміністративно-побутового приміщення, яка використовує деревину як паливо для опалення, а також механічна майстерня, обладнана

зварювальним постом і металообробними верстатами для проведення ремонтних робіт. Функціонує автозаправний пункт, призначений для заправки власного автотранспорту дизельним паливом. Крім того, на території розташовані прохідна, закрита трансформаторна підстанція, потужністю 10кВт, адміністративні приміщення, вагові для зважування, навіс, спеціальний майданчик для контейнерів та складські приміщення.

Дані по використанню палива для вироблення тепла, пари та електричної енергії приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Використання палива для технологічних потреб, вироблення тепла, пари та електричної енергії, транспортних потреб

Види палива	Річне використання (т)	Вміст сірки, %	Вміст золи, %	Калорійність, Ккал/м³	Направлення використання					
					Технологічні потреби	Транспорт (внутрішній)	Вироблення електроенергії, кВт·год/рік		Вироблення пари та тепла, Гкал/рік	
							Усього	На власні потреби	Усього	На власні потреби
Дрова	25.0	-	0.7	5900	-	-	-	-	147.5	147.5
Дизельне паливо	599.9	0.2	0.01	11000	-	595	62.69	62.69	-	-
ЗВГ	700	-	-	10800	700	-	-	-	7560	7560

2.3 Санітарно-захисна зона підприємства

Санітарно-захисна зона (СЗЗ) є обов'язковим елементом планувальної організації будь-якого підприємства, діяльність якого пов'язана з утворенням шкідливих факторів для довкілля та населення. Вона призначена для відокремлення промислового майданчика від житлової забудови, об'єктів

соціальної інфраструктури та земель рекреаційного призначення. Формування та розміри СЗЗ визначаються відповідно до вимог Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів (ДСП №173-96), а також чинних галузевих нормативів [7, 25].

Для промайданчика елеватора СЗЗ встановлена з урахуванням характеру виробництва, типів обладнання, викидів забруднювальних речовин в атмосферу, рівнів шуму, наявності залізничної інфраструктури та близького розташування житлової забудови. Оскільки основні технологічні об'єкти елеватора (зерносушарки, паливо-заправний пункт, інтенсивний рух на залізниці) вимагають встановлення СЗЗ розміром 100 метрів, підприємство належить до IV класу небезпеки [4, 21].

На підприємстві наявні виробничі процеси та технологічні об'єкти, для яких нормативними документами визначено такі мінімальні розміри СЗЗ:

- зерносушильний пункт – 100 м;
- паливно-заправний пункт (дизельне паливо) – 100 м;
- склади зберігання сільськогосподарської продукції – 50 м;
- металообробні процеси (ремонтні та слюсарні майстерні) – 50 м;
- залізничні під'їзні колії, що обслуговують підприємство – 100 м у кожен бік від крайньої рейки;
- склад зрідженого газу, що використовується у технологічному процесі – 100 м.

Промисловий майданчик розташований поблизу житлових будинків та об'єктів іншого призначення. Мінімальні зафіксовані відстані становлять: 45 м – до найближчої житлової забудови від крайньої колії; 65 м – у південно-східному напрямку; 75 м – у західному напрямку; 160 м – у північно-західному напрямку (рис. 2.2).

Оскільки частина житлових об'єктів розташована на відстані меншій за нормативні 100 м, для підприємства було проведено спеціалізований розрахунок забруднення атмосферного повітря, рівнів шуму та обґрунтовано можливість встановлення СЗЗ у мінімально допустимих межах [6, 20].

Відповідно до висновку Державної санітарно-епідеміологічної експертизи, який містить результати інструментальних вимірювань та моделювання поширення забруднень [24, 32], для підприємства встановлено:

Рисунок 2.2 - Ситуаційна картосхема елеваторного господарства.

Санітарно-захисну зону радіусом 100 м від умовного центру проммайданчика. Експертиза підтвердила, що у межах встановленої зони концентрації забруднювальних речовин, рівні шуму та інші шкідливі фактори не перевищують гранично допустимих рівнів за умови дотримання передбачених технічних та організаційних заходів.

2.4 Методика дослідження атмосферного забруднення

Головна мета дослідження якості атмосферного повітря полягає у зборі та аналізі даних про рівень його забруднення різними шкідливими речовинами, що викидаються у повітря в результаті господарської діяльності. Тому вивчаючи рівні концентрацій шкідливих речовин, ідентифікують джерела викидів забруднюючих речовин, здійснюють моніторинг рівнів

забруднення протягом певного періоду [24, 27].

Аналіз якісного й кількісного складу повітря є першочерговим для оцінки наявного екологічного стану повітряного басейну; прогнозування майбутніх рівнів забруднення та їх потенційного впливу; розробки та запровадження ефективних заходів для покращення якості повітря та захисту довкілля. Таким чином, усі параметри аналізу забруднення повітря слугують обов'язковою основою щодо управління якістю повітря та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [1, 32].

Методика дослідження атмосферного забруднення для елеваторного господарства включають розрахункові методики визначення викидів та математичне моделювання розсіювання цих викидів. Обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел були розраховані на основі затверджених методик Міністерства охорони навколишнього природного середовища, щодо кількості сировини, палива, фонду робочого часу обладнання та умов його використання [15, 20].

Для більшості джерел, пов'язаних з обробкою та транспортуванням зерна (наприклад, завальні ями, транспортери, склади), де утворюються речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил зерна), застосовувався розрахунковий метод згідно зі «Збірником показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами» [13].

Для об'єктів спалювання палива (котел, дизель-генератор, зерносушарки) розрахунок проводився згідно з методиками, що використовують питомі показники емісії забруднюючих речовин, які відводяться в атмосферне повітря різними виробництвами. Для дизель-генератора та зерносушарок розрахунок виконано з використанням галузевих методик розрахунку викидів від стаціонарних установок спалювання [13, 15]. Для організованих аспіраційних систем (Циклони БЦШ-550): Викиди розраховувалися з урахуванням об'єму газоповітряного потоку, концентрації на вході та ефективності очищення газоочисного устаткування (ПГОУ).

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі виконано за допомогою програми «ЕОЛ Плюс» версія 5.3. Ця програма відповідає вимогам Міністерства охорони навколишнього природного середовища. Розрахунки розсіювання проводилися для максимально можливих разових викидів за найбільш несприятливих напрямках вітру.

Розрахунки мали на меті визначення максимальних приземних концентрацій у контрольних точках: на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ); на межі найближчої житлової забудови. Вони враховували фонові концентрації забруднюючих речовин у повітрі, які беруться до уваги при розрахунку приземних концентрацій. Для забезпечення контролю за дотриманням нормативів застосовуються: інструментально-лабораторні виміри для контролю за дотриманням затверджених дозвільних обсягів викидів; періодичні вимірювання (1 раз на рік) проводяться для речовин, що є найбільш поширеними або для яких встановлено нормативи, наприклад, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, оксиди азоту, оксид вуглецю. Для твердих суспендованих частинок на джерелах №2, 3, 18 застосовується методика МВВ №081/12-0161-05. Для джерел, де через конструктивні особливості газоходу або відсутність ділянки відбору проб неможливо провести інструментально-лабораторні виміри, максимальні секундні викиди визначалися розрахунковим методом [15, 24].

3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин на елеваторному господарстві

Елеваторне господарство функціонує як складний безповоротно впроваджений комплекс, що обробляє, зберігає та транспортує значні обсяги зернових культур, включаючи повний цикл робіт: приймання, лабораторний контроль, очищення, сушіння, зберігання у металевих силосах (зокрема, Sukup 4812 та Sukup 7213), та фінальне відвантаження. З огляду на проектну річну потужність 360 тис. тонн з очистки та 200 тис. тонн із сушки зернових, а також повну місткість зберігання 84 тис. тонн, підприємство класифікується як потужне джерело потенційних викидів, що вимагає ретельної інвентаризації та державного екологічного обліку.

Технологічний процес починається з доставки неочищеного зерна автомобільним транспортом, з якого воно вивантажується у завальні ями автоприймачів. З цих ям зерно подається у норійно-очисну вежу, де відбувається первинна та вторинна очистка. Подальші етапи включають сушіння, що забезпечується високопродуктивними зерносушарками, та тривале зберігання у вентильованих металевих силосах. Кожна з цих операцій, особливо ті, що супроводжуються механічною дією на зерно або високотемпературною обробкою, є стаціонарним джерелом утворення забруднюючих речовин.

Роль оперативного контролю якості зерна в контексті викидів має вирішальне значення. Наявність міні-лабораторії, що забезпечує швидкий аналіз показників (волога, білок, засміченість), дозволяє оперативно коригувати режими сушіння та очищення [12, 14]. Це непрямо впливає на екологічні показники. Якщо вхідна сировина має високу засміченість, це вимагає більш агресивних режимів очищення на обладнанні, як-от сепаратор БСХ-200. Сепаратор використовує два контури повітряної очистки для

видалення легких відходів. Підвищення засміченості призводить до збільшення навантаження на аспіраційні системи та зростання концентрації пилу у вентиляційному потоці, що, у свою чергу, підвищує вимоги до ефективності пристроїв газоочищення та пиловловлювання (ПГОУ), таких як циклони 4БЦШ. Таким чином, якість вхідного матеріалу є первинним фактором, що визначає обсяг та характер пилових викидів.

Джерела забруднення атмосферного повітря на елеваторному господарстві класифікуються на організовані (точкові) та неорганізовані джерела. Така класифікація визначає метод розрахунку викидів та необхідні заходи контролю [15, 27].

