

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » грудня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»

на тему: «Удосконалення системи управління відходами в товаристві

з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський

машинобудівний завод»»

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,

групи МгЕ-1-24 спеціальності

101 «Екологія»

_____ Анастасія ТЕРЕЩЕНКО

Керівник _____ ст. викл. Олена КАРАСЬ

Рецензент _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Терещенко Анастасії Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення системи управління відходами в товаристві з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський машинобудівний завод»»

Науковий керівник Карась О.Г., к.б.н., ст. викладачка

затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074

2. Термін подання здобувачем роботи: 16.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Звітні статистичні дані про викиди та відходи ТОВ «Корум ДрМЗ», надані підприємством. 2. Нормативно-правові документи з питань регулювання природоохоронної діяльності виробничих підприємств. 3. Дані з інших джерел інформації - наукові монографії, статті, джерела з мережі Інтернет тощо

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1. Теоретичні основи управління промисловими відходами 2. Характеристика діяльності ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» та аналіз існуючої системи управління відходами 3. Удосконалення системи управління відходами ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» 4. Економічне обґрунтування пропозицій щодо удосконалення системи управління відходами 5. Охорона

праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація в Power Point (актуальність, мета, об'єкт, предмет та задачі досліджень, отримані результати, висновки та рекомендації)

6. Дата видачі завдання: «10» жовтня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи управління промисловими відходами	15.10.2025	виконано
2	Характеристика діяльності ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» та аналіз існуючої системи управління відходами	01.11.2025	виконано
3	Удосконалення системи управління відходами ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод»	07.11.2025	виконано
4	Економічне обґрунтування пропозицій щодо удосконалення системи управління відходами	20.11.2025	виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки. Вступ. Висновки	07.12.2025	виконано

Здобувач (ка)

_____ (підпис)

Анастасія ТЕРЕЩЕНКО

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олена КАРАСЬ

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на 87 сторінках, містить 11 рисунків, 5 таблиць і 25 використаних джерел літератури.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати шляхи удосконалення системи управління відходами товариства з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський машинобудівний завод» з урахуванням сучасних вимог екологічної безпеки та міжнародного досвіду.

Завдання роботи:

- проаналізувати сучасні підходи управління промисловими відходами на підприємствах;
- охарактеризувати діяльність ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» та відходи, що утворюються під час виробничих процесів на підприємстві;
- оцінити стан чинної системи управління відходами підприємства;
- визначити вплив відходів підприємства на компоненти довкілля;
- дослідити ефективні сучасні практики управління відходами на машинобудівних підприємствах;
- запропонувати заходи щодо поліпшення системи управління відходами ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод»;
- обґрунтувати екологічний та економічний ефект від впровадження запропонованих заходів.

Об'єктом дослідження є система управління відходами на промисловому підприємстві «Корум Дружківський машинобудівний завод».

Предметом дослідження є процеси утворення, збирання, зберігання, оброблення та утилізації відходів підприємства, а також можливості підвищення ефективності їх управління.

Ключові слова: управління відходами, промислові відходи, машинобудівне підприємство, екологічна безпека, утилізація, циркулярна економіка, сталий розвиток.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ВІДХОДАМИ	9
1.1 Промислові відходи: класифікація, властивості та джерела утворення ..	9
1.2 Нормативно-правова база у сфері управління відходами в Україні	11
1.3 Вплив промислових відходів на довкілля	12
1.4 Сучасні підходи до управління відходами на промислових підприємствах	15
1.5 Міжнародний досвід удосконалення систем управління відходами	20
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «КОРУМ ДРУЖКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД» ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ	27
2.1 Розташування, адміністративні відомості та загальна інформація про підприємство	27
2.2 Технологічні процеси та основні види продукції	29
2.3 Характеристика відходів, що утворюються на підприємстві	30
2.3.1 Утворення гальванічних шламів	31
2.3.2 Нерудні, неметалеві та супутні виробничі відходи	34
2.3.3 Мастильні та нафтопродуктові відходи.....	35
2.3.4 Шкідливі викиди у атмосферу	37
2.3.5 Забруднення водних ресурсів	38
2.4 Діюча система збору, тимчасового зберігання та утилізації відходів ..	40
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ТОВ «КОРУМ ДРУЖКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»	43
3.1 Матеріали та методи дослідження	43
3.2 Оцінка екологічних ризиків відходів підприємства	45

3.3 Порівняльний аналіз системи управління відходами підприємства з міжнародними практиками	50
3.4 Заходи з удосконалення системи управління відходами	54
3.4.1 Встановлення фільтрувальних систем для зменшення пилових та газових викидів	54
3.4.2 Створення сучасного майданчика тимчасового зберігання відходів..	54
3.4.3 Упровадження пункту внутрішнього сортування	55
3.4.4 Модернізація обладнання для зменшення утворення відходів	56
3.4.5 Запровадження роздільного збирання відходів у цехах	57
3.4.6 Оптимізація логістики відходів	58
3.4.7 Підвищення кваліфікації персоналу	58
3.4.8 Покращення взаємодії з підрядними організаціями	59
3.5 Удосконалення системи екологічного менеджменту	61
3.6 Очікуваний екологічний ефект від впровадження удосконалень	63
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ	66
4.1 Аналіз сучасних витрат підприємства на поводження з відходами	66
4.2 Економічна оцінка удосконалення системи управління відходами	69
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	74
5.2 Система управління охороною праці	77
5.3 Організація дій у надзвичайних ситуаціях на підприємстві	79
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	84

ВСТУП

Промислові підприємства є одними з основних джерел утворення відходів, що чинять суттєвий вплив на стан довкілля. Зростання обсягів виробництва, ускладнення технологічних процесів та підвищення вимог до екологічної безпеки зумовлюють необхідність удосконалення системи управління відходами. Ефективне поводження з відходами є важливим елементом сталого розвитку підприємства, ресурсозбереження та запобігання негативному впливу на компоненти природного середовища.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю адаптації систем управління відходами промислових підприємств України до сучасних вимог національного законодавства та європейських екологічних стандартів. У зв'язку з упровадженням Закону України «Про управління відходами» та переходом до принципів циркулярної економіки зростає потреба в розробленні практично орієнтованих рішень, спрямованих на зменшення обсягів утворення відходів, підвищення рівня їх відновлення та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Для машинобудівних підприємств, діяльність яких супроводжується утворенням значних обсягів металевих, зварювальних, мастильних та інших виробничих відходів, питання удосконалення системи їх управління є особливо важливим.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський машинобудівний завод» є потужним представником машинобудівної галузі, діяльність якого супроводжується утворенням різних видів промислових відходів. Оптимізація системи їх збирання, зберігання, перероблення та утилізації має важливе значення для підвищення екологічної ефективності підприємства. Вивчення сучасних підходів, а також досвіду закордонних

промислових компаній дозволяє визначити перспективні напрями підвищення результативності управління відходами.

Об'єктом дослідження є система управління відходами на промисловому підприємстві «Корум Дружківський машинобудівний завод».

Предметом дослідження є процеси утворення, збирання, зберігання, оброблення та утилізації відходів підприємства, а також можливості підвищення ефективності їх управлінням.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати шляхи удосконалення системи управління відходами товариства з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський машинобудівний завод» з урахуванням сучасних вимог екологічної безпеки та міжнародного досвіду.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких *завдань*:

- проаналізувати сучасні підходи управління промисловими відходами на підприємствах;
- охарактеризувати діяльність ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» та відходи, що утворюються під час виробничих процесів на підприємстві;
- оцінити стан чинної системи управління відходами підприємства;
- визначити вплив відходів підприємства на компоненти довкілля;
- дослідити ефективні сучасні практики управління відходами на машинобудівних підприємствах;
- запропонувати заходи щодо поліпшення системи управління відходами ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод»;
- обґрунтувати екологічний та економічний ефект від впровадження запропонованих заходів.

У процесі виконання дипломної роботи застосовувалися методи аналізу та синтезу - для узагальнення наукових підходів до управління промисловими відходами; метод порівняння - для зіставлення вітчизняного та зарубіжного досвіду поводження з відходами; системний підхід - для комплексного дослідження системи управління відходами підприємства [1].

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ВІДХОДАМИ

1.1 Промислові відходи: класифікація, властивості та джерела утворення

Промислові відходи становлять одну з наймасштабніших категорій техногенних утворень, що виникають у процесі функціонування виробничих підприємств різних галузей економіки. Вони характеризуються значною різноманітністю складу, фізичних властивостей, рівнем небезпеки та потенційним впливом на навколишнє природне середовище. Для ефективної організації системи управління відходами необхідним є чітке їх визначення, класифікація та встановлення джерел утворення.

Класифікація промислових відходів в Україні здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про управління відходами» [2] та підзаконних нормативно-правових актів, гармонізованих із положеннями Директиви ЄС 2008/98/ЄС[3]. Сучасний підхід передбачає багатокритеріальну класифікацію відходів за походженням, фізичним станом (тверді, рідкі, газоподібні), хімічним складом, а також за наявністю небезпечних властивостей. Визначальним критерієм є віднесення відходів до небезпечних або таких, що не є небезпечними, що встановлюється на основі їх складу та властивостей.

Небезпечні відходи класифікуються за наявністю однієї або кількох небезпечних властивостей, зокрема вибухонебезпечності, займистості, токсичності, корозійності, екотоксичності та інших, перелік яких відповідає європейській системі класифікації [4]. Оцінювання небезпечних властивостей

здійснюється шляхом аналізу хімічного складу відходів, лабораторних досліджень та застосування граничних концентрацій небезпечних речовин. Такий підхід замінив попередній поділ відходів на чотири класи безпеки та забезпечив узгодженість національної системи управління відходами з європейськими стандартами.

Класифікація відходів визначає вимоги до їх обліку, маркування, умов збирання, зберігання, транспортування, оброблення та остаточного видалення. Правильне визначення статусу відходів є необхідною умовою для вибору безпечних і екологічно обґрунтованих методів поводження з ними, а також для мінімізації ризиків негативного впливу на довкілля та здоров'я населення. Важливою характеристикою промислових відходів є їхні фізико-хімічні властивості: токсичність, вибухонебезпечність, корозійна активність, радіоактивність, леткість, здатність до біологічного розкладання або, навпаки, довготривала стійкість у навколишньому природному середовищі. Саме ці властивості визначають можливість їх повторного використання, перероблення або необхідність спеціального поводження.

Джерела утворення промислових відходів залежать від специфіки виробничих процесів. У машинобудівній галузі основними джерелами є механічна обробка металів, термічні та зварювальні процеси, фарбування та нанесення захисних покриттів, експлуатація технологічного обладнання, використання мастильних матеріалів та охолоджувальних рідин. У результаті цих операцій утворюються металеві стружки, окалина, шлами, шлаки, пилові відходи, відпрацьовані мастила, технологічні рідини та інші побічні продукти.

Комплексний аналіз класифікації і властивостей промислових відходів є основою для побудови ефективної системи управління ними на підприємстві. Чітке визначення характеристик кожного виду відходів дає змогу обрати найбільш доцільні методи їх збирання, тимчасового зберігання, утилізації або перероблення, а також мінімізувати потенційний негативний вплив на довкілля та забезпечити відповідність законодавчим вимогам.