Організовані джерела – це технологічні агрегати, де викид відбувається через спеціально спроектовані системи відведення (димові труби, аспіраційні повітроводи). На елеваторі до них належать: зерносушарка (викиди продуктів горіння та пилу), котельня (викиди продуктів горіння), а також викиди аспіраційних систем, встановлених після очисного обладнання (наприклад, після сепаратора БСХ-200, захищеного циклоном 4БЦШ). Основними забруднюючими речовинами тут є викиди пилу (суспендовані тверді частинки), оксиди азоту – NO_x та оксид вуглецю – CO та органічні газові сполуки (табл. 3.1) [13, 20].

Неорганізовані, викиди виникають внаслідок механічних процесів, що відбуваються поза спеціально обладнаними витяжними системами, наприклад, при вивантаженні зерна, при пересипах матеріалу між транспортними механізмами) та при вентиляції силосів [2, 35]. Контроль цих джерел вимагає інженерних рішень, таких як системи локального аспірування, герметизація та управління негативним тиском [11, 31].

Таблиця 3.1. - Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин

№	Джерела утворення	Місце відбору проб	Діаметр газоходу, м	Витрата на вході в ГОУ, м³/с	Швидкість, м/с	Температура, °С	Назва забруднюючої речовини	Код	Максимальна масова концентрація ЗР, мг/м³	Потужність викиду, г/с	Потужність викиду, кг/год
I. Переробка, очищення, зберігання											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Завальна яма №1	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (РВСЧ)	03000/2902	-	0,026	0,0936
2	Труба аспірації циклону 4 БЦШ-550 (Сепаратор БСХ-200)	Труба аспірації	0,4	0,58	8,2	10	РВСЧ	03000/2902	64,19	0,0629	0,2264
3	Труба аспірації циклону 4 БЦШ-550 (Сепаратор БСХ-200)	Труба аспірації	0,4	0,6	8,7	10	РВСЧ	03000/2902	65,72	0,0683	0,2458
4	Бункер грубих відходів	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,0196	0,0705
5	Бункер аспіраційних відходів	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,0049	0,0176
6	Транспортне обладнання (Норія вивантаження з/я №1)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,187	0,6732
7	Транспортне обладнання (Ланцюговий транспортер з/я №1)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,28	1,008
8–11	Рукава транспортера верхнього завантаження зерна з/д вузла №1 (4 шт.)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,187 (на джерело)	0,6732 (на джерело)

Продовження таблиці 3.1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	Завальна яма №2	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,026	0,0936
13	Транспортне обладнання (Норія 1,2 вивантаження з/я №2)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,317	1,1412
14–17	Рукава транспортера верхнього завантаження зерна з/д вузла №2 (4 шт.)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,187 (на джерело)	0,6732 (на джерело)
18	Труба аспірації сепаратора Луч ЗСО-200 (Циклон 4 БЦШ-550)	Труба аспірації	0,4	0,65	10,5	11	РВСЧ	03000/2902	62,95	0,0787	0,2833
19	Рукав вивантаження зерна в АТЗ з завальної ями №4	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,093	0,3348
20	Завальна яма №4	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,026	0,0936
21	Система аспірації проміжної ємності Sukur	Труба аспірації	0,4	-	0,31	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,022	0,0792
24–36	Дихальні патрубки зерносховища Sukur (13 шт.)	Дихальні патрубки	0,4	-	0,4	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,029 (на джерело)	0,1044 (на джерело)
37–39	Дихальні патрубки зерносховища Sukur (3 шт.)	Дихальні патрубки	0,4	-	0,4	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,029 (на джерело)	0,1044 (на джерело)
40–49	Рукав бокового вивантаження зернових продуктів з силосу (10 шт.)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,023 (на джерело)	0,0828 (на джерело)
50	Система аспірації проміжної ємності Sukur	Труба аспірації	0,4	-	0,31	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,022	0,0792
51	Завальна яма №3	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,013	0,0468

Продовження таблиці 3.1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
55–56	Рукава транспортера верхнього завантаження зерна з/д вузла №5 (2 шт.)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,187 (на джерело)	0,6732 (на джерело)
57	Транспортне обладнання (Норія вивантаження з/я №3)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,14	0,504
62–65	Склади зернових культур №1–4 (4 шт.)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,093 (на джерело)	0,3348 (на джерело)
66–69	Система аспірації проміжної ємності Sukur (4 шт.)	Труба аспірації	0,4	-	0,12	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,009 (на джерело)	0,0324 (на джерело)
70	Труба аспірації циклону 4 БЦШ-550 (Сепаратор горизонт-к)	Труба циклону	0,4	1,47	11,7	10	РВСЧ	03000/2902	-	0,598	2,1528
75–77	Система аспірації проміжної ємності Sukur (3 шт.)	Труба аспірації	0,4	-	0,12	26	РВСЧ	03000/2902	-	0,009 (на джерело)	0,0324 (на джерело)
II. Джерела спалювання та енергетика											
58	Димова труба котла Атмос-50	Димова труба	0,25	-	2,2	142	РВСЧ	03000/2902	59,92	0,0027	0,00972
							Оксиди азоту (у перерахунку на NO ₂)	04000/301	363,7	0,0669	0,24084
							Оксид вуглецю (CO)	07001/337	1348,4	0,06	0,216
							Діоксид вуглецю (CO ₂)	07000/11812	-	2,03	7,308
							Метан	12001/410	-	0,0001	0,00036
							Азоту (I) оксид (N ₂ O)	04001	-	0,0001	0,00036
							НМЛОС	11000	-	0,0009	0,00324
22	Нижній модуль зерносушарки Sukur 2452E	Неорганізоване	2	-	5,8	40	Діоксид вуглецю (CO ₂)	07000/11812	-	21,56	77,616

Продовження таблиці 3.1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
							Оксиди азоту (NO ₂)	04000/301	-	0,1389	0,50004
							Оксид вуглецю (CO)	07001/337	-	0,1235	0,4446
							РВСЧ	03000/2902	-	0,1696	0,6105
23	Верхній модуль зерносушарки Sukur 2452E	Неорганізоване	2	-	5,8	40	Діоксид вуглецю (CO ₂)	07000/11812	-	21,56	77,616
							Оксиди азоту (NO ₂)	04000/301	-	0,1389	0,50004
							Оксид вуглецю (CO)	07001/337	-	0,1235	0,4446
52–54	Система аспірації зерносушарки Strahl 12000 (3 джерела)	Аспірація с-ми зерносушарки	1	-	7,9	40	Діоксид вуглецю (CO ₂)	07000/11812	-	19,16 (на джерело)	68,976 (на джерело)
							Оксиди азоту (NO ₂)	04000/301	-	0,1235 (на джерело)	0,4446 (на джерело)
							Оксид вуглецю (CO)	07001/337	-	0,1097 (на джерело)	0,39492 (на джерело)
74	Вихлопна труба дизель-генератора DOOSAN AD93	Вихлопна труба	0,1	-	2,5	150	Оксиди азоту (у перерахунку на NO ₂)	04000/301	-	0,248	0,8928
							Оксид вуглецю (CO)	07001/337	-	0,16	0,576
							Діоксид сірки	05001/330	-	0,031	0,1116
							РВСЧ (Сажа)	03000/2902	-	0,013	0,0468
							Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	11000/2754	-	0,075	0,27
							Формальдегід	11049/1325	-	0,003	0,0108
							Бенз(а)пірен	13101/703	-	0,000001	0,0000036
III. Допоміжні операції											
59	Механічна майстерня (Зварювання металів)	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	Оксид вуглецю (CO)	07001/337	-	0,06	0,216
							РВСЧ	03000/2902	-	0,016	0,0576
							Заліза оксид (у перерахунку на Fe)	01003/123	-	0,0006	0,00216

Продовження таблиці 3.1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
							Манган та його сполуки (у перерахунку на MnO_2)	02004/143	-	0,0001	0,00036
							Фтористі сполуки	16000/342-344	-	0,00003–0,0003	0,000108–0,00108
60	Дихальний клапан (резервуар ДП)	Дихальний клапан	0,04	0,015	11,94	25,6	Сірководень (H_2S)	05002/333	-	0,000005	0,000018
							Вуглеводні граничні $C_{12}-C_{19}$	11000/2754	-	0,000053	0,0001908
71	Резервуар для зберігання ЗВГ (зливний патрубок)	Зливний патрубок	0,03	0,003	4,1	26	Пропан	11000/10304	-	1,915	6,894
							Бутан	11000/402	-	2,87	10,332
72	Свіча стравлювання газу газопроводу (ремонт)	Свіча стравлювання	0,02	0,001	4,1	26	Пропан	11000/10304	-	0,078	0,2808
							Бутан	11000/402	-	0,117	0,4212
73	Злив ЗВГ в резервуар	Неорганізоване	0,5	-	1,5	26	Пропан	11000/10304	-	0,002	0,0072
							Бутан	11000/402	-	0,002	0,0072
							Одорант СПМ	05000/1716	-	0,000001	0,0000036

3.2 Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин від елеваторного господарства

Технологічний процес елеваторного господарства включає приймання, очищення, сушіння, транспортування та зберігання зерна, що супроводжується утворенням пилових і газоподібних викидів. Основні операції, під час яких формується пил, - це приймання і пересипання зерна, його механічне транспортування, робота сепараторів та вентилявання зернової маси під час зберігання (табл.3.2).

Зерно надходить у Завальну яму №1 (Джерело №1) об'ємом 200 м³ та продуктивністю 200 т/год; через неї щорічно проходить близько 150 тис. тонн продукції. У зоні завальної ями, на норіях (Джерела №6, 12, 13, 19, 75, 76) та ланцюгових транспортерах (Джерело №7) утворюється найбільша кількість пилових викидів через інтенсивне пересипання та рух зерна. Частина транспортного обладнання оснащена рукавами для пилоосадження, однак навіть при їх використанні залишається значний пиловий фон.

Під час очищення зерна пил утворюється у сепараторах БСХ-200 (Джерела №2–3), які працюють разом із циклоном 4 БЦШ-550 зі ступенем очищення повітря близько 95%. Бункери грубих і дрібних домішок (Джерела №4–5) є другорядними джерелами пилових викидів. Додаткове очищення здійснюється сепараторами типу горизонт-К і аспіраційними колонками КАО (Джерело №70), що також потребують ефективної системи аспірації. Усі ці процеси супроводжуються виділенням твердих частинок, які складають значну частку сумарних викидів елеватора.

Важливим джерелом газоподібних викидів є модульні зерносушарки Strahl FR 12000 і Strahl 2452E (Джерела №22–23, 52–54), що працюють переважно на природному газі. Під час їх роботи в атмосферу надходять оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_x) та продукти неповного згоряння. Додаткові газові викиди утворює твердопаливний котел Атмос-50 (Джерело №58), який використовується для опалення адміністративних приміщень. За масовим потоком цей котел перевищує нормативні значення для оксиду

Таблиця 3.2 – Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин (джерела №1–77)

Назва джерела утворення	Номер джерела	Місце відбору проб (тип викиду)	Висота, м	Діаметр, м	Витрата, м³/с	Швидкість, м/с	Температура, °C	Найменування забруднюючої речовини	Макс. конц. (мг/м³)	Сер. конц. (мг/м³)	Потужність викиду (г/с)	Потужність викиду (кг/год)	Потужність викиду (т/рік)
I. Джерела, пов'язані з переробкою та зберіганням зерна													
Завальна яма №1	1	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,026	0,0936	0,07
Труба аспірації циклону 2БЦШ-550 (секція очистки СРУ БСХ-200)	2	труба аспірації	7	0,4	0,98	8,2	10	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	64,19	62,46	0,0629	0,2264	0,106
Труба аспірації циклону 4 БЦШ-550 (Секція очистки СРУ БСХ-200)	3	труба аспірації	7	0,4	1,04	8,7	10	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	65,72	65,51	0,0683	0,2458	0,106
Бункер грубих відходів	4	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,0196	0,0705	0,007
Бункер аспіраційних відходів	5	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,0049	0,0176	0,002
Транспортне обладнання (Норія вивантаження зерна в АТЗ з завальної ями №1)	6	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,187	0,6732	0,017
Транспортне обладнання (анцюговий транспортер вивантаження зерна в АТЗ з завальної ями №1)	7	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,28	1,008	0,0685

Продовження таблиці 3.2

Рукаватранспорте ра верхнього заван таження зерна з/д вузла №1 (вузька колія)	8-11	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,187	0,6732	0,084
Завальна яма №2	12	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,026	0,0936	0,047
Транспортне обладнання (норія 1,2 вивантаження зерна в АТЗ з завальної ями №2)	13	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,317	1,1412	0,0285
Рукава транспор тера верхнього завантаження зерна з/д вузла №2 (вузька колія)	14-17	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,187	0,6732	0,084
Труба аспірації сепаратора Луч ЗСО-200 (Циклон 4 БЦШ-550)	18	труба аспірації	7	0,4	1,25	10,5	11	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	62,95	60,44	0,0787	0,2833	0,146
Рукав вивантаження зерна в АТЗ з заваль ної ями №4	19	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,093	0,3348	0,017
Завальна яма №4	20	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,026	0,0936	0,028
Система аспірації проміжної ємності (Sukup, d=0,4)	21	труба аспірації (система аспірації)	14	0,4	0,028	0,31	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,022	0,0792	0,039
Нижній модуль зерносушарки Sukup 2452E	22	неорганізоване	7	2	3,22	5,8	40	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,1696	0,6105	0,288

Транспортне обладнання (Норія вивантаження зерна в АТЗ з завальної ями №3)	57	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,14	0,504	0,343
Склад зернових культур №1	62	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,093	0,3348	0,075
Склад зернових культур №2	63	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,093	0,3348	0,118
Склад зернових культур №3	64	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,093	0,3348	0,118
Склад зернових культур №4	65	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,093	0,3348	0,118
Система аспірації проміжної ємності (Sukup)	66–69	труба аспірації	25	0,4	0,011	0,12	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,009	0,0324	0,068
Труба аспірації циклону 4 БЦШ-550 (Сепаратор горизонтально-горизонт-к)	70	труба циклону	7	0,4	1,47	11,7	10	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,598	2,1528	4,479
Система аспірації проміжної ємності (Sukup)	75–77	труба аспірації	25	0,4	0,011	0,12	26	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,009	0,0324	0,068
II. Джерела спалювання палива (організовані)													
Димова труба котла Атмос-50	58	димова труба	10	0,25	0,071	2,2	142	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	59,92	54,0	0,0027	0,00972	0,12

Продовження таблиці 3.2													
								Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту)	363,7	-	0,0669	0,24084	0,06
								Діоксид вуглецю	-	-	2,03	7,308	31,56
								Оксид вуглецю	-	-	0,06	0,216	0,145
								Метан	-	-	0,0001	0,00036	0,002
								Азоту оксид N_2O	-	-	0,0001	0,00036	0,001
								НМЛОС	-	-	0,0009	0,00324	0,014
Дизель-генератор DOOSAN AD93	74	вихлопна труба дизель-генератора	2	0,1	0,025	2,5	150	Оксид азоту (у перерахунку на діоксид азоту)	-	-	0,248	0,8928	0,196
								Вуглеводні граничні C12-C19	-	-	0,075	0,27	0,06
								Оксид вуглецю	-	-	0,16	0,576	0,127
								Діоксид сірки	-	-	0,031	0,1116	0,025
								Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (Сажа)	-	-	0,013	0,0468	0,01
III. Джерела зберігання/передачі палива (неорганізовані)													
Дихальний клапан (наземний резервуар для диз. палива, 50 м³)	60	дихальний клапан	4	0,04	0,015	11,94	25,6	Сірководень (H_2S)	-	-	0,000005	0,000018	$1,7 \times 10^{-7}$
								Вуглеводні граничні C12-C19	-	-	0,000053	0,0001908	0,0002
Паливно-роздавальна колонка (ПРК) для ДП	61	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Сірководень (H_2S)	-	-	0,0001	0,00036	6×10^{-7}
								Вуглеводні граничні C12-C19	-	-	0,04	0,144	0,02
Продовження таблиці 3.2													

Резервуар для зберігання ЗВГ (Пропан-Бутан)	71	злив. для скидання (труба)	2	0,03	0,003	4,1	26	Одорант СПМ	-	-	0,0006	0,00216	0,0001
								Бутан	-	-	2,87	10,332	0,226
								Пропан	-	-	1,915	6,894	0,151
Свіча стравлювання газу газопроводу (ремонт)	72	свіча стравлювання газу	4	0,02	0,001	4,1	26	Одорант СПМ	-	-	0,000003	0,0000108	3×10^{-5}
								Бутан	-	-	0,117	0,4212	0,0004
								Пропан	-	-	0,078	0,2808	0,0003
Злив ЗВГ в резервуар	73	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Одорант СПМ	-	-	0,000001	0,0000036	3×10^{-7}
								Бутан	-	-	0,002	0,0072	0,00162
								Пропан	-	-	0,002	0,0072	0,00072
IV. Металообробка (неорганізовані)													
Механічна майстерня (зварювання металів)	59	неорганізоване	10	0,5	0,294	1,5	26	Оксид вуглецю	-	-	0,06	0,216	0,145
								Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	-	0,016	0,0576	0,002
								Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	-	-	0,0006	0,00216	0,001
								Манган та його сполуки (у перерахунку на діоксид мангану)	-	-	0,0001	0,00036	0,0002
								НМЛОС	-	-	0,009	0,0324	0,014

вуглецю та оксидів азоту, що робить його одним із пріоритетних об'єктів для екологічної модернізації.

Зерносклади й силоси різних типів (Sukup 4812, Sukup 7213, Sukup 3610: Джерела №21, 24–39, 62–69) створюють пилові викиди під час завантаження, розвантаження та активного вентилявання зерна. Хоча під час зберігання пиловиділення є помірним, більша його частина припадає на операції переміщення зернової маси. У великих ємностях (Джерела №25–36) вентиляція використовується для підтримання показників вологості й температури, що сприяє додатковому утворенню дрібнодисперсного пилу.

До додаткових джерел забруднення належить зварювальне обладнання ТАГ-250 у механічній майстерні (Джерело №59), яке формує аерозолі металів і димові гази. На території підприємства розташовані резервуар дизельного пального об'ємом 50 м³ і паливо-роздавальна колонка (Джерело №61), а також резервуар із зрідженим газом об'ємом 5 м³ (Джерело №71) та установка Селча (Джерело №72). Ці об'єкти є джерелами випаровувань неметанових летких органічних сполук (НМЛОС), особливо під час перекачування палива та зміни температури. Додаткове джерело викидів НМЛОС утворюється під час зливу нафтопродуктів у резервуар (Джерело №77), де існує підвищений ризик локального забруднення у разі порушення герметизації.

Таким чином, елеваторне господарство налічує 77 стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Загальний потенційний річний викид підприємства становить 530,37 т/рік. Об'єкт належить до другої групи за потенційним викидом, оскільки потенційні викиди діоксиду вуглецю, оксиду вуглецю та суспендованих речовин перевищують порогові значення.