1.2 Нормативно-правова база у сфері управління відходами в Україні

Нормативно-правове регулювання у сфері поводження з відходами в Україні базується на комплексі законів, постанов Кабінету Міністрів України, державних стандартів, санітарних норм та вимог екологічної безпеки. Ця система формується відповідно до європейських підходів і спрямована на забезпечення раціонального використання ресурсів, мінімізацію утворення відходів та зменшення негативного впливу на довкілля.

Основним нормативним документом є Закон України «Про управління відходами», який визначає загальні принципи державної політики, класифікацію відходів, вимоги до їх збирання, перевезення, оброблення, утилізації та видалення. Закон встановлює також ієрархію поводження з відходами, яка відповідає підходам Європейського Союзу: запобігання утворенню, підготовка до повторного використання, перероблення, утилізація та видалення.

Важливим нормативним документом є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [5], який закріплює екологічні вимоги до господарської діяльності, включно з умовами запобігання забрудненню повітря, ґрунтів та вод промисловими відходами. Він визначає обов'язок підприємств здійснювати природоохоронні заходи та впроваджувати технології, що зменшують утворення відходів.

Правові засади екологічного контролю встановлює Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» [6], згідно з яким підприємства окремих видів діяльності зобов'язані проводити процедуру оцінювання впливу на довкілля при розробленні та модернізації технологічних процесів. У рамках цієї процедури аналізується утворення та поводження з відходами, їх потенційний вплив на атмосферу, ґрунтові та водні ресурси.

Організація обліку, класифікації та паспортизації відходів регламентується Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення реєстру відходів» [7] та Порядком ведення обліку відходів і пакування[8], що визначає вимоги до подання звітності, збирання даних про кількість та характеристики відходів підприємств.

У сфері промислової діяльності важливими є норми Державних санітарних правил і норм у галузі охорони атмосферного повітря[9], Водного кодексу України[10], Земельного кодексу України[11], а також вимоги щодо поводження з небезпечними речовинами, передбачені Законом України «Про хімічну безпеку та управління хімічними речовинами» [12].

Актуальним напрямом розвитку законодавства є гармонізація з європейськими підходами відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. У цьому контексті українське законодавство адаптується до вимог Рамкової директиви ЄС про відходи 2008/98/ЄС, що передбачає впровадження принципів розширеної відповідальності виробника, розвитку циркулярної економіки та екологічно орієнтованих технологій.

Таким чином, нормативно-правова база України у сфері управління промисловими відходами є багаторівневою та охоплює як загальні правові принципи охорони навколишнього природного середовища, так і конкретні процедури поводження з відходами. Дотримання цих вимог підприємствами забезпечує зменшення негативного впливу на довкілля, підвищення екологічної відповідальності та відповідність міжнародним стандартам.

1.3 Вплив промислових відходів на довкілля

Промислові відходи є одним із ключових чинників техногенного навантаження на природні екосистеми. У процесі функціонування

підприємств машинобудівної галузі утворюються відходи різних класів небезпеки, включаючи металеву стружку, шлами, пил, відпрацьовані мастила, хімічні реагенти, які за відсутності належної системи управління можуть забруднювати атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі та підземні води. Вплив таких відходів є багатофакторним і визначається їх хімічним складом, фізичними властивостями, обсягами утворення, умовами зберігання та технологічними характеристиками виробництва.

Відповідно до Закону України «Про управління відходами», суб'єкти господарювання зобов'язані здійснювати мінімізацію утворення відходів та запобігати їх неконтрольованому потраплянню у природні компоненти. Порушення встановлених вимог призводить до погіршення якості довкілля та зростання рівня екологічних ризиків.

Вплив на атмосферне повітря. В атмосферу можуть надходити легкі фракції промислового пилу, продукти згоряння мастил, аерозолі металів та хімічні домішки, що утворюються під час механічної обробки металу, зварювальних і ливарних процесів. За даними Держекоінспекції [13], промислові підприємства машинобудування входять до групи об'єктів, які формують стійкі локальні зони забруднення повітря.

Найбільш поширеними забруднювачами є:

- зважені частинки (PM10, PM2.5),
- оксиди азоту та сірки,
- оксид вуглецю,
- бенз(а)пірен,
- хлориди та оксиди металів (Fe, Cu, Zn).

Наявність дрібнодисперсного пилу (особливо фракцій PM2.5) створює ризики для здоров'я населення, адже такі частинки здатні проникати в легені та кровоносну систему. Викиди металів є небезпечними через акумулятивний ефект у ґрунтах та рослинності.

Вплив на ґрунти. Промислові відходи машинобудування містять важкі метали, нафтопродукти та хімічні реагенти, які при неправильному зберіганні

можуть потрапляти у ґрунтовий горизонт. Найвищий ризик становлять місця організованого та стихійного складування відходів, шламонакопичувачі та території поблизу виробничих цехів. Основні наслідки забруднення ґрунтів:

- накопичення важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn);
- зниження родючості ґрунтів;
- пригнічення мікробіологічної активності;
- ерозійні процеси та деградація ґрунтового покриву.

Згідно з Державними санітарними правилами охорони ґрунтів від забруднення хімічними речовинами, перевищення ГДК важких металів призводить до неможливості подальшого використання територій у рекреаційних та сільськогосподарських цілях.

Вплив на поверхневі та підземні води. Потенційними джерелами водного забруднення є:

- змиви із промислових майданчиків,
- фільтрати зі шламонакопичувачів,
- стічні води від обробки металів, охолодження та промивки обладнання,
- аварійні скиди технічних рідин.

У складі таких стоків часто виявляються:

- нафтопродукти,
- солі важких металів,
- поверхнево-активні речовини,
- кислоти та луги.

Відповідно до Водного кодексу України, підприємства повинні забезпечувати очищення стічних вод до встановлених нормативів ГДС (гранично допустимих скидів). Недотримання цих вимог може спричинити евтрофікацію водойм, зниження якості питної води, загибель водних організмів.

Вплив на екосистеми. Сукупний вплив промислових відходів спричиняє:

- зниження біорізноманіття;

- зміну структури природних угруповань;
- порушення міграційних процесів у фауни;
- деградацію природних екосистем у санітарно-захисній зоні підприємства.

Згідно зі звітами Міндовкілля, техногенне навантаження промислових територій України залишається одним із ключових факторів екологічних ризиків.

1.4 Сучасні підходи до управління відходами на промислових підприємствах

1. Ієрархія поводження з відходами

Ієрархія поводження з відходами є базовим концептуальним підходом Європейського Союзу та України, що визначає пріоритетність управлінських рішень у сфері охорони довкілля[14]. В Україні цей принцип закріплений у Законі України «Про управління відходами» та гармонізований із положеннями Директиви ЄС 2008/98/ЕС про відходи. Відповідно до зазначених нормативних документів, управління відходами повинно здійснюватися з дотриманням визначеної ієрархічної послідовності.

Запобігання утворенню відходів є найвищим рівнем ієрархії та передбачає мінімізацію кількості відходів безпосередньо на стадії виробництва. До основних заходів належать модернізація обладнання, оптимізація технологічних процесів, впровадження ресурсоефективних технологій і використання альтернативної сировини. В Україні елементи підходу «чистого виробництва» впроваджуються на великих промислових підприємствах, зокрема на металургійних та машинобудівних об'єктах, що дозволяє зменшити утворення шламів, пилу та металевої стружки.

Наступним рівнем ієрархії є підготовка до повторного використання, яка включає перевірку, ремонт, очищення або відновлення виробів і

матеріалів без суттєвої зміни їх фізико-хімічних властивостей. У промисловості поширено повторне використання дерев'яної тари, металевих контейнерів, піддонів та іншої допоміжної упаковки, що дозволяє скоротити потребу у первинних ресурсах.

Відновлення відходів (recovery) охоплює процеси, у межах яких відходи виконують корисну функцію, замінюючи первинні матеріали або джерела енергії. До цієї категорії належить, зокрема, рециклінг (переробка), який передбачає повернення відходів у виробничі цикли у вигляді вторинної сировини. В Україні функціонують підприємства з переробки металобрухту, технічних масел та інших матеріалів, а побічні продукти металургійної промисловості, такі як доменні шлаки, широко використовуються у виробництві будівельних матеріалів.

Окремою формою відновлення є енергетичне використання відходів, що полягає у виробництві теплової або електричної енергії. Упродовж 2023–2024 років в Україні розпочато реалізацію проєктів зі створення сміттєпереробних комплексів з енергетичною складовою у великих містах, що відповідає європейським підходам до управління відходами.

Найнижчим рівнем ієрархії є захоронення відходів, яке розглядається як крайній та небажаний спосіб поводження. Захоронення передбачає розміщення відходів на спеціально облаштованих полігонах із дотриманням екологічних вимог. Закон України «Про управління відходами» встановлює жорсткі вимоги до експлуатації полігонів і передбачає поступове обмеження захоронення відходів, що можуть бути піддані відновленню.

Таким чином, сучасна ієрархія поводження з відходами орієнтує підприємства на перехід від лінійної моделі «виробити – використати – захоронити» до циркулярної моделі, за якої відходи розглядаються як потенційний ресурс і максимально залучаються до повторного використання та відновлення.

2. Принципи циркулярної економіки

Циркулярна економіка - це сучасна концепція організації виробництва та споживання, яка передбачає максимальне збереження цінності ресурсів шляхом їх повторного використання, ремонту, регенерації та перероблення. На відміну від традиційної лінійної моделі «взяти - виготовити - використати - викинути», циркулярна економіка формує замкнуті матеріальні потоки, що дозволяє суттєво зменшити кількість промислових відходів та знизити навантаження на довкілля.

На міжнародному рівні принципи циркулярності визначені Планом дій Європейського Союзу для циркулярної економіки, який є частиною Європейського зеленого курсу. Документ визначає ключові напрями реформування промисловості: подовження життєвого циклу продукції, розвиток вторинного ринку сировини, екодизайн та мінімізація утворення відходів на всіх етапах виробництва.

Розглянуто основні принципи циркулярної економіки[15].

Продовження життєвого циклу продукції. Підприємства впроваджують ремонт, модернізацію, повторне використання та відновлення обладнання. Для машинобудівної галузі це особливо актуально: значна частина вузлів, деталей і металевих конструкцій може бути відновлена та повторно використана без втрати функціональних властивостей.

Екодизайн. Вироби проектуються таким чином, щоб їх було легко розбирати, ремонтувати й переробляти. ЄС у 2022 році ухвалив Регламент щодо екодизайну для сталих продуктів (ESPR), який встановлює нові вимоги для промислових виробів, зокрема у машинобудуванні.

Замкнуті матеріальні цикли. Матеріали після використання повертаються у виробництво у вигляді вторинної сировини. У машинобудуванні це стосується металевої стружки, відходів чорних і кольорових металів, мастил та технічних рідин. Використання вторинного металу дозволяє зменшити викиди CO₂ у 5–10 разів порівняно з

виробництвом первинного металу (за даними European Steel Association, 2023[16]).