Джерела викидів елеваторного господарства можна поділити на дві основні групи: пилові та газоподібні. Пилові викиди переважають на етапах приймання, очищення, транспортування та зберігання зерна і формуються переважно через механічний рух зернової маси. Газоподібні викиди

надходять від сушарок, опалювального котла та паливної інфраструктури. Найбільшу екологічну небезпеку становлять пилові викиди із завальних ям і норій, а також газові викиди сушарок і твердопаливного котла. Ефективність екологічного контролю підприємства значною мірою залежить від стану аспіраційних систем, герметизації технологічних вузлів та дотримання правил експлуатації [5, 32].

3.3 Характеристика викидів забруднюючих речовин, що утворюються на виробництві

Встановили, що в результаті діяльності господарства в атмосферу викидаються 20 забруднюючих речовин.

Процеси переробки та зберігання сільськогосподарської продукції – це найбільш чисельна група джерел (включаючи завальні ями, норії, транспортери, дихальні патрубки силосів та труби аспірації, як-от циклони БЦШ-550 та сепаратори). На основі обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря визначено, що потенційні викиди суспендованих речовин, діоксиду вуглецю, оксиду вуглецю, азоту діоксиду перевищують порогові значення, тому об'єкт відноситься до 2 групи та підлягає постановці на державний облік. (табл. 3.3).

Загальний річний викид (530,37 т/рік), причому основними екологічними ризиками та причинами перевищення порогових значень є суспендовані тверді частинки (пил від переробки с/г продукції), обсяг яких перевищує поріг у 4,5 рази (13,6812 т/рік при нормі 3 т/рік), а також Діоксид вуглецю (509,62 т/рік) та Азоту діоксид (3,337 т/рік), що перевищують свої порогові значення, тому, хоча найбільший обсяг викидів за масою припадає на газоподібні продукти згоряння, ключовим пріоритетом впливу на навколишнє середовище є контроль за викидами пилу (твердих частинок), які вимагають негайного вдосконалення систем аспірації та очищення.

Таблиця 3.3. – Перелік видів та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами

№ з/п	Код	Найменування забруднюючої речовини	Фактичний обсяг викиду (т/рік)	Потенційний обсяг викиду (т/рік)	Порогове значення для держобліку (т/рік)
УСЬОГО ПО ПІДПРИЄМСТВУ:			530,37	530,37	
I Найбільш поширені забруднюючі речовини, викиди яких підлягають регулюванню					
1	07001	Вуглецю оксид	3,01	3,01	5
2	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил)	13,6812	13,6812	3
3	04000	Азоту діоксид (у перерахунку на NO ₂)	3,337	3,337	3
4	05001	Ангідрид сірчистий (Діоксид сірки)	0,025	0,025	1,5
5	05002	Сірководень (H ₂ S)	0,000065	0,000065	0,03
6	11000	Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	0,6517	0,6517	1,5
7	11049	Формальдегід	0,003	0,003	0,1
8	13101	Бенз(а)пірен	2,7E-7	2,7E-7	0,0005
		<i>Усього за групою I:</i>	20,707965	20,707965	
II Інші забруднюючі речовини, що підлягають державному обліку					
9	02004	Марганець та його сполуки (в перерахунку на MnO ₂)	0,0002	0,0002	0,005
10	01003	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	0,001	0,001	0,1
11	16000	Фтор та його сполуки (у перерахунку на фтор)	0,0005	0,0005	0,05
12	11000	Вуглеводні граничні C12–C19	0,082	0,082	0,082
13	11000	Пропан (НМЛОС)	0,1523	0,1523	1,5
14	11000	Бутан (НМЛОС)	0,2274	0,2274	1,5
15	12001	Метан	0,037	0,037	10
		<i>Усього за групою II:</i>	0,5004	0,5004	
III Забруднюючі речовини, для яких не встановлені ГДК в атмосферному повітрі населених місць					
16	07000	Діоксид вуглецю	509,12	509,12	500
17	04001	Азоту (I) оксид (N ₂ O)	0,006	0,006	0,1
18	11000	НМЛОС (частина, що не входить до інших груп)	0,0354	0,0354	1,5
		<i>Усього за групою III:</i>	509,1614	509,1614	

3.4 Характеристика пилогазоочисного обладнання елеваторного господарства

На підприємстві для очищення повітря від забруднюючих речовин, які утворюються під час переробки та зберігання зерна, використовується спеціалізоване пилогазоочисне устаткування (ПГОУ).

Зокрема, для очищення повітря від суспендованих твердих частинок (пилу) застосовуються такі установки (табл.3.4):

- сепаратор БСХ-200, приєднаний до аспіраційної установки з фільтром (циклон 4 БЦШ-550) (джерело викиду №2). Призначений для очищення зерна. Максимальна продуктивність установки: 200 т/год. Ступінь очищення установки становить 95%. Витрата повітря на дану аспіраційну мережу становить 8100 м³/год. Ступінь очищення газу: 92,75%.
- сепаратор ЛУЧ ЗСО-200, приєднаний до аспіраційної установки (джерело викиду №18). Призначений для очищення зерна. Продуктивність установки: 200 т/год. Ступінь очищення газу: 94,8%. Витрата повітря на дану аспіраційну мережу становить 8100 м³/год.
- сепаратор горизонтальний ЛУЧ ЗСО-200, приєднаний до повітряного сепаратора замкнутого циклу ВСЗ і аспіраційних колонок КАО (джерело викиду №70). Ця установка також використовує циклони 4 БЦШ-550. Продуктивність очищення: 160 т/год. Витрата повітря на аспіраційну мережу: 5300 м³/год. Ступінь очищення газу (ККД): 91,584% (група циклонів).

Ефективність очисних споруд, встановлена відносно валового викиду забруднюючих речовин, не повинна бути нижчою за ту, що зазначена в обґрунтовуючих документах. ПГОУ, що є на підприємстві, повинні бути паспортизовані та приведені у відповідність до вимог.

На підприємстві відсутні впроваджені технологічні нормативи допустимих викидів. Ефективність очищення газів у зерносушарках Sukur TC 2452E та Strahl 12000 досягається завдяки вентиляційним отворами у

Таблиця 3.4. - Характеристика установок очистки газів

Номер джерела викиду	Найменування ГОУ	Забруднюючі речовини, за якими проводиться газоочистка		Ступінь очищення	Назва та тип установки очистки газу	На вході в ГОУ			На виході з ГОУ			Ступінь очищення газу, %
		код	найменування			об'ємна витрата газопилового потоку м ³ /с	масова концентрація, мг/м ³	масова витрата, г/с	об'ємна витрата газопилового потоку м ³ /с	масова концентрація, мг/м ³	масова витрата, г/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Циклон батарейного типу	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т. ч.	1	4БЦШ-550 (БСХ-200)	0,58	885,38	0,5135	0,98	64,19	0,0629	92,75
3	Циклон батарейного типу	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т. ч.	1	4БЦШ-550 (БСХ-200)	0,6	864,74	0,5188	1,04	65,72	0,0683	92,4
18	Циклон батарейного типу	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т. ч.	1	Сепаратор ЛУЧ ЗСО-200	0,65	1210,58	0,7869	1,25	62,95	0,0787	94,8

верхній частині сушарки. Таким чином, для боротьби з пиловими викидами (суспендованими твердими частинками), які є основними забруднювачами при переробці зерна, підприємство використовує циклони типу БЦШ-550 та сепаратори ЛУЧ ЗСО-200 [31, 34].

3.5 Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин

Було проведено розрахунок розсіювання забруднюючих речовин, що викидаються устаткуванням при максимальних разових викидах та за максимальних несприятливих напрямках вітру. Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин проводили з врахуванням їх фонових концентрацій по програмі ЕОЛ-Плюс, версія 5.3.8. Ця уніфікована програма розрахунку забруднення атмосфери призначена для розрахунку концентрацій забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери. Результати розрахунку використовуються для оцінки забруднення атмосферного повітря. Розрахунок проводився у відповідності з «Методикою розрахунку концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, що знаходяться в викидах підприємств (ОНД-86) [20].

Розрахунок виконано для площадки розміром 2000×2000м з кроком 50×50м в заводській системі координат з врахуванням фонових концентрацій [15, 16]. При проведенні розрахунків прийняті вихідні величини параметрів джерел викидів забруднюючих речовин, що наведені в таблиці 3.2.

Оцінка впливу забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря проводили в установленому законодавством порядку – на межі санітарно-захисної зони, в контрольних точках житлової забудови [7, 32].

Провели порівняльний аналіз відповідності фактичних викидів ЗР в атмосферне повітря зі встановленими нормативами граничнодопустимих викидів. Гігієнічним критерієм для визначення граничнодопустимих викидів ЗР в атмосферне повітря і відповідність їх розрахункових концентрацій на

межі СЗЗ гігієнічним нормативам [5, 6].

Доцільність проведення розрахунків розсіювання атмосферного повітря для всіх забруднюючих речовин, що відводяться підприємством, згідно п. 5.21 ОНД-86 визначається виконанням нерівностей з формули (1):

$$\frac{M}{ГДК} > \Phi \quad (1)$$

Де $\Phi = 0,01 \cdot H$, при $H > 10,0$ м;

$\Phi = 0,1$ при $H \leq 10,0$ м;

M (г/с) – сумарне значення викиду від всіх джерел об'єкта, що відповідає найбільш несприятливим із установлених умов викиду;

$ГДК$ (мг/м³) – максимально разова граничнодопустима концентрація;

H (м) – середньорозрахункова по підприємству висота джерел викидів.

Визначення середньорозрахункової висоти проводиться по формулі (2):

$$H = (5 \cdot M_{(0-10)} + 15 \cdot M_{(11-20)} + 25 \cdot M_{(21-30)} + \dots) / M \quad (2)$$

$$M = M_{(0-10)} + M_{(11-20)} + M_{(21-30)} + \dots,$$

Де M (г/сек) і H (м) – відповідно повний викид і його середньозважена висота на підприємстві;

$M_{(0-10)}$, $M_{(11-20)}$ і так далі - сумарні викиди підприємства в інтервалах висот джерел до 10 м включно, 11-20 м і так далі.

Для визначення впливу підприємства на навколишнє середовище було проведено визначення максимальних приземних концентрацій на межі санітарно-захисної зони з врахування фонових концентрацій і доцільності проведення розрахунку розсіювання [24, 26].

Для оцінки впливу було визначено, що сім забруднюючих речовин із загального переліку, що викидаються підприємством, потребували розрахунку розсіювання, оскільки їхня частка ($M/ГДК$) перевищувала 0,01.

Максимальні приземні концентрації (МПК), розраховані з урахуванням фонові концентрації на межі СЗЗ і житлової забудови,

показали наступні результати для ключових забруднювачів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Визначення доцільності проведення розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

№ п/п	Код речовини	Найменування речовини	Викид по об'єкту, г/с	ГДК, ОБРВ, мг/м ³	Середня висота в м	М/ГДК	Необхідність проведення розрахунку розсіювання
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок не диференційованих за складом	0,532906	0,5	> 10	1,07	Доцільно
2	301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO+NO ₂])	2,48	0,2	10	12,4	Доцільно
3	337	Оксид вуглецю	0,7961	5,0	> 10	0,16	Доцільно
4	2754	Вуглеводні насичені C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-26511 та ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,255	1,0	10	0,255	Доцільно
5	130	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	0,123	0,5	2,0	0,246	Доцільно
6	1325	Формальдегід	0,0003	0,035	2,0	0,009	Не доцільно
7	402	Бутан	2,98725	200	10	0,0145	Не доцільно
8	10304	Пропан	1,9932	65	10	0,03	Не доцільно
9	1716	Одорант (суміш природних меркаптанів)	0,000006	0,00005	10	0,12	Доцільно
10	333	Сірководень	0,00010015	0,008	10	0,013	Не доцільно
11	123	Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)	0,0006	0,04*	10	0,015	Не доцільно
12	143	Манган та його сполуки (у перерахунку на манган)	0,0001	0,01	10	0,01	Не доцільно
13	703	Бенз(а)пірен	0,000001	0,00001	2,0	0,1	Доцільно
14	343	Фтористі сполуки добре розчинні неорганічні (фторид натрію, гексафторсилікат натрію) у перерахунку на фтор	0,0001	0,03	10	0,0033	Не доцільно

Продовження таблиці 3.5							
15	344	Фтористі сполуки погано розчинні неорганічні (фторид алюмінію, гексафторалюмінат натрію) у перерахунку на фтор	0,0001	0,2	10	0,0005	Не доцільно
16	342	Фтористі сполуки газоподібні (фтористий водень, чотирифтористий кремній) у перерахунку на фтор	0,00003	0,02	10	0,0015	Не доцільно
17	303	Аміак	0,00063	0,2	10	0,0032	Не доцільно
18	1555	НМЛОС (Кислота оцтова від спалювання деревини)	0,0009	0,2	10	0,0045	Не доцільно
Види пилу							
1	2903	Зола слацева	0,0027	0,3	10	0,009	Не доцільно
2	10417	Пил зерновий	1,570856	0,2	> 10	7,85	Доцільно
3	328	Сажа	0,13	0,15	2,0	0,87	Доцільно
4	10292	Пил абразивний (корунд білий, монокорунд)	0,016	0,04	10	0,4	Доцільно
5	10329	Пил металевий легуючих сталей	0,0304	0,1	10	0,304	Доцільно
6	323	Кремній діоксид аморфний	0,00002	0,02	10	0,001	Не доцільно

Згідно проведеного розрахунку розсіювання максимальні концентрації забруднюючих речовин, що створюються викидами підприємства на межі нормативної зони та в контрольних точках представлені в таблиці 3.6.

З розрахунку розсіювання видно, що перевищень ГДК забруднюючих речовин, по яких проводилось розсіювання, в приземному шарі на відстані крайніх джерел викидів забруднюючих речовин та в районі впливу джерел підприємства немає. Максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин з урахуванням фону на СЗЗ та житлової забудови підприємства не перевищують 0,78 ГДК речовин (пил) та 0,4 ГДК групи сумації №31, що встановлені для населених місць, тобто відповідають гігієнічним нормативам.

Таблиця 3.6 - Максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин від викидів підприємства на межі нормативної зони та в контрольних точках

№ п/п	Код речовини	Забруднююча речовина	Макс. приземна концентрація без врахування фону		Фонові концентрації забруднюючих речовин		Макс. приземна концентрація із врахуванням фону	
			Долі ГДК	мг/м ³	Долі ГДК	мг/м ³	Долі ГДК	мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO+NO ₂])	0,18	0,036	0,4	0,08	0,58	0,116
2	2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	0,38	0,19	0,4	0,2	0,78	0,39
3	337	Оксид вуглецю	0,18	0,9	0,4	2,0	0,58	2,9
4	1716	Одорант (суміш природних меркаптанів)	0,22	0,000011	0,4	0,00002	0,62	0,000031
5	703	Бенз(а)пірен	0,04	0,0000004	0,4	0,04 мкг на 100м ³	0,44	0,00000044
6	330	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	0,23	0,115	0,4	0,2	0,62	0,31
7	1325	Формальдегід	0,03	0,00105	0,4	0,014	0,43	0,01505
8	2754	Вуглеводні насичені C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-26511 та ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,03	0,03	0,4	0,4	0,43	0,43
9	1555	НМЛОС (Кислота оцтова - від спалювання деревини)	0,03	0,006	0,4	0,08	0,43	0,086
10	301+330	Група сумацій №31	0,4	0,28	-	-	0,4	0,29
<i>Види пилу</i>								
1	10417	Пил зерновий	0,26	0,052	0,4	0,08	0,66	0,132
2	328	Сажа	0,03	0,0045	0,4	0,06	0,43	0,0643
3	10292	Пил абразивний (корунд білий, монокорунд)	0,02	0,0008	0,4	0,016	0,42	0,0168
4	10329	Пил металевий легуючих сталей	0,03	0,003	0,4	0,04	0,43	0,042

Для оцінки фактичного стану забруднення були проведені інструментальні вимірювання на межі санітарно-захисної зони та біля

житлових будинків. Результати досліджень наведено в таблиці 3.7:

Таблиця 3.7 - Результати інструментальних досліджень концентрацій забруднюючих речовин у контрольних точках

Точка відбору проб	Найменування забруднюючої речовини	ГДК, ОБРВ, мг/м ³	Результати дослідження	
			мг/м ³	частки ГДК
Т.К.1	Азоту діоксид	0,2	0,027	0,135
	Пил (зважені речовини)	0,5	0,3	0,6
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,013	0,325
	Манган та його сполуки	0,01	нчм	-
	Формальдегід	0,035	0,018	0,51
	Оксид вуглецю	5	1,52	0,304
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,01 6	0,032
Т. К. 2	Азоту діоксид	0,2	0,024	0,12
	Пил (зважені речовини)	0,3	0,28	0,56
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,011	0,275
	Манган та його сполуки	0,01	нчм	-
	Формальдегід	0,035	0,015	0,4
	Оксид вуглецю	5	1,47	0,294
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,012	0,024
Т. К. 3	Азоту діоксид	0,2	0,021	0,105
	Пил (зважені речовини)	0,5	0,27	0,54
	Залізо та його сполук	0,04*	0,01	0,25
	Манган та його сполук	0,03	-	-
	Формальдегід	0,033	0,013	0,37
	Оксид вуглецю	5	1,42	0,284
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,0099	0,0198
Т.К. 4	Азоту діоксид	0,2	0,026	0,13
	Пил (зважені речовини)	0,3	0,27	0,54
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,015	0,375
	Манган та його сполуки	0,01	нчм	-
	Формальдегід	0,035	нчм	-
	Оксид вуглецю	5	1,4	0,28
	Ангідрид сірчистий	0,3	0,016	0,032
Т.К.5	Азоту діоксид	0,2	0,0097	0,0485
	Пил (зважені речовини)	0,3	0,26	0,52
	Залізо та його сполуки	0,04	0,01	0,275

	Продовження таблиці 3.7			
	Манган та його солуки	0,11	нчм	-
	Формальдегід	0,035	0,011	0,31
	Оксид вуглецю	5	1,22	0,244
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,0078	0,0156
Т.К.6	Азоту діоксид	0,2	0,042	0,21
	Пил (зважені речовини)	0,5	0,28	0,56
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,014	0,35
	Манган та його сполуки	0,01	нчм	-
	Формальдегід	0,03 5	нчм	-
	Оксид вуглецю	5	1,67	0,334
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,01 1	0,022
Т.К.7	Азоту діоксид	0,2	0,038	0,19
	Пил (зважені речовини)	0,5	0,31	0,62
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,015	0,375
	Манган та його сполуки	0,0 1	нчм	-
	Формальдегід	0,035	0,015	0,4
	Оксид вуглецю	5	0,41	0,082
	Ангідрид сірчистий	0,3	0,0099	0,0198
Т.К.8	Азоту діоксид	0,2	0,030	0,15
	Пил (зважені речовини)	0,5	0,34	0,68
	Залізо та його сполуки	0,04*	0,0 15	0,375
	Манган та його сполуки	0,01	нчм	-
	Формальдегід	0,035	нчм	-
	Оксид вуглецю	5	1,52	0,304
	Ангідрид сірчистий	0,5	0,026	0,052

*-середньодобове значення концентрації ЗР, мг/м³

Результати вимірювань свідчать про відповідність ступеню забруднення атмосферного повітря діючим нормам. Отже, якість атмосферного повітря на межі розрахункової СЗЗ (найближчі будівлі) відповідає граничнодопустимому вмісту забруднюючих речовин, при якому вплив на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища безпечний.