Відновлювальні та чисті технології. Підприємства переходять на енергоефективні виробничі цикли та використовують технології, які зменшують утворення відходів. Наприклад, фільтраційні системи замкненого циклу у металообробці дозволяють багаторазово використовувати охолоджувально-мастильні рідини та знижувати їхній обсяг відходів на 30-50 відсотків.

Розширена відповідальність виробника. Компанії несуть відповідальність не лише за виробництво, а й за післяспоживче поводження з продукцією та відходами. В Україні принцип EPR поступово впроваджується у межах гармонізації із законодавством ЄС (зокрема проект Закону «Про управління відходами»).

Застосування принципів циркулярної економіки на промислових підприємствах, у тому числі в машинобудуванні, забезпечує зменшення обсягів відходів, оптимізацію ресурсів, зниження витрат на утилізацію та підвищення екологічної відповідальності. Це формує конкурентні переваги підприємства, покращує його екологічний імідж та відповідає сучасним європейським стандартам сталого розвитку.

3. Екологічний менеджмент ISO 14001

Система екологічного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001 [17] є одним із найпоширеніших інструментів підвищення екологічної ефективності промислових підприємств. Вона спрямована на систематичне управління впливом виробництва на довкілля, зниження ризиків, пов'язаних з утворенням і поводженням з відходами, та забезпечення відповідності природоохоронним вимогам. Стандарт ISO 14001:2015 визначає вимоги до політики, планування, моніторингу, документування та постійного удосконалення екологічних процесів на підприємстві.

Основою стандарту є модель «плануй - виконуй - перевіряй - удосконалюй», яка забезпечує циклічність управління та дає можливість підприємству системно зменшувати негативний вплив на довкілля. Одним із ключових елементів ISO 14001 є визначення екологічних аспектів і впливів. Для машинобудівних підприємств такими аспектами є утворення металевих відходів, відпрацьованих мастил, забруднених шламів, стружки, викидів пилу та газів у повітря, а також генерація небезпечних відходів (фарбувальні матеріали, хімічні реагенти, фільтри тощо).

Важливою вимогою ISO 14001 є дотримання підприємством вимог національного законодавства. В Україні це, зокрема, Закон «Про управління відходами» (2023), Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» [18], Водний[19] та Повітряний кодекси[20], а також нормативи щодо мінімізації відходів та їх обліку. Система ISO допомагає підприємству уникати порушень, своєчасно оновлювати дозвільну документацію та вести коректний облік утворення і передачі відходів.

Стандарт також передбачає проведення внутрішніх аудитів, які дозволяють контролювати ефективність процесів та виявляти недоліки. Для машинобудівних підприємств характерними проблемами, які виявляють аудити, є: недостатнє сортування металевих відходів, відсутність оптимізованих майданчиків для тимчасового зберігання, нераціональне поводження з відпрацьованими мастилами, а також низький рівень перероблення відходів на місці.

Важливим інструментом стандарту є екологічні цілі та програми, які підприємство формує щороку. Наприклад, реальні заводи, сертифіковані за ISO 14001, впроваджують такі цілі: зниження кількості відходів шліфувального пилу на 20 %, запровадження системи збору та регенерації мастильно-охолоджувальних рідин, впровадження фільтраційних модулів для утримання металевих частинок, збільшення частки переданих на вторинну переробку відходів чорних металів.

Однією з переваг впровадження ISO 14001 є можливість покращення іміджу підприємства, підвищення довіри інвесторів та партнерів, а також економія ресурсів шляхом оптимізації технологічних процесів. Для машинобудівної галузі сертифікація є додатковим конкурентним фактором, оскільки багато міжнародних компаній обирають постачальників із підтвердженою екологічною відповідальністю.

Таким чином, система екологічного менеджменту ISO 14001 є ефективним інструментом підвищення екологічної безпеки та оптимізації процесів поводження з відходами на промислових підприємствах. Її запровадження сприяє зменшенню техногенного навантаження, дотриманню законодавчих вимог і підвищенню рівня сталості виробництва.

1.5 Міжнародний досвід удосконалення систем управління відходами

Практики країн Європейського Союзу

Країни Європейського Союзу посідають провідні позиції у сфері управління промисловими відходами завдяки багаторівневій системі законодавчого регулювання, високим екологічним стандартам та впровадженню принципів циркулярної економіки. Основним нормативним документом, що регламентує поводження з відходами в ЄС, є Рамкова директива 2008/98/ЄС про відходи, яка вводить ієрархію поводження з відходами, принцип розширеної відповідальності виробника та вимоги до підвищення повторного використання та перероблення відходів. Згідно з директивою, держави-члени повинні забезпечувати мінімізацію утворення відходів та сприяти впровадженню ресурсоефективних технологій на підприємствах.

Важливим інструментом є Пакет циркулярної економіки ЄС (2015 р.), який встановлює цілі щодо підвищення рівня перероблення промислових і побутових відходів та скорочення захоронення невикористаних матеріалів. У

межах цього пакета до 2035 року передбачено зменшення обсягів захоронення до рівня менше 10 % від загального утворення відходів. Для промислових підприємств, зокрема машинобудівної галузі, це означає необхідність впровадження технологій повернення відходів у виробничі процеси - як вторинної сировини.

Країни ЄС активно застосовують механізми розширеної відповідальності виробника, згідно з якими підприємства несуть фінансову та організаційну відповідальність за повний життєвий цикл продукції. Це стимулює виробників впроваджувати більш екологічні матеріали, зменшувати використання токсичних речовин і забезпечувати можливість перероблення деталей обладнання та машин.

У країнах ЄС широко поширена практика створення промислових симбіозів - кластерів, у яких відходи одного підприємства слугують ресурсом для іншого. Яскравим прикладом є Калундборзький індустріальний парк у Данії, де металеві, енергетичні та хімічні відходи перетворюються на вторинні матеріали та сировину для сусідніх заводів. Такий підхід дає змогу скоротити обсяг відходів на 60–70 % та зменшити витрати підприємств на сировину.

У Фінляндії та Німеччині машинобудівні підприємства активно застосовують системи роздільного збирання металевих відходів, що дозволяє довести рівень повторного використання чорних металів до 95–98 %. На рисунку 1.1 зображено установку "Finder Color" виробництва норвезької компанії "Tomra", призначена для сортування різних типів металів.

У Швеції впроваджені сучасні системи очищення повітря та фільтрації шліфувальних та зварювальних відходів, які знижують техногенні викиди та зменшують кількість небезпечних пилових частинок, що передаються на утилізацію.



Рисунок 1.1 - Сортиюча установка різних металів «Finder Color» компанії «Tomra»

Також у країнах ЄС діє суворий контроль за поводженням з небезпечними відходами, включно з електронною системою простежуваності та обов'язковим аудиторським супроводом операцій зі знешкодження. Машинобудівні заводи зобов'язані вести журнал обліку небезпечних відходів, взаємодіяти лише з ліцензованими компаніями-виконавцями та щорічно звітувати про результати діяльності.

У цілому досвід Європейського Союзу демонструє, що ефективно управління відходами можливе лише за умов поєднання законодавчого регулювання, економічних стимулів, контролю та інноваційних технологій. Розглянуті практики можуть бути адаптовані українськими промисловими підприємствами, включно з досліджуванним «Корум Дружківським машинобудівним заводом», у процесі модернізації системи поводження з відходами.

Досвід Японії в реалізації безвідходних технологій

Японія вважається однією з країн із найрозвиненішою системою управління відходами, що ґрунтується на принципах економії ресурсів, глибокої переробки та мінімізації утворення відходів на всіх етапах

виробництва. Основою японського підходу є філософія раціонального використання матеріалів, згідно з якою будь-який відхід розглядається як потенційний ресурс для повторного використання.

Одним з ключових елементів є впровадження системи ресурсозбереження на рівні підприємств, коли виробники зобов'язані максимально скорочувати кількість відходів шляхом модернізації технологічних процесів, переходу на багаторазову тару, оптимізації розмірів упаковки та застосування матеріалів, що легко піддаються переробці. Значна увага приділяється також екодизайну продукції, що дозволяє зменшити трудомісткість подальшої утилізації.

Японські підприємства активно застосовують замкнені виробничі цикли, у межах яких відходи одного процесу стають сировиною для іншого. Така модель дозволяє мінімізувати витрати на утилізацію, водночас підвищуючи рентабельність виробництва. Особливо поширеним є використання переробленого пластику, вторинних металів та побічних продуктів хімічної промисловості.

Важливою складовою успіху японської системи є партнерство між державою та бізнесом. Законодавство чітко регламентує відповідальність виробників за післяспоживчий етап життя продукції, стимулюючи їх інвестувати в інноваційні безвідходні технології. Держава підтримує підприємства через податкові пільги, субсидії та науково-технічні програми.

Завдяки комплексному підходу Японія досягла високих показників переробки побутових та промислових відходів, а її моделі безвідходного виробництва стали прикладом ефективного поєднання технологічних інновацій, екологічної свідомості та економічної доцільності.

Кейси машинобудівних заводів Німеччини, Швеції та Польщі

Серед європейських країн саме Німеччина, Швеція та Польща демонструють успішні приклади впровадження сучасних моделей управління відходами на машинобудівних підприємствах. Ці кейси характеризуються

поєднанням високої культури виробництва, системного екологічного контролю та постійної модернізації технологій.

Німеччина традиційно є лідером у впровадженні ресурсоефективних рішень. На машинобудівних заводах широко застосовуються системи глибокої переробки металевої стружки, повторне використання мастильно-охолоджувальних рідин та замкнені водооборотні цикли. Важливою частиною управління є автоматизоване сортування металевих відходів за видами сплавів, що дозволяє підвищити відсоток повернення матеріалів у виробництво та зменшити витрати на закупівлю первинної сировини. Підприємства також активно впроваджують енергоощадні станки, що знижують обсяг технологічних відходів.

Швеція робить акцент на екологічних інноваціях та мінімізації впливу на довкілля. На шведських заводах широко впроваджується використання біорозкладних мастильних матеріалів, що значно зменшує витрати на їх подальшу утилізацію. Значна частина підприємств перейшла на цифрові системи планування виробництва, які оптимізують завантаження обладнання і скорочують обсяги непродуктивних втрат матеріалів. У Швеції також поширені програми співпраці між іноземними заводами та місцевими переробними центрами, що забезпечує майже повне повернення металевих і полімерних відходів у вторинну переробку. На рисунку 1.2 зображено делегацію з українського ТОВ СП "НІБУЛОН", що є провідним агровиробником, відвідала заводи Scania, ознайомила з автоматизацією виробництва та електричними вантажівками, що працюють без викидів і мають запас ходу до 450 км.