3.6 Аналіз відповідності обсягів викидів забруднюючих речовин до встановлених нормативів

Нормативи на викиди забруднюючих речовин встановлюються з урахуванням того, наскільки забруднення атмосфери може бути безпечним для довкілля. Перевищення цих нормативів може призвести до забруднення повітря, змін клімату та негативного впливу на природу. Дотримання встановлених нормативів на викиди забруднюючих речовин є критично важливим для покращення якості повітря, збереження природи та здоров'я людей. Впровадження заходів для зниження викидів та використання чистих технологій є ключовими для досягнення цих цілей.

В таблиці 3.8 наведена порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин з нормативними показниками, встановленими для цього об'єкту.

Таблиця 3.8 – Порівняльна фактичних викидів забруднюючих речовин з встановленими нормативами

№ джерела викиду	Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Фактичний викид		Норматив ГДВ	
			масова концентрація в газопиловому потоці, мг/м³	величина масового потоку в газах, що відходять, кг/год	масова концентрація в газопиловому потоці, мг/м³	величина масового потоку в газах, що відходять, кг/год
020103 Установки для спалювання < 50 МВт (Котел Атмос-50)						
58	07001/337	Оксид вуглецю	1348,4	0,216	250	> 5
58	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	59,920	0,00972	150	< 0,5
58	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок / Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	59,920	0,00972	150	< 0,5
58	4000/301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO+NO₂])	418,720	0,0696	500	> 5

Продовження таблиці 3.8						
020106 Інше стаціонарне обладнання (Дизель-генератор DOOSAN AD93)						
74	07001/337	Вуглецю оксид	-	0,576	-	-
74	03000	Речовини у вигляді твердих суспендованих частинок, в т.ч.:	-	0,0468	150	< 0,5
74	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	-	0,0468	150	< 0,5
74	4000/301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO+NO ₂])	-	0,8928	500	> 5
74	05001/330	Ангідрид сірчистий / Сірки діоксид	-	0,1116	-	-
74	11000/2754	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (Розчинник РПК-26511 та ін.)	-	0,270	-	-
74	11049/1325	Формальдегід	-	0,0108	-	-
74	13101/703	Бенз(а)пірен (мкг/100м ³)	-	3,6×10 ⁻⁶	-	-
210621/3Dd Переробка сільськогосподарської продукції (Пилові організовані)						
2	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	64,190	0,2264	150	< 0,5
2	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	64,190	0,2264	150	< 0,5
3	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	65,720	0,2458	150	< 0,5
3	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	65,720	0,2458	150	< 0,5
18	03000	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	62,950	0,2833	150	< 0,5
18	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	62,950	0,2833	150	< 0,5
21	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	0,0792	150	< 0,5
24–39	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	0,1044 (на джерело)	150	< 0,5
50	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	0,0792	150	< 0,5
52–54 (Зерносушарка Strahl)						
52	07001/337	Вуглецю оксид	-	0,39492	-	-

Продовження таблиці 3.8						
52	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	-	0,24948	150	< 0,5
52	04000/301	Оксиди азоту	-	0,4446	-	-
53	07001/337	Вуглецю оксид	-	0,39492	-	-
53	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	-	0,24948	150	< 0,5
54	07001/337	Вуглецю оксид	-	0,39492	-	-
54	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок(м)	-	0,24948	150	< 0,5
66–69, 75–77	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	0,0324 (на джерело)	150	< 0,5
70	03000/2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	-	2,1528	50	> 0,5

Для твердих суспендованих речовин встановлюється масова концентрація відповідно до законодавства (мг/м^3). Гранично-допустимий викид по речовинах: вуглецю оксид, азоту діоксид та інших речовин відповідно до законодавства не встановлено, так як величини масових витрат менші тих, що нормуються. Для речовин, на які не встановлені нормативи граничнодопустимих викидів відповідно до законодавства, встановлюються величини масової витрати (г/сек).

Отже, щодо перевищення нормативів концентрації можна зробити такі висновки: на джерелі №58 (котел Атмос-50) фактична концентрація Оксиду вуглецю (CO) становить $1348,4 \text{ мг/м}^3$, що значно перевищує встановлений норматив ГДВ 250 мг/м^3 . На Джерелі №58 потужність викиду Оксидів азоту ($0,0696 \text{ кг/год}$) перевищує встановлений норматив масового потоку (позначення > 5).

Більшість організованих пилових джерел (№2, 3, 18, 21, 24–39) демонструють фактичні концентрації, які знаходяться нижче гранично допустимого нормативу 150 мг/м^3 . Водночас, для Джерела №70 фактичний

масовий потік (2,1528 кг/год) перевищує 0,5 кг/год, що вимагає додаткового контролю. Для зерносушарок (№52, 53, 54) та дизель-генератора (№74) контроль переважно здійснюється за масовим потоком (кг/год), і для багатьох газових компонентів нормативи концентрації (ГДВ, мг/м³) не встановлені в цій порівняльній таблиці.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Елеватори належать до підприємств з високим ступенем вибухо- і пожежонебезпеки [4, 23]. Недотримання і порушення нормативів безпеки праці призводить до серйозних наслідків: від зруйнування силосів та елеваторного обладнання до загибелі працівників. Основною причиною таких наслідків є зерновий пил, який накопичується у приміщеннях елеватора. Зерновий пил є легкозаймистою речовиною [23, 30], температура займання якої менше 250°C , а нижня концентраційна межа займання (НКМЗ) становить $20\text{--}63\text{ г/м}^3$. Самозаймання дрібних частинок пилу, спричинене статичною електрикою або перегріванням підшипника двигуна, миттєво створює тиск до 10 кг/см^2 , що супроводжується раптовим зростанням температури до 3000°C .

Для працівників та посадових осіб елеватора, який здійснює приймання, сушіння, доробку, зберігання зернових і технічних культур та їх подальше відвантаження, важливо дотримуватися правил безпеки праці [3, 8].

Основну увагу варто зосереджувати на технічному стані силосних корпусів, конструкцій автомобілерозвантажувачів і точок відвантаження зерна на автомобільний та залізничний транспорт, а також на наявності захисних огорожень і заземлення на технологічному обладнанні (норії, транспортери, сепаратори). Безпечна експлуатація технологічного, транспортного та аспіраційного обладнання, а також своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів є критично важливими заходами, які впливають як на безпеку працівників, так і на якість збереження врожаю [3, 23, 33].

Допуск персоналу до постійної роботи проводиться відповідно до

«Інструкції про порядок проведення інструктажів, перевірки знань по техніці безпеки та допуску персоналу до самостійної роботи» [3, 36]. Всі роботи на підприємстві з експлуатації обладнання проводяться відповідно до загальних інструкцій по охороні праці та техніці безпеки, що включають: своєчасне проведення інструктажів та навчання з питань охорони праці; проведення обов'язкових медичних оглядів працівників; дії працівників у разі виникнення аварійних ситуацій, надання долікарської допомоги; забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту; перевірка герметичності повітропроводів та обладнання аспіраційних систем; своєчасне проведення випробувань електрообладнання, у тому числі вибухозахищеного; наявність у всіх виробничих приміщеннях первинних засобів пожежогасіння; обов'язкове проведення вступних інструктажів для водіїв, які завозять зернові культури на територію підприємства [3, 4, 30].

Для проведення аналізу виробничого травматизму на підприємстві проведено дослідження умов та забезпечення охорони праці для потенційно небезпечних з точки зору травматизму професій працівників. Внаслідок строгого виконання всіх необхідних правил техніки безпеки, травматизм на підприємстві відсутній [36].

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки

Для всіх працівників підприємства розроблені інструкції по техніці безпеки, які передбачають для них безпечні прийоми роботи. Для попередження травматизму співробітники зобов'язані неухильно виконувати правила техніки безпеки й охорони праці, постійно вивчати та вдосконалювати методи безпечної роботи.

Основні вимоги до працівників:

- дозволяється виконувати тільки доручену роботу;

- категорично заборонено працювати на несправному обладнанні, користуватися несправним інструментом, а також обладнанням за відсутності або несправності огорожень;
- перш ніж розпочати роботу на будь-якій машині, необхідно досконало знати схему її управління та чітко виконувати всі передбачені операції;
- перед початком зміни обов'язково слід переконатися у справності спецодягу, перевірити надійність кріплення та заземлення обладнання, а також пересвідчитися в надійності електропроводів;
- від змінного працівника потрібно дізнатися про всі недоліки, виявлені під час роботи; якщо ці недоліки не були усунені, необхідно негайно повідомити про це керівництво;
- при роботі з паливом суворо заборонено виконувати роботи без відповідного спецодягу та захисних пристосувань;
- усі працівники мають суворо дотримуватися виробничої і трудової дисципліни, а також знати правила користування хімічними матеріалами [8, 14, 17];
- у разі отримання травми на виробництві необхідно негайно звернутися за медичною допомогою, надати необхідну допомогу потерпілому та повідомити керівника [3, 36].