Рисунок 1.2 - Українська делегація з візитом на машинобудівному заводі «Scania» у Швеції

Польща за останні десятиліття активно модернізувала свою машинобудівну галузь, адаптуючи європейські стандарти управління відходами. Тут значна увага приділяється сортуванню та брикетуванню металевої стружки, що суттєво знижує витрати на транспортування та покращує якість вторинної сировини. На багатьох заводах впроваджено системи повторного очищення технічних рідин, що дає можливість використовувати їх у декілька циклів. Польські підприємства також розвивають практику матеріального обліку відходів, коли кожен вид відходу розглядається як економічний ресурс з чітко визначеною вартістю. На рисунку 1.3 зображено інженерну споруду системи фільтрації та регенерації охолоджувальних рідин на польському машинобудівному заводі "Solaris Bus & Coach" у Познані.



Рисунок 1.3 - Системи фільтрації та регенерації охолоджувальних рідин
«Solaris Bus & Coach»

Загалом досвід цих країн демонструє, що ефективне управління відходами на машинобудівних підприємствах базується на поєднанні технологічних рішень, економічної мотивації та екологічної відповідальності. Упровадження таких підходів дозволяє підприємствам зменшити витрати, підвищити конкурентоспроможність і досягти високих стандартів сталого виробництва.

РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «КОРУМ ДРУЖКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД» ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

2.1 Розташування, адміністративні відомості та загальна інформація про підприємство

Дружківський ремонтно-механічний завод «Корум ДрМЗ» - велике індустріальне підприємство машинобудівної галузі, основним напрямом діяльності якого є виготовлення та ремонт технічного обладнання для гірничодобувної промисловості, насамперед для підприємств вугільної галузі. У зв'язку з ускладненням безпекової ситуації на сході України підприємство було релоковано з міста Дружківка Донецької області до міста Дніпро, де на сьогодні продовжує здійснювати виробничу діяльність.

Місто Дніпро є одним із найбільших промислових і економічних центрів України. Воно розташоване в центральній частині країни на обох берегах річки Дніпро та є адміністративним центром Дніпропетровської області. Площа міста становить близько 409 км². Станом на 1 січня 2022 року чисельність населення міста перевищувала 980 тис. осіб. Географічні координати міста: приблизно 48°27' пн. ш., 35°02' сх. д. Завдяки вигідному географічному положенню Дніпро є важливим транспортним і логістичним вузлом, що забезпечує зручне сполучення з іншими регіонами України.

Територія, на якій наразі розміщені виробничі потужності ТОВ «Корум ДрМЗ», знаходиться у межах промислової зони міста Дніпро та характеризується наявністю розвиненої інженерної, транспортної та складської інфраструктури. Розташування підприємства в межах великого

промислового центру сприяє стабільному постачанню сировини, комплектуючих матеріалів, а також ефективній логістиці готової продукції.

Клімат міста Дніпро є помірно континентальним, із теплим літом та відносно м'якою зимою. Середня температура повітря взимку становить від $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, у літній період - від $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість атмосферних опадів коливається в межах 450–500 мм. Кліматичні умови регіону загалом є сприятливими для розміщення та функціонування промислових підприємств протягом усього року.

Релокація заводу до міста Дніпро дала змогу зберегти виробничий потенціал, робочі місця та забезпечити безперервність діяльності підприємства. На новому місці «Корум ДрМЗ» продовжує виготовлення та ремонт гірничо-шахтного обладнання, зокрема механізмів транспортування, вентиляційних систем, металоконструкцій та іншої спеціалізованої продукції.

Загальна чисельність персоналу підприємства формується з урахуванням виробничих потреб та може змінюватися залежно від обсягів замовлень і завантаженості виробництва. На рисунку 2.1 зображено складський цех, де зберігається вироблена продукція [21]:



Рисунок 2.1 - Електровози акумуляторні 2АМ8Д(-03), готові до експлуатації

2.2 Технологічні процеси та основні види продукції

Виробнича діяльність ТОВ «Корум Дружківський машинобудівний завод» базується на застосуванні повного комплексу машинобудівних технологічних процесів, спрямованих на виготовлення, складання та ремонт обладнання для гірничодобувної промисловості. Підприємство має багатопрофільну виробничу структуру, що дозволяє здійснювати як серійне, так і одиничне виробництво складних технічних виробів.

Технологічний процес виготовлення продукції починається з підготовки металеві сировини та напівфабрикатів. На цьому етапі здійснюються операції різання, правки та попередньої механічної обробки металу. Для цього використовуються механічні, плазмові та газокисневі методи різання, що забезпечують необхідну точність та якість заготовок відповідно до технічної документації.

Наступним етапом є механічна обробка деталей, яка включає токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні та розточувальні операції. Механічна обробка виконується як на універсальних верстатах, так і на обладнанні з числовим програмним керуванням, що дозволяє досягати високої точності виготовлення деталей та зменшувати відсоток браку. Особлива увага приділяється дотриманню допусків і посадок, що є критично важливим для гірничо-шахтного обладнання, яке працює в умовах підвищених навантажень.

Важливе місце у виробничому циклі займають зварювальні процеси. На підприємстві застосовуються різні види зварювання, зокрема ручне дугове, напівавтоматичне та газове зварювання. Зварювальні роботи виконуються при виготовленні рам, корпусів, металоконструкцій та інших великогабаритних елементів обладнання. Після зварювання проводиться контроль якості зварних швів, а за необхідності - термічна обробка для зняття внутрішніх напружень у металі.

Завершальними етапами технологічного процесу є складання, регулювання та випробування готових виробів. Складання здійснюється відповідно до технологічних карт і креслень, із подальшою перевіркою працездатності вузлів і механізмів. Перед передачею замовнику продукція проходить обов'язкові контрольні та, за потреби, навантажувальні випробування, що гарантує її відповідність технічним вимогам і стандартам безпеки.

Основними видами продукції ТОВ «Корум ДрМЗ» є гірничо-шахтне обладнання та комплектуючі до нього. До них належать шахтні вагонетки, вентиляційні установки, елементи конвеєрних систем, підйомні кліті, металоконструкції, а також запасні частини та вузли для ремонту обладнання. Окрім виготовлення нової продукції, підприємство здійснює капітальний і поточний ремонт гірничого устаткування, що є важливим напрямом його діяльності.

Таким чином, технологічні процеси, що застосовуються на підприємстві, характеризуються комплексністю та високим рівнем спеціалізації. Це дозволяє ТОВ «Корум ДрМЗ» забезпечувати стабільне виробництво конкурентоспроможної продукції та ефективно задовольняти потреби гірничодобувних підприємств.

2.3 Характеристика відходів, що утворюються на підприємстві

Досліджено відходи, що утворюються на підприємстві. За походженням виділяють відходи, які виникають безпосередньо під час технологічних операцій, тобто утворюються прямо на робочих місцях: металева стружка та окалина від механічної обробки, шлами від різних процесів, відпрацьовані мастильні та охолоджувальні рідини, а також зварювальні аерозолі й пил.

Окремо розглянуто шляхи потрапляння цих відходів у довкілля: частина утворених матеріалів може перетворюватися на промислові викиди в атмосферу, інша частина потрапляє у вигляді забруднених стоків у поверхневі та підземні води або накопичується як потенціальний забрудник ґрунту на майданчиках зберігання. Такий розподіл дозволяє одночасно описати природу утворення відходів і оцінити їх потенційний вплив на компоненти довкілля.

Для дослідження обрана ділянка № 12, яка обладнана для виробництва скребкових конвеєрів з центрально-здвоєним розташуванням ланцюгів СПЦ271М. Ця ділянка є найбільшою за площею, а концентрація виробничих потужностей сягає близько 75% від всього обладнання заводу.

2.3.1 Утворення гальванічних шламів

Спираючись на звітні статистичні дані за 2024 рік, що подані заводом офіційно до Державної екологічної інспекції України, встановлено кількість шкідливих викидів та виробничих відходів.

Гальванічний шлам після нейтралізації утворюється на підприємстві в результаті очищення стічних вод, що виникають під час виконання гальванічних процесів. Основним джерелом таких відходів є ділянки нанесення металевих покриттів, де проводяться операції хромування, цинкування, нікелювання та попередньої хімічної підготовки металевих поверхонь. У процесі роботи гальванічних ванн та промивних ємностей частина електролітів і технологічних розчинів потрапляє у промивні води, утворюючи стоки з підвищеним вмістом металів, кислот і лугів. Саме ці стоки в подальшому спрямовуються на нейтралізацію, під час якої формується металовмісний осад - гальванічний шлам.

На підприємстві найбільш інтенсивне утворення гальванічних стічних вод пов'язане з роботою лінії хромування АЛГ-103-1, що включає ванни хромування, промивання та підготовки поверхні. Під час експлуатації цієї

лінії у стоки переходять сполуки хрому, сірчаної та хромової кислот. Аналогічні процеси відбуваються на ваннах електролітичного цинкування, де у водні розчини потрапляють іони цинку та лужні компоненти електролітів, а також на установках нікелювання, де утворюються стоки з вмістом нікелю та допоміжних органічних добавок. Значну частку забруднень створюють також ванни попередньої очистки та травлення металу, де використовуються розчини соляної, сірчаної кислот та лужних композицій. Після промивання деталей саме ці розчини формують основний об'єм гальванічних стічних вод.

Усі гальванічні стоки надходять до системи нейтралізації, що включає реактор для змішування та обробки води реагентами, відстійник та фільтр-прес. Під час обробки до стічних вод додаються лужні розчини, коагулянти та флокулянти, які переводять розчинені метали у нерозчинний осад. Після відстоювання та фільтрування формується густий металовмісний шлам, що є небезпечним відходом і потребує спеціального зберігання та передачі ліцензованим підприємствам. Саме на цій стадії утворюється кінцевий обсяг гальванічного шламу після нейтралізації, показники якого використовуються для подальшого екологічного аналізу та побудови діаграм. Проаналізовано обсяги утворення шламу на кожен задіяний процес (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Утворення гальванічних шламу

№	Найменування обладнання / ванн	Основний процес	Обсяг утворення шламу, т/рік
1	Ванна хромування електролітичного	Осадження хрому, очищення промивних стоків	920
2	Ванна нікелювання	Осадження нікелю, нейтралізація стоків	780
3	Ванна міднення (кисла та лужна)	Мідне покриття, коагуляція та осадження домішок	520
4	Ванни хімічного	Лужні стоки, нейтралізація,	310

	та електрохімічного знежирення	осад солей	
5	Ванна активування (кисле травлення)	Утворення осадів заліза та важких металів	260
6	Промивні ванни після гальванічних процесів	Осади після реагентного очищення промивних вод	420
7	Фільтр-преси гальванічної ділянки	Концентрація та відбір твердих залишків після очищення	158

На рисунку 2.2 зображено діаграму, що наочно відображає відношення обсягу викидів на кожен процес:

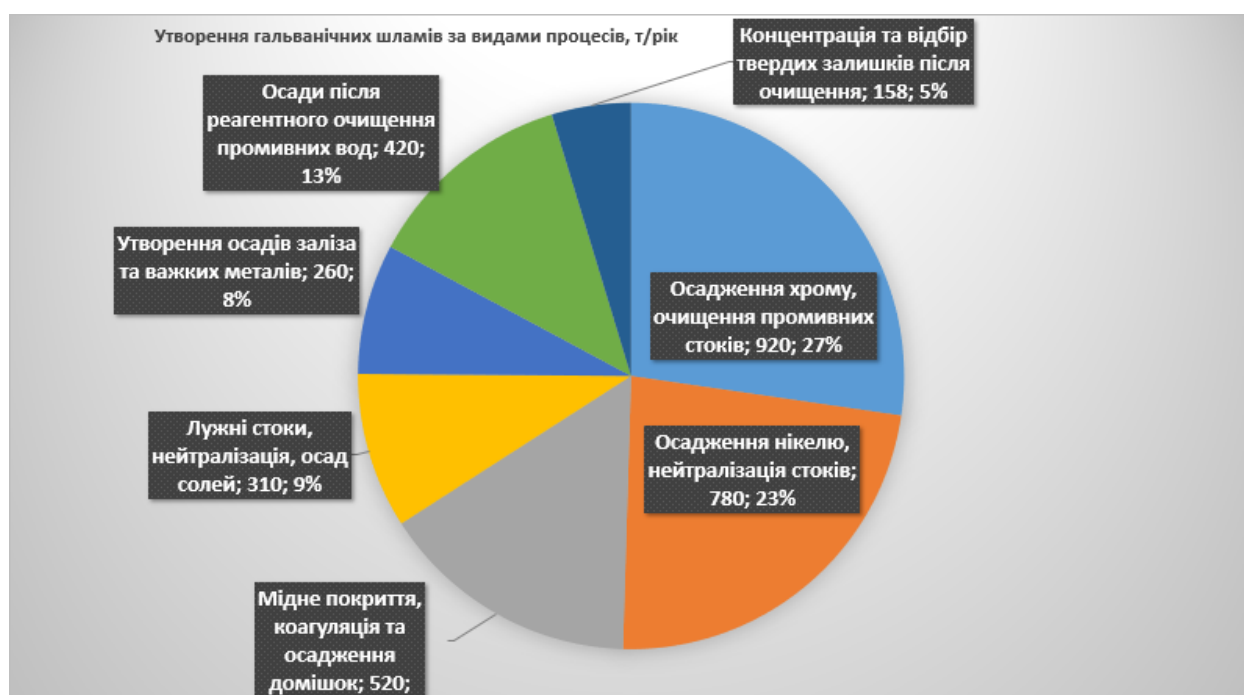


Рисунок 2.2 - Утворення гальванічних шламів за період 2024 року

2.3.2 Нерудні, неметалеві та супутні виробничі відходи

У процесі ливарного, механоскладального та ремонтно-експлуатаційного виробництва підприємства утворюється низка неметалевих та супутніх відходів, не пов'язаних безпосередньо з утворенням металеві стружки. Ці матеріали виникають у результаті допоміжних технологічних операцій - виплавки та формування відливок, термічної обробки, очищення та шліфування поверхонь, експлуатації печей і ванн, а також у процесі заміни та списання витратних матеріалів. До даної групи відходів належать:

Будівельні відходи, що формуються під час виконання ремонтних робіт, демонтажу конструкцій та оновлення технологічного обладнання.

Шлаки ливарні, які утворюються при тепловій обробці металу та видаленні неметалевих включень з розплаву.

Відпрацьовані формовочні суміші, що залишаються після вибивки та руйнування піщаних форм і стрижнів.

Флюсова корка, яка виникає під час плавлення та рафінування металу у плавильних агрегатах.

Бій вогнетривів, що формується внаслідок зношування футерівки печей, ковшів і термічних агрегатів.

Відпрацьовані абразивні круги, що утворюються при шліфувальних та заточувальних операціях.

Асбестові відходи, які походять від демонтованих теплоізоляційних матеріалів, ущільнень та прокладок старого зразка.

Зіпсоване активоване вугілля, що використовується у фільтраційних системах і після насичення забруднювачами підлягає вилученню.

Зіпсовані гумові матеріали, що утворюються під час заміни гумових рукавів, ущільнень, ременів та інших еластомерних елементів обладнання.

Усі ці відходи характеризуються різним хімічним складом, агрегатним станом та рівнем небезпечності, проте їх об'єднує спільне технологічне

походження - вони виникають як побічні продукти забезпечення виробничих процесів та обслуговування обладнання.

На рисунку 2.3 зображено діаграму з кількісною оцінкою обсягу утворення перелічених відходів:

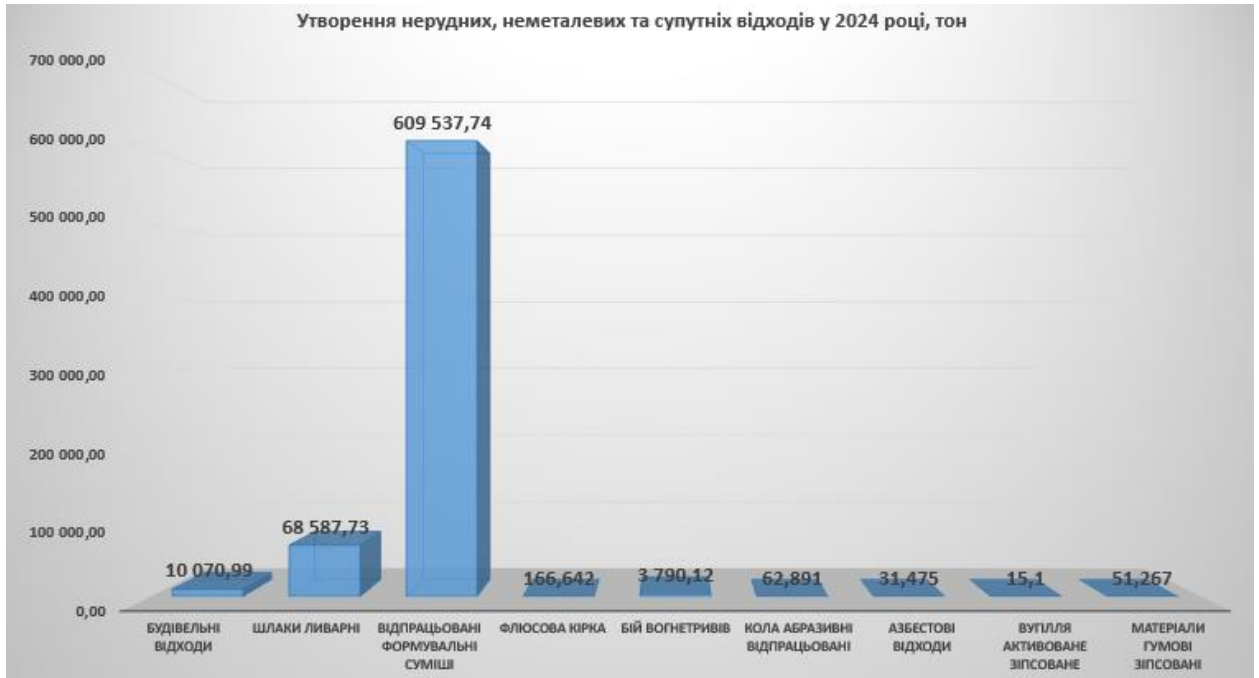


Рисунок 2.3 - Утворення нерудних, неметалевих та супутніх відходів у 2024р

2.3.3 Мастильні та нафтопродуктові відходи

Під час виробничих процесів на Дружківському машинобудівному заводі утворюються значні обсяги мастильних та нафтопродуктових відходів, які становлять потенційну загрозу для довкілля та потребують належного поводження. До таких відходів належать промаслене дрантя, тирса, шлам з маслоуловлювачів, шлам гартових ванн та ґрунт, забруднений нафтопродуктами.

Основними джерелами утворення даних відходів є верстати та обладнання, що застосовуються для обробки металу з використанням мастильних та охолоджувальних рідин. Зокрема, промаслене дрантя та тирса утворюються на обдирних, шліфувальних та токарних верстатах, де

використовується мастило для зменшення тертя та охолодження інструменту. Шлам з маслоуловлювачів накопичується при очищенні відпрацьованих мастильних рідин у спеціальних фільтрувальних системах. Шлам гартових ванн утворюється під час процесу термічної обробки металевих виробів, а ґрунт, забруднений нафтопродуктами, формується в місцях зберігання, транспортування та локальних розливів мастильних речовин.

За класифікацією небезпеки ці відходи відносяться до третіх та четвертих класів небезпеки, що вказує на їх помірно небезпечний або малонебезпечний вплив на довкілля. Для мінімізації ризиків застосовується збір та тимчасове зберігання у спеціальних ємностях, подальша переробка або утилізація через ліцензовані підприємства. Практика повторного очищення мастильних рідин дозволяє повторно використовувати їх у виробничих циклах, знижуючи обсяги відходів та вплив на навколишнє середовище. У таблиці 2.5 наведено кількісну оцінку утворення мастильних відходів за 2024 рік:

Таблиця 2.5 - Утворення мастильних та нафтопродуктових відходів

<i>Найменування відходів</i>	<i>Кількість, тон</i>
Дрантя промаслена	191,3
Тирса промаслена	378,8
Шлам маслоуловлювачів	66,7
Шлам гартових ванн	28,54
Ґрунт, забруднений нафтопродуктами	39,7
<i>Разом</i>	<i>705,04</i>

2.3.4 Шкідливі викиди у атмосферу

Аналіз якісного складу атмосферних викидів підприємства свідчить про наявність як газоподібних, так і твердих забруднювальних речовин, що утворюються внаслідок функціонування різних технологічних ліній. Основну частину викидів становлять діоксид вуглецю, оксид азоту, оксид вуглецю, тверді частинки та вуглеводні, що характерно для процесів згоряння палива, роботи термічного обладнання та механічної обробки металів.

Оксид азоту, оксид вуглецю та вуглеводні є типовими продуктами роботи газозварювальних постів, нагрівальних та термічних печей, дизельної техніки, а також вентиляційних систем ділянок, де використовуються газоподібні або рідкі палива.

Ангідрид сірчистий формується внаслідок роботи печей та теплогенераторів, що використовують паливо з домішками сірки, а також при різанні та зварюванні металів, які містять сірчані сполуки.

Ацетон, бутилацетат та бутиловий спирт є характерними компонентами фарбувальних камер, ділянок нанесення лакофарбових покриттів, сушильних камер та ліній знежирення з використанням органічних розчинників.

Водень хлористий та газоподібні фтористі сполуки утворюються переважно у гальванічному виробництві під час нанесення хромових, нікелевих або інших покриттів, а також при роботі кислотних та фторвмісних ванн травлення.

Хром і марганець та їх сполуки є типовими викидами точильних, шліфувальних і дробоструминних установок, де відбувається інтенсивне стирання металевих поверхонь з утворенням пилу та аерозолів важких металів.

Тверді частинки (пил) переважно утворюються на ділянках механічної обробки (шліфування, різання, полірування), у дробоструминних камерах, у

цехах підготовки та змішування формувальних матеріалів, а також у зоні транспортування сипучих матеріалів.