Для своєчасного попередження порушень технологічного режиму передбачені системи сигналізації, блокування і регулювання. У всіх приміщеннях, на площадках і території є робоче і аварійне освітлення. Для проведення ремонтних робіт, огляду і чистки всередині обладнання повинна бути передбачена мережа освітлення з напругою 12 В. Не допускається проведення робіт на несправному обладнанні з несправною арматурою, приладами КВПіА та інструментом, а також порушення паспортних норм завантаження обладнання [3, 4].

Всі рухомі і обертові частини обладнання повинні бути надійно огорожені. Знімати огороження для чистки і змащування обладнання дозволяється тільки при повній зупинці, електропривод при цьому повинен

бути знеструмлений. Пуск механізму дозволяється тільки після встановлення на місця всіх огорожень і їх закріплення.

Вантажно-розвантажувальні роботи виконують механізованим способом, за допомогою підйомно-транспортних механізмів. Переміщувати і підіймати вантажі вручну необхідно при дотриманні норм, встановлених законодавством.

Газозварювальні роботи проводять згідно з інструкцією. Перед тим, як приступити до газозварювальних робіт, необхідно перевірити наявність і справність індивідуальних засобів захисту. Перед початком робіт провести інструктаж виконавців, а також опитати їх самопочуття. Кожний працюючий несе відповідальність за протипожежний стан свого робочого місця, слідує за наявністю і справністю протипожежного інвентаря.

Засоби захисту шкіри – рукавиці – виготовлені з полімерних матеріалів, гуми, бавовни, шкіри, залежно від операції, на якій використовуються. При роботі на висоті використовують запобіжні пояси. Працюючим видають спецодяг, спецвзуття і запобіжні пристрої у відповідності з типовими галузевими нормами безкоштовної видачі. Порядок видачі, зберігання і використання спецодягу, а також прання і ремонт проводяться у відповідності з інструкцією.

В приміщеннях повинні бути наявні медичні аптечки з набором перев'язочних матеріалів та медикаментів. Всі працівники повинні вміти надавати першу медичну допомогу потерпілому. При необхідності подальшого надання медичної допомоги викликають швидку допомогу.

Виробничі приміщення підприємства побудовані у відповідності до проєктної документації, розробленої згідно із галузевими нормами, інструкціями і держстандартами, у т. ч. нормами і правилами вибухо- і пожежобезпеки. Усім виробничим приміщенням підприємства надано категорію виробництва з пожежної небезпеки “В”. Конструкції будинків відповідають вимогам пожежної безпеки згідно СНиП 2.01.02-85. Всі матеріали відносяться до негорючих [4, 23]. Дерев'яні конструкції покриття,

в більшості, попередньо оброблені антипіренами і антисептиками.

Пожежна безпека забезпечується використанням електрообладнання і електропроводів згідно ВСН 59-88 і ПУЕ, захистом електромереж від струмів короткого замикання і перевантажень шляхом вибору перерізу проводів і розчіплювачів автоматичних вимикачів на розподільному щиті, заземленням всіх неструмоведучих частин електрообладнання на нульовий провід електромережі і внутрішній контур заземлення. На підприємстві функціонує автоматична пожежна сигналізація і система повідомлення про пожежу.

Можливі причини пожежі: технічні та організаційні неполадки на виробництві, дія блискавки при несправності громовідводу, коротке замикання в електромережі, неправильне зберігання горючих речовин і промаслених ганчірок, порушення при проведенні вогневих робіт.

Для попередження пожежі необхідно дотримуватись правил проведення вогневих і газонебезпечних робіт. Всі виробничі приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння. Необхідно підтримувати чистоту на робочих місцях і території. Не загромождувати дороги, проїзди, проходи, виходи з приміщень, доступи до протипожежних щитів і засобів пожежогасіння. Дотримуватись правил поведінки з горючими речовинами і матеріалами [23, 33]. У випадку виникнення пожежі необхідно прийняти оперативні заходи для ліквідації її в початковій стадії, оповістити про пожежу адміністрацію. У випадку виникнення пожежі повинні бути встановлені протипожежні щити, обладнані вогнегасниками ОХП–10, вуглекислотними вогнегасниками, лопатою, ломом, відрами, багром, а також ящик з піском.

Для попередження аварійних ситуацій, які можуть призвести до травмування працюючих, необхідно: використання обладнання в ремонті проводити після його знеструмлення і встановлення видимого розриву в кінематичній схемі. Всі обертові частини барабанів, механізмів повинні мати надійні огороження.

4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки населення України і її території в останні роки обумовлена тривожною тенденцією зростання числа небезпечних явищ, промислових аварій та катастроф, військових дій, які призводять до значних матеріальних втрат, пошкодження здоров'я та загибелі людей. У зв'язку з цим зростає роль цивільного захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій різного походження. Із набуттям Україною незалежності почалося законодавче оформлення принципу цивільного захисту населення державою, що проявилось у прийнятті Кодексу цивільного захисту України та ряду інших нормативних актів [3, 23].

Відповідно до цих документів місцеві держадміністрації, виконавчі органи влади на місцях у межах своїх повноважень забезпечують вирішення питань цивільної оборони, здійснення заходів щодо захисту населення і місцевості під час надзвичайних ситуацій (НС) різного походження. Керівництво організацій, установ, закладів, незалежно від форм власності та підпорядкування, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їхню готовність до практичних дій, організовує забезпечення своїх працівників засобами індивідуального захисту та проведення при потребі евакуацій та інших заходів, що передбачені законодавством [23, 30]. Створений штаб ЦО та ряд служб і формувань по забезпеченню різних галузей і об'єктів від НС включають у себе: службу оповіщення, службу зв'язку, медичну, аварійно-технічну службу, службу захисту рослин, тварин.

На території селища міського типу та прилеглих територій знаходиться багато потенційно небезпечних об'єктів техногенного та природного походження, до яких можна віднести: дороги загальнодержавного і обласного значення, при аварії на яких можливі викиди небезпечних і токсичних речовин; високовольтну ЛЕП та трансформаторну

підстанцію, підземні лінії зв'язку, пошкодження яких загрожує життю людей; природні кліматичні НС – урагани, град, заметілі, шквальні вітри та інше можуть паралізувати життєдіяльність міста. В адміністрації місцевої ради розроблені плани ліквідації аварій та рятувальних невідкладних аварійно-відновлювальних робіт при різних НС [15, 26]. Для реалізації цих планів виділяють необхідні матеріально-технічні засоби.

Аварійно-відновлювальні роботи повинні вводитися в дію відразу ж після отримання сигналу про НС, який поступає по радіо, телебаченню, іншими джерелами зв'язку. Дуже важливим є оперативність і швидкість реагування на НС, оскільки при запізненні значно зростають розміри втрат та можливі жертви серед населення. Велику роль в набутті навичок поведінки при НС має навчання населення з питань цивільного захисту. З цією метою регулярно проводяться лекції і завдання з ЦО з працівниками установ, організацій, підприємств міста. Основною метою таких занять є прищеплення навичок і вмінь практичного використання засобів індивідуального захисту, надання само- та взаємної допомоги при травмуваннях та пошкодженнях, поведінки при сигналах ЦО та інших важливих діях.

Для виконання покладених завдань і функцій на формування ЦО у її структурі створені такі служби і підрозділи:

- Служба оповіщення і зв'язку, яка своєчасно інформує керівний склад, працівників і все населення про загрозу виникнення НС;
- Медична служба, яка забезпечує комплектування і готовність медичних формувань;
- Служба охорони громадського порядку;
- Служба енергопостачання – забезпечує безперебійне постачання газу, тепла, електроенергії на об'єкти;
- Аварійно-технічна служба – здійснює заходи по підвищенню стійкості інженерного обладнання, роботи по розбиранню завалів, локалізації і ліквідації аварій на комунальних об'єктах міста;

- Служба сховищ і укриттів – забезпечує разом із транспортною службою евакуацію і укриття населення та участь в рятувальних роботах;
- Служба матеріально-технічного постачання – своєчасно забезпечує формування ЦО всіма необхідними матеріально-технічними ресурсами.

Евакуація населення з небезпечних районів і зон (крім зон карантину) проводиться при загрозі життю та здоров'ю людей. Евакуаційні заходи передбачають завчасну розробку планів евакуації, підготовку зон і районів розташування для нормальної життєдіяльності евакуйованого населення; підготовку всіх видів транспорту; створення необхідних структур і органів управління на період евакуації; проведення комплексу заходів для охорони громадського порядку і підтримання організованості серед населення [3, 23, 26]. Із проведенням аналізу стану охорони праці на підприємстві можна зробити висновок про їх задовільний стан.

За невиконання інструкцій винні особи притягаються до дисциплінарної відповідальності згідно з правилами внутрішнього трудового розпорядку.

ВИСНОВКИ

1. Об'єкт дослідження – елеваторне господарство смт. «.....» ТОВ «.....» - належить до 2-ї групи державного обліку, оскільки його загальний річний викид становить 530,37 т/рік. Перевищення порогових значень зафіксовано для: діоксиду вуглецю (509,62 т/рік при порозі 500), суспендованих твердих частинок (13,6812 т/рік при порозі 3) та азоту діоксиду (3,337 т/рік при порозі 3). Викид оксиду вуглецю (3,01 т/рік) не перевищує законодавчо встановлений поріг у 5 т/рік.