У сукупності такі речовини формують основний профіль забруднення повітря підприємства та визначають екологічні ризики, що потребують системного контролю, використання високоефективних фільтрувальних установок та вдосконалення технологічних процесів. На рисунку 2.4 зображено діаграму з показниками шкідливих викидів у 2024 році:

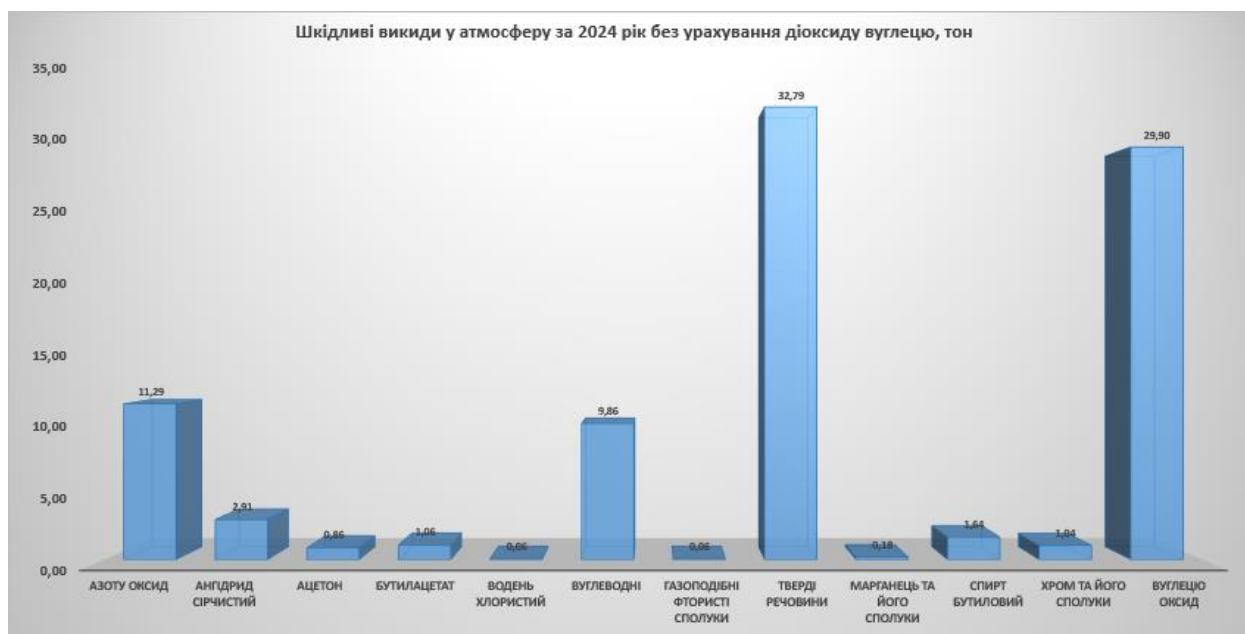


Рисунок 2.4 - Гістограма показників викидів у атмосферу за 2024 рік

Для наочності на діаграмі відсутнє відображення викиду діоксиду вуглецю, його значення становить 7053,26 тон, що відповідає 98% від всього обсягу.

2.3.5 Забруднення водних ресурсів

Аналіз складу стічних вод підприємства свідчить про наявність як мінеральних, так і органічних домішок, що надходять до водного середовища внаслідок функціонування різних технологічних процесів. Основними забруднювачами є завислі речовини, хлориди, сульфати, а також сполуки

азоту та фосфору, характерні для металообробних, гальванічних та допоміжних виробництв.

Біохімічне споживання кисню (БСК) характеризує наявність органічних речовин у стоках, що надходять із ділянок, де використовуються мастильно-охолоджувальні рідини, мийні розчини та залишки органічних матеріалів.

Нафтопродукти переважно походять від промивання деталей після обробки, роботи гартівних ванн, а також від забруднених поверхневих стоків з ремонтних і транспортних дільниць.

Завислі речовини формуються внаслідок шліфування, різання, полірування металів, очистки обладнання, а також під час надходження пилю та твердих частинок із виробничих приміщень.

Хлориди та сульфати є характерними для стічних вод гальванічних процесів, травлення, промивання після нанесення покриттів, а також для допоміжних хімічних операцій. Вони накопичуються у воді внаслідок використання солей хлору та сірки у технологічних ваннах.

Азот амонійний, нітрати та нітроти утворюються переважно при використанні мийних, знежирювальних та інгібуючих складів, що містять азотовмісні компоненти. Їх поява також можлива через домішки у стоках з санітарно-побутових приміщень.

Фосфати надходять до стічних вод після застосування мийних засобів, антикорозійних добавок та інгібіторів, що містять фосфорорганічні сполуки.

Загалом виявлений склад стоків вказує на змішаний характер забруднення, що походить як із технологічних процесів металообробки та гальваніки, так і з допоміжних виробництв. Це вимагає використання комплексної системи очищення вод, яка забезпечує осадження твердих частинок, вилучення нафтопродуктів, нейтралізацію хімічних домішок і зниження вмісту сполук азоту та фосфору. На рисунку 2.5 зображено кількісну оцінку забруднення водних ресурсів за видами хімічних речовин:

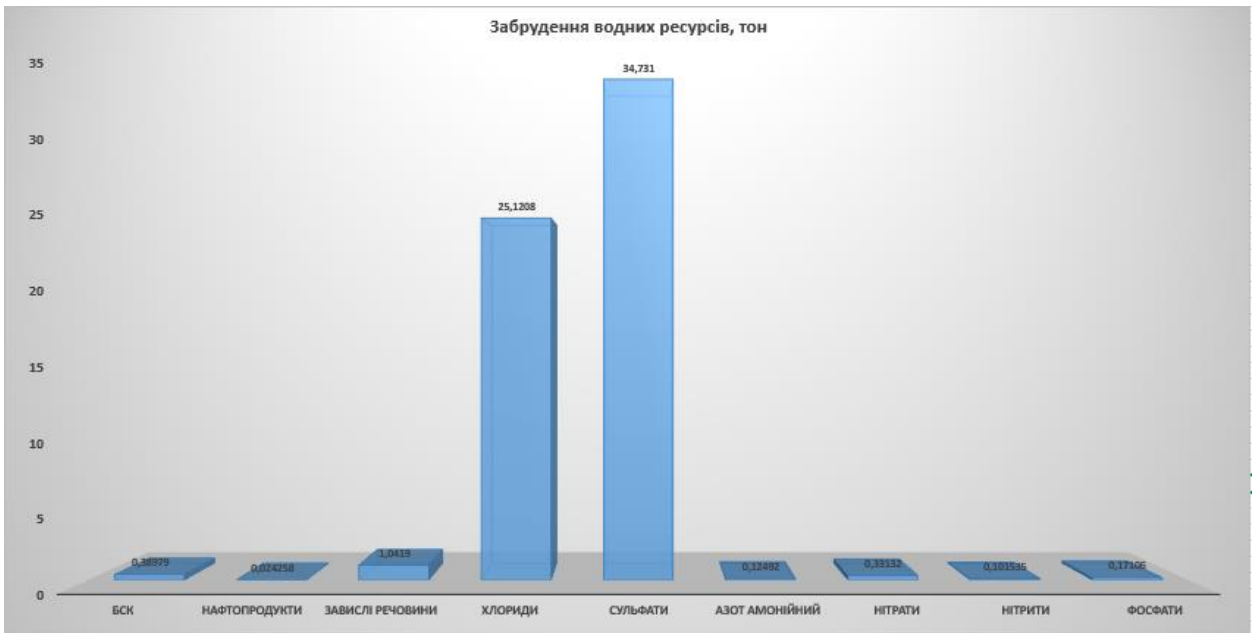


Рисунок 2.5 - Показники викидів у водні ресурси за 2024 рік

2.4 Діюча система збору, тимчасового зберігання та утилізації відходів

На підприємстві функціонує багатокомпонентна система поводження з відходами, яка охоплює процеси їх збору, сортування, тимчасового накопичення та подальшої передачі на утилізацію або знешкодження. Система організована відповідно до вимог природоохоронного законодавства України та внутрішніх регламентів підприємства.

Збір та первинне сортування відходів. Утворені відходи на виробничих дільницях збираються безпосередньо у місцях їх виникнення. Для цього використовуються марковані контейнери та спеціальні металеві бункери, призначені для окремих категорій відходів: металевої стружки, пилу, гальванічних шламів, відпрацьованих формувальних сумішей, мастильно-охолоджувальних матеріалів, абразивних залишків тощо. Працівники технологічних підрозділів здійснюють первинне розділення відходів з метою уникнення їх змішування та забезпечення можливості подальшої переробки.

Тимчасове зберігання та інфраструктура накопичення. На території підприємства облаштовані спеціалізовані майданчики тимчасового зберігання відходів, які мають тверде покриття, огороження та навіси для запобігання розповсюдженню забруднень. Особливе місце у системі тимчасового накопичення займає шламонакопичувач, призначений для зберігання гальванічних шламів після нейтралізації, осадів від очищення стічних вод та інших видів вологих техногенних залишків. Шламонакопичувач забезпечує безпечну ізоляцію таких відходів до моменту передачі їх на подальшу утилізацію.

Небезпечні відходи (I–III класу небезпеки) зберігаються окремо у герметичних контейнерах з обов’язковим веденням облікової документації та контролем терміну перебування на майданчику тимчасового накопичення.

Передача відходів спеціалізованим організаціям. Підприємство співпрацює з ліцензованими компаніями–виконавцями, які здійснюють транспортування, утилізацію або знешкодження відходів відповідно до їх виду та класу небезпеки. Зокрема, на аутсорсинг передаються:

- гальванічні шлами та інші хімічно забруднені осади;
- небезпечні мастильно-нафтопродуктові відходи;
- абразивні кола, бій вогнетривів, азбестові матеріали;
- активоване вугілля після використання в системах очищення;
- відходи гумових та полімерних матеріалів.

Передача підтверджується актами приймання-передачі та супроводжується електронним обліком згідно з вимогами державної системи контролю за поводженням з відходами.

Переробка та ресурсне використання. Частина відходів повертається у виробництво або передається на вторинну переробку. До таких належать:

- відходи чорних та кольорових металів (стружка, обрізки, лом);
- шлаки ливарного виробництва, що можуть використовуватися як технічний матеріал;
- відпрацьовані формувальні суміші після регенерації;

-дерев'яні піддони та тара, придатні до ремонту або повторної експлуатації.

Діюча система поводження з відходами забезпечує відносно безпечне поводження з більшістю виробничих потоків. Водночас на підприємстві існує потреба у модернізації шламонакопичувача, оптимізації схем збору небезпечних відходів та впровадженні сучасних технологій переробки та повторного використання матеріалів.

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ТОВ «КОРУМ ДРУЖКІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

3.1 Матеріали та методи дослідження

Дослідження виробничої діяльності підприємства та оцінка ризиків відходів підприємства ґрунтується на комплексі інформаційних матеріалів, що охоплюють як офіційні статистичні дані, так і науково-аналітичні джерела. У рамках даної роботи проаналізовано відходи ТОВ «Корум ДрМЗ», їх характерні властивості, джерела утворення, можливий вплив на довкілля та наявні заходи управління ними. Для отримання об'єктивних результатів дослідження використано поєднання статистичних, аналітичних та порівняльних методів, що дозволило забезпечити всебічний розгляд проблеми та формування науково обґрунтованих висновків.