2. Елеваторне господарство належить до IV класу небезпеки, для якого нормативними документами встановлено мінімальний розмір санітарно-захисної зони (СЗЗ) у 100 метрів, що обумовлено наявністю зерносушильного пункту, паливно-заправного пункту, складу зрідженого газу та залізничних під'їзних колій. Було встановлено, що найближчі житлові об'єкти розташовані на відстанях, менших за нормативні 100 м, зокрема: 45 м до найближчої житлової забудови від крайньої залізничної колії, 65 м у південно-східному напрямку та 75 м у західному напрямку.

3. Розрахунки розсіювання, проведені за допомогою програми «ЕОЛ Плюс», підтвердили, що максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин не перевищують встановлених граничнодопустимих концентрацій (ГДК) на межі СЗЗ та житлової забудови. Найвищі показники зафіксовано для суспендованих твердих частинок (пилу) – 0,78 ГДК, та оксиду вуглецю – 0,58 ГДК.

4. Встановлено невідповідність фактичних викидів технологічним нормативам на окремих джерелах. Зокрема, на Джерелі №58 (котел Атмос-50) концентрація Оксиду вуглецю становить 1348,4 мг/м³, що значно перевищує встановлений норматив ГДВ у 250 мг/м³. Також на Джерелі №70 масовий потік пилу (2,15 кг/год) вимагає посиленого контролю через перевищення показника 0,5 кг/год.

5. Підприємство використовує системи очищення (циклони 4 БЦШ-

550, сепаратори) з ефективністю 91,584% – 95%. Попри це, найбільша кількість пилових викидів злишається на неорганізованих джерелах (завальні ями, норії, ланцюгові транспортери), що зумовлює необхідність їх подальшої герметизації.

6. Елеваторне господарство є підприємством із високим ступенем вибухо- і пожежонебезпеки, головним чином через ризик утворення вибухонебезпечних сумішей зернового пилу. Поточний стан охорони праці визнано задовільним, а травматизм на підприємстві відсутній внаслідок строгого виконання правил безпеки.

7. Для подальшого зменшення екологічного навантаження, підвищення операційної ефективності та мінімізації виробничих ризиків рекомендується:

- впровадити додаткові або модернізувати існуючі локальні витяжні та аспіраційні системи на вузлах, де фіксуються найбільші неорганізовані викиди, зокрема: завальні ями, норії та транспортери. Оснастити ці вузли більш ефективними рукавними фільтрами, оскільки вони здатні вловлювати 95–99% дрібнодисперсного пилу;

- забезпечити абсолютну герметичність усіх елементів транспортного обладнання та повітропроводів для запобігання неорганізованим витокам пилу;

- розглянути впровадження пневмосепараторів із замкнутим циклом повітря для мінімізації обсягу забрудненого повітря, яке потребує очищення;

- налагодити режими горіння у котлі Атмос-50 для зниження концентрації CO до нормативних 250 мг/м³;

- провести енергоаудит та оптимізацію режимів сушіння для усунення зон тепловтрат та уникнення пересушування зерна, що прямо скоротить витрати палива;

- розглянути можливість часткового переходу на агропелети як відновлюване джерело енергії для зменшення вуглецевого сліду.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Апостолук С. О., Апостолук А. С., Джигирей В. С. Промислова екологія : навч. посібник. Київ : Знання, 2005. 474 с.
2. Аспірація на елеваторі – ключовий елемент технології. *AgroTimes*. 2025. URL: <https://agrotimes.ua/article/aspiracziya-na-elevatori-klyuchovyj-element-tehnologiyi/> (дата звернення: 07.04.2025).
3. Безпека життєдіяльності : навч. посібник / за ред. П. Атаманчука. Кам'янець-Подільський : Центр учбової літератури, 2011. 275 с.
4. Безпечність промислових підприємств. Терміни та визначення : ДСТУ 2156:2024. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
5. Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 14.01.2020 № 52 (у редакції наказу МОЗ України від 11.01.2024 № 57).
6. Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будівель і на території житлової забудови : затв. наказом МОЗ України від 22.02.2019 № 463.
7. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСП 173-96 : затв. наказом МОЗ України від 19.06.1996 № 173 (зі змінами від 2023 р.).
8. Джигирей В. Ц., Жидецький В. С. Безпека життєдіяльності : підручник. Львів : Афіша, 2001. 256 с.
9. Екологічний паспорт Волинської області (станом на 2024 рік). Луцьк : Департамент охорони здоров'я та та природних ресурсів Волинської обласної державної адміністрації, 2024. 184 с. URL: <https://voladm.gov.ua/category/ekologichniy-pasport-oblasti/> (дата звернення: 20.10.2025).
10. Елеваторні потужності по областях України: Рейтинг за 2019 р. *Зернові продукти і комбікорми*. 2020. Т. 20, № 3 (79). С. 10–11. URL:

<https://elc.library.onaft.edu.ua/library-w/DocumentSearchResult> (дата звернення: 24.05.2025).

11. Енергоефективність елеватора: практичні рекомендації. *KMZ Industries*. URL: <https://kmzindustries.ua/elevators/energoefektyvnist-elevatora-praktychni-rekomendatsii> (дата звернення: 19.11.2025).

12. Зберігання зернових та бобових. Ч. 1. Основні положення (ISO 6322-1:1996, IDT) : ДСТУ ISO 6322-1:2004. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. (Національний стандарт України).

13. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Донецьк : УкрНЦТЕ, 2004. Т. I-III.

14. Зерно хлібних злаків та бобові на зберіганні у зерносховищах. Настанова щодо визначання зараженості зерна (ISO 16002:2004, IDT) : ДСТУ ISO 16002:2014. Київ : УкрНДНЦ, 2017.

15. Інструкція про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів... : затв. наказом Мінприроди України від 09.03.2006 № 108 (у редакції від 21.03.2023).

16. Кліматологічні дані по метеостанції Ковель (середні температури, роза вітрів, опади). Луцьк : Волинський обласний центр з гідрометеорології, 2024.

17. Кобець А. С. та ін. Машина і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2013. 766 с.

18. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. 2-ге вид., стер. Київ : Знання, 2006. 511 с.

19. Методика розроблення територіальних громад: Волинська область (паспорт регіону). Луцьк : Волинська ОДА, 2023.

20. Методика розрахунку концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, що знаходяться в викидах підприємств (ОНД-86). URL: <https://zakon.isu.net.ua/norm/27001> (дата звернення: 07.10.2025).

21. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації

об'єктів підвищеної небезпеки : постанова Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 № 1030. URL: <https://www.qdpro.com.ua/document/11441> (дата звернення: 07.11.2025).

22. Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення : ДСТУ 2960:2023. Київ : УкрНДНЦ, 2023.

23. Пелешко М. З., Бабаджанова О. Ф., Башинський О. І. Пожежна безпека об'єктів агропромислового комплексу : навч. посіб. Львів : ЛДУБЖД, 2017.

24. Перелік методів вимірювання показників складу та властивостей проб об'єктів довкілля, викидів, скидів, відходів і ґрунтів, атестованих у державній сфері (Перелік № 1 станом на 2024 рік). Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. 142 с.

25. Підприємства, будівлі і споруди по зберігання та переробці зерна : ДБН В.2.2-8:2022. Київ : Мінрегіон України, 2022.

26. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII (ред. від 01.01.2024).

27. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16.10.1992 № 2707-XII (ред. від 27.07.2024).

28. Проблеми екологізації промислового виробництва. URL: <http://portfinance.ru/ukraine-4.html> (дата звернення: 07.11.2025).

29. Рух зерна на елеваторі та автоматизація його обліку за допомогою програмних рішень GES. *Elevator.com.ua*. URL: <https://elevator.com.ua/ru/blog/dvizhenie-zerna-na-elevatore> (дата звернення: 11.10.2025).

30. Савенко І. І. Перспективні напрями інноваційної діяльності зернозберігаючих підприємств (Теоретико-правовий та методологічний аспекти) : монографія. Одеса : Поліграф, 2009. 200 с. URL: <https://elc.library.onaft.edu.ua/library-w/> (дата звернення: 13.04.2025).

31. Система аспірації елеватора та його екологічна безпека. *ZEO.ua*. URL: <https://zeo.ua/article/systema-aspiratsiyi-elevatora> (дата звернення:

07.04.2025).

32. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) : ДБН А.2.2-1:2021. Київ : Мінрегіон України, 2021. 32 с.

33. Шмандій В. М., Клименко М. О., Голік Ю. С. та ін. Екологічна безпека : підручник. Херсон : Олді-плюс, 2013. 366 с.

34. Як досягти більшої ефективності циклона на елеваторі. *AgroTimes*. 2019. URL: <https://agrotimes.ua/elevator/yak-dosyagty-bilshoyi-efektyvnosti-cyklona-na-elevatori/> (дата звернення: 19.11.2025).

35. Як пилова хмара руйнує елеватор. *Elevatorist.com*. URL: <https://elevatorist.com/spetsproekt/161-kak-pyilevoe-oblako-razrushaet-elevator> (дата звернення: 07.10.2025).

36. Johnson L. Water pollution from agricultural processing: Case studies. *Environmental Science & Technology*. 2019. Vol. 53, No. 4. P. 215–230.

37. Potapova A., Lamb B., Claiborn C. Application of an atmospheric tracer ratio method to estimation of PM_{2.5} emission rates from wheat conveying operations at a wheat pile storage facility. *J Air Waste Manag Assoc*. 2020. Vol. 70, No. 8. P. 810–819.

38. Smith J., Brown T. Air emissions from grain storage facilities: A review. *Journal of Environmental Management*. 2020. Vol. 260. P. 110–125.