1. Інформаційна база для аналізу

Інформаційною основою проведених досліджень є сукупність офіційних, нормативних та наукових джерел, що відображають об'єми, характеристики та способи поводження з відходами на підприємстві.

Основним джерелом даних стали звітні статистичні матеріали про викиди та відходи ТОВ «Корум ДрМЗ», надані підприємством у межах природоохоронної діяльності. Ці матеріали містять відомості щодо кількісного та якісного складу утворених відходів, обсягів їх передачі спеціалізованим організаціям, наявних шляхів утилізації та переробки, а також обсягів забруднюючих речовин, що надходять у повітря, ґрунт та водні

ресурси. Такі дані дозволяють сформуванати достовірну картину масштабів впливу підприємства на довкілля.

Другий блок інформації складають нормативно-правові документи, що регулюють природоохоронну діяльність виробничих підприємств в Україні. Серед них Закони України («Про охорону навколишнього природного середовища», «Про управління відходами», «Про охорону атмосферного повітря»), постанови Кабінету Міністрів України, накази Міндовкілля, методичні рекомендації щодо інвентаризації відходів та оформлення екологічної звітності. Використання цих документів дозволяє оцінити відповідність природоохоронних заходів підприємства чинному законодавству та нормативам.

Додатковими матеріалами стали наукові монографії, статті та аналітичні публікації, що стосуються тематики оцінки впливу виробничих відходів на довкілля, сучасних технологій очищення та утилізації, методів мінімізації техногенного навантаження. Також використано актуальні джерела з мережі Інтернет: офіційні ресурси державних установ, довідкові матеріали, статистичні бази даних та результати екологічних досліджень. Сукупність використаних джерел забезпечила комплексність, об'єктивність та різноплановість отриманих результатів.

2. Методи дослідження

Під час проведення аналізу застосовано комплекс методів, спрямованих на всебічне вивчення утворення, властивостей та впливу відходів підприємства на компоненти навколишнього середовища.

Перш за все використано аналітичний метод, який передбачає опрацювання звітних статистичних даних підприємства, їх систематизацію, узагальнення та співставлення з нормами чинного законодавства. На його основі визначається відповідність екологічних показників підприємства нормативним вимогам, а також можливі відхилення та ризики.

Для якісної характеристики відходів та забруднюючих речовин застосовано метод екологічного оцінювання, що включає визначення

потенційних наслідків потрапляння відходів у повітряне середовище, ґрунти та поверхневі води. Цей метод дозволяє встановити можливий рівень токсичності речовин, їх міграційну здатність, схильність до накопичення, а також вплив на живі організми.

Важливим інструментом став порівняльний метод, використаний для зіставлення фактичних даних підприємства з типовими показниками аналогічних виробництв, а також з результатами наукових досліджень [22]. Це дозволило оцінити, наскільки екологічний стан підприємства відповідає середнім галузевим тенденціям.

Також застосовано системний підхід, що дає змогу розглядати утворення та управління відходами як взаємопов'язані елементи єдиної виробничо-екологічної системи. Він дозволяє визначити точки найбільшого ризику, характерні джерела забруднення, ефективність існуючої системи збору та утилізації, а також потенціал для вдосконалення екологічних процесів.

У сукупності застосовані методи забезпечили комплексний та об'єктивний розгляд екологічних ризиків підприємства, дозволили сформулювати науково обґрунтовані висновки та рекомендації щодо зменшення негативного впливу виробничих процесів на довкілля.

3.2 Оцінка екологічних ризиків відходів підприємства

Оцінка екологічних ризиків покликана визначити ступінь впливу утворюваних на підприємстві відходів на компоненти довкілля та виявити пріоритетні напрями для заходів з мінімізації шкоди. У цьому підрозділі здійснено якісно-кількісний огляд потенційних ризиків для атмосферного повітря, ґрунтів і ґрунтових вод та поверхневих вод з урахуванням

фактичних звітних даних ТОВ «Корум ДрМЗ» про викиди і скиди, а також класифікації і фізико-хімічних властивостей основних забруднювачів.

Вплив відходів на атмосферне повітря

Аналіз даних про викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря ТОВ «Корум ДрМЗ» свідчить, що підприємство формує комплексний техногенний вплив, характерний для машинобудівних виробництв. Отримані кількісні показники дозволяють оцінити як інтенсивність викидів, так і потенційні екологічні ризики для довкілля та здоров'я населення.

Переважна частина масових викидів припадає на діоксид вуглецю (понад 7 тис. т/рік), що пов'язано з роботою енергетичного та нагрівального обладнання, а також споживанням електроенергії та палива. Хоча CO_2 не належить до токсичних речовин місцевої дії, його концентрація визначає загальний внесок підприємства у формування парникового ефекту та регіонального вуглецевого навантаження.

Суттєвий вплив формують оксид вуглецю (29,90 т/рік) та оксиди азоту (11,29 т/рік), що є типовими продуктами неповного згоряння газу, мазуту та інших палив. Оксид вуглецю здатний утворювати стійкі домішки у приземному шарі атмосфери, знижуючи вміст кисню та негативно впливаючи на якість повітря у зоні розсіювання. Оксиди азоту беруть участь у фотохімічних реакціях, спричиняючи утворення приземного озону, кислотних опадів та погіршення легеневої функції у людей.

Помітним є також викид твердих частинок (32,79 т/рік), основним джерелом яких виступають дробеструминні установки, шліфувальні та різальні верстати. Пил металевого походження здатний довго утримуватися в атмосфері, сприяти утворенню смогу, а також накопичуватися на ґрунтах і рослинності, що у підсумку збільшує вторинне розпилення частинок при вітровому підйомі.

Викиди летких органічних сполук - ацетону (0,86 т/рік), бутилацетату (1,06 т/рік) та бутилового спирту (1,64 т/рік) - утворюються переважно у зварювальних, фарбувальних та ремонтних дільницях. Ці речовини

характеризуються високою леткістю, беруть участь у фотохімічному утворенні приземного озону та можуть формувати локальне хімічне навантаження у межах санітарно-захисної зони підприємства.

Серед токсичних домішок наявні сполуки хрому (1,04 т/рік) та марганцю (0,18 т/рік), що потрапляють у повітря при роботі гальванічних ванн, сушильних агрегатів та металургійних ділянок. Обидва елементи здатні проявляти канцерогенну та мутагенну активність, а також акумулюватися у легеневих тканинах, що робить їх потенційно небезпечними навіть у малих концентраціях.

Окрему групу формують газоподібні фтористі сполуки (0,06 т/рік) та хлористий водень (0,06 т/рік), що можуть утворюватися під час хімічної обробки металів. Ці речовини характеризуються високою корозійною активністю, здатністю утворювати кислотні аерозолі та впливати на кислотно-лужний баланс атмосферних опадів.

Вуглеводні (9,86 т/рік) надходять у повітря при роботі обладнання з використанням мастил та палив. Вони впливають на формування специфічного запахового фону, сприяють утворенню смогу та можуть накопичуватися у межах приземного шару повітря в умовах штилю.

Узагальнений аналіз свідчить, що найбільш екологічно значущими є викиди твердих частинок, оксиду вуглецю, оксидів азоту, летких органічних сполук та важких металів. Їхня наявність визначає потенційні ризики як для якості повітря, так і для прилеглих територій, на які можуть переноситися пилові та газові домішки. Хоча рівні викидів відповідають характерним параметрам для машинобудівних підприємств, комплекс їхньої дії потребує постійного моніторингу та впровадження додаткових технологічних рішень щодо очищення та зменшення утворення забруднюючих речовин.

Вплив на ґрунт та ґрунтові води

В процесі виробничої діяльності утворюється значна кількість шламів та осадів, що є продуктом хімічної обробки промивних та технологічних стоків. Основними технологічними процесами, які формують ці відходи, є:

осадження хрому під час очищення промивних стоків, осадження нікелю із нейтралізацією стоків, мідне покриття з коагуляцією та осадженням домішок, обробка лужних стоків із осадженням солей, утворення осадів заліза та важких металів, а також реагентне очищення промивних вод і концентрація твердих залишків після очищення.

Згідно зі статистичними даними підприємства, сумарний обсяг утворення гальванічних шламів за 2024 рік становить понад 3368 тонн. Ці шлами та осади містять різні сполуки важких металів (хром, нікель, мідь, залізо), що належать до потенційно небезпечних речовин. Потрапляючи у ґрунт або підземні води, вони здатні накопичуватися, змінювати хімічний склад ґрунту, підвищувати його токсичність і впливати на якість водних ресурсів. Особливо це стосується зон з неадекватним контролем зберігання або аварійних витоків зі шламонакопичувачів.

Екологічний ризик шламів визначається їх хімічним складом та кількістю. Найбільший обсяг утворюється під час осадження хрому та нікелю, що підкреслює необхідність ретельного контролю за їх зберіганням та утилізацією. Для мінімізації впливу на довкілля застосовуються наступні заходи: використання герметичних шламонакопичувачів; регулярний контроль складу та вологості осадів; передача частини відходів ліцензованим організаціям для безпечного знешкодження або перероблення; запровадження внутрішніх процедур контролю за розливами та випадковим попаданням шламів у ґрунт.

Таким чином, оцінка екологічних ризиків підтверджує необхідність впровадження комплексної системи поводження з шламами та осадами, що поєднує технічні, організаційні та контролюючі заходи для захисту ґрунтів і підземних вод.

Вплив на поверхневі води

Поверхневі води на території промислових підприємств піддаються впливу різноманітних відходів, які утворюються у процесі виробничої діяльності. На Дружківському машинобудівному заводі «Корум ДрМЗ»

частина шламів та стоків потрапляє до системи водовідведення, а згодом може впливати на річки та водойми в навколишньому середовищі. Основними забруднювачами є органічні та неорганічні сполуки, які здатні змінювати якість водних ресурсів і створювати екологічні ризики

До основних негативних наслідків потрапляння БСК, нафтопродуктів, завислих речовин, хлоридів, сульфатів, амонійного азоту, нітратів, нітритів та фосфатів у водойми відносяться:

- підвищення мутності води та накопичення завислих частинок, що погіршує проникність світла і знижує фотосинтез водних рослин;

- зміни хімічного складу води, що може впливати на гідробіонтів та біологічні процеси;

- накопичення азоту і фосфору, що сприяє евтрофікації водойм та розвитку водоростей;

- забруднення органічними сполуками і нафтопродуктами, які створюють токсичне середовище для водної флори та фауни;

- підвищення концентрації хлоридів і сульфатів, що може змінювати кислотність та солоність води.

Виходячи з отриманих даних, ключовим напрямком мінімізації впливу на поверхневі води є контроль складу та обсягу стоків, застосування систем очищення та нейтралізації забруднювачів перед скиданням у водні об'єкти, а також регулярний моніторинг якості води у місцях впливу підприємства. Особлива увага приділяється речовинам, що містять азот та фосфор, а також нафтопродуктам, оскільки вони становлять найбільшу загрозу для стану екосистеми річок і водойм.

Таким чином, оцінка впливу відходів на поверхневі води підтверджує необхідність системного підходу до очищення стоків та запобігання прямому потраплянню забруднювачів у природні водні об'єкти.

3.3 Порівняльний аналіз системи управління відходами підприємства з міжнародними практиками

У міжнародній практиці система управління відходами базується на принципах сталого розвитку та циркулярної економіки. Ключові стандарти регулюються такими документами й системами, як:

Директива ЄС 2008/98/ЄС «Про відходи», що визначає ієрархію поводження з відходами, де на перше місце ставиться їх запобігання, далі – повторне використання, переробка, відновлення та лише в крайньому випадку - видалення.

ISO 14001:2015, який регламентує системи екологічного менеджменту і передбачає постійне вдосконалення підходів поводження з відходами.

Базельська конвенція, що визначає правила поводження з небезпечними відходами та транскордонне переміщення таких матеріалів.

Підходи країн ЄС та Північної Європи, що передбачають обов'язкову інвентаризацію відходів, їх чітку класифікацію, автоматизацію обліку та ведення електронних реєстрів.

У провідних країнах, таких як Німеччина, Швеція, Фінляндія, відходи розглядаються як ресурс. Значна частка утворених промислових відходів повертається у виробничі цикли. Розвинені технології переробки дозволяють зменшити обсяги захоронення до мінімальних значень - менше 1-5 %.

Також характерними рисами є:

- повна простежуваність відходів;
- роздільне збирання та обов'язкове сортування;
- жорсткі норми щодо небезпечних відходів та контроль за місцями їх тимчасового зберігання;

- застосування найкращих доступних технологій, що мінімізують токсичність шламів, газових викидів і стічних вод.

Система управління відходами на підприємстві загалом відповідає національним вимогам України - наявні паспорти відходів, ведеться облік

утворення, частина відходів передається ліцензованим утилізаторам, діє шламонакопичувач. Проте при порівнянні з європейською моделлю спостерігається низка відмінностей.

Переваги системи:

- наявність організованого місця тимчасового зберігання - шламонакопичувача;
- сортування відходів за видами (металеві, промаслені, будівельні, гальванічні, небезпечні);
- співпраця з підприємствами-збирачами небезпечних відходів (олії, промаслена ганчір'я, шлами);
- регулярна звітність відповідно до вимог державних інституцій.

Основні відмінності від європейського підходу:

Рівень переробки та повторного використання. У ЄС до 70–90 % промислових відходів повертається у виробництво, тоді як на підприємстві переважна частина гальванічних та будівельних шламів потрапляє на тривале зберігання у шламонакопичувач.

Автоматизація обліку та цифровізація системи. У ЄС використовується електронний аудит шляхів руху відходів, електронні маніфести, що дають змогу контролювати кожен кілограм відходів. На підприємстві відсутня автоматизована система руху відходів.

Використання ВАТ-технологій. У країнах Європи розповсюджені системи: мембранного очищення; регенерації кислот і лужних розчинів; рекуперації металів із гальванічних шламів.

На підприємстві ж відходи після нейтралізації у більшості випадків не повертаються у виробництво, а накопичуються.

Організація місць тимчасового зберігання. Європейські вимоги передбачають: герметичність покриттів, наявність лотків для збору фільтратів, подвійне дно, моніторинг ґрунтових вод. В Україні місця зберігання менш технологічні та можуть створювати ризики для ґрунтів.

Gap-аналіз. Gap-аналіз дозволяє визначити, які елементи системи управління відходами підприємства не відповідають міжнародним підходам та потребують покращення. В таблиці 3.1 наведено основні прогалини (gap-и) у системі управління відходами підприємства порівняно з сучасними європейськими та міжнародними практиками, що дозволяє виявити ключові напрями, які потребують удосконалення для підвищення екологічної ефективності.

Таблиця 3.1 - Основні прогалини системи управління відходами підприємства

<i>Напря́м</i>	<i>Міжнародна практика (ЄС)</i>	<i>Стан на підприємстві</i>	<i>Прогалина</i>
Переробка та повторне використання	70–90 % відходів повертається у виробництво	Більшість шламів та будівельних відходів накопичуються	Низький рівень рециклінгу
Облік та простежуваність	Повна цифровізація, електронні маніфести	Переважно паперовий облік	Недостатня цифровізація
Технології очищення	Використання ВАТ: мембрани, рекуперація металів	Переважно хімічна нейтралізація	Обмежене впровадження сучасних технологій
Умови тимчасового зберігання	Герметичні майданчики, контроль фільтратів	Зберігання у шламонакопичувачі	Ризики потрапляння забруднень у ґрунтові води
Утилізація небезпечних відходів	Чіткі ланцюги передачі, сертифіковані утилізатори	Частково передаються спеціалізованим підприємствам	Відсутність системи повного відстеження
Моніторинг довкілля	Регулярний моніторинг ґрунтів, вод, повітря	Нерегулярні вимірювання	Недостатня система екологічного моніторингу

Спираючись на порівняльний аналіз, виявлено пріоритетні напрями вдосконалення поточної системи управління відходами:

1. Впровадження технологій повернення металів з гальванічних шламів;
2. Цифровізація обліку відходів та впровадження електронної системи контролю;
3. Модернізація місць зберігання з використанням європейських стандартів;
4. Перехід від акценту на накопичення до переробки, відновлення та мінімізації відходів;
5. Розробка внутрішньої програми екологічного моніторингу.

Порівняльний аналіз показав, що система управління відходами на підприємстві загалом відповідає базовим вимогам національного екологічного законодавства, однак суттєво поступається європейським моделям за рівнем інтегрованості, прозорості та ефективності операцій поводження з відходами. Основні прогалини стосуються відсутності розширеної системи моніторингу, недостатнього рівня цифровізації процесів, обмеженої утилізації та повторного використання матеріалів, а також слабкої інтеграції принципів циркулярної економіки в виробничу діяльність.

Водночас аналіз показує, що підприємство має значний потенціал для модернізації системи управління відходами шляхом впровадження європейських практик, таких як автоматизоване відстеження потоків відходів, розширення переробки цінних компонентів, оптимізація шламонакопичення та активніше залучення ліцензованих переробних компаній. Реалізація цих кроків дозволить не лише зменшити екологічне навантаження, а й підвищити ресурсну ефективність виробництва.

3.4 Заходи з удосконалення системи управління відходами

3.4.1. Встановлення фільтрувальних систем для зменшення пилових та газових викидів

Одним із ключових напрямів підвищення екологічної безпеки підприємства є впровадження сучасних фільтраційних технологій, здатних суттєво зменшити обсяг пилових і газових викидів у повітря робочої зони та навколишнього середовища. Пропонуються такі заходи:

- Встановлення багатоступеневих фільтрів (циклон + рукавний фільтр або електрофільтр) на ділянках із підвищеним виділенням пилу. Це дозволяє знизити концентрацію твердих частинок на до 98–99%.

- Монтаж газоочисних установок із нейтралізацією хімічних викидів, якщо виробництво супроводжується утворенням летких органічних сполук.

- Автоматизація контролю викидів, включаючи датчики концентрації пилу та газів, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення від нормативів.

- Регулярне технічне обслуговування фільтрувальних установок для недопущення перевищення ГДК на робочих місцях.

Упровадження нових фільтрів не лише підвищує екологічну безпеку, а й зменшує витрати на ліквідацію наслідків забруднень та покращує умови праці.

3.4.2. Створення сучасного майданчика тимчасового зберігання відходів

Організація правильного майданчика тимчасового зберігання - ключовий елемент відповідальної системи управління відходами. Належно обладнаний майданчик дозволяє мінімізувати ризики вторинного

забруднення, а також забезпечити відповідність вимогам природоохоронного законодавства.

Основні елементи, які повинні бути реалізовані:

- Тверде бетоноване покриття, стійке до олів, кислот і лугів, з ухилом та системою збору стоків.
- Накриття або закриті контейнери, що захищають від опадів і не допускають потрапляння забруднювачів у ґрунт.
- Секторизація майданчика - окремі зони для небезпечних, малонебезпечних і неорганічних відходів.
- Зручна логістика: під'їзні шляхи для спецтехніки, системи навантаження/розвантаження, маркування зон.
- Система відеоспостереження та журнал обліку відходів, що забезпечує контроль за переміщенням та запобігає несанкціонованому доступу.

Такий майданчик дозволяє дотримуватися вимог екологічної безпеки та забезпечує впорядкованість у поводженні з відходами.

3.4.3 Упровадження пункту внутрішнього сортування

Для зменшення обсягів відходів, що передаються на захоронення, доцільно створити пункт внутрішнього сортування, розміщений безпосередньо в межах підприємства. Такий підхід дає змогу:

- виділяти вторинні ресурси (метал, картон, пластик, деревину), що можуть бути реалізовані або передані на переробку;
- скоротити витрати на утилізацію, адже змішаний відхід 4 класу коштує у 2–5 разів дорожче в обробці, ніж відсортовані фракції;
- зменшити навантаження на майданчик тимчасового зберігання, оскільки частина матеріалів буде одразу вивозитися переробникам;
- оптимізувати екологічний слід підприємства, знижуючи загальні обсяги утворених відходів.

Пункт сортування може включати:

- конвеєрну лінію або ручні столи сортування;
- прес-компактор для ущільнення картону й пластику;
- окремі контейнери для різних видів відходів;
- ваговий контроль;
- систему електронного обліку відходів.

Упровадження внутрішнього сортування дозволяє підприємству перейти від моделі «захоронити все» до моделі «мінімізувати, розділяти і переробляти», що відповідає європейським практикам.

3.4.4 Модернізація обладнання для зменшення утворення відходів

Один із найефективніших способів мінімізації відходів - зменшити їх утворення на стадії технологічного процесу. Це досягається шляхом модернізації застарілого обладнання та впровадження більш ресурсоефективних технологій.

Основні напрями модернізації:

- Заміна технологічних вузлів на сучасні енергоощадні аналоги, що мають нижчий рівень зношування матеріалів та створюють менше відходів (стружки, шламу, пилу).

- Впровадження замкнених або частково замкнених циклів - наприклад, повторне використання охолоджувальних рідин, мастил та очищеної води замість постійного зливу забруднених відходів.

- Використання автоматизованих систем подавання сировини, які зменшують пересипання, просипання та перевитрати.

- Заміна старих систем подрібнення або різання на обладнання з точним налаштуванням, що зменшує надлишкові залишки.

- Встановлення систем контролю зносу обладнання, що дозволяє уникати аварійних ситуацій, унаслідок яких утворюються великі обсяги відходів.

Оновлення обладнання не лише зменшує кількість відходів, а й підвищує продуктивність, знижує витрати на ремонт та покращує конкурентоспроможність підприємства.

3.4.5 Запровадження роздільного збирання відходів у цехах

Роздільне збирання відходів безпосередньо на робочих місцях - базовий інструмент успішної системи поводження з відходами. Якщо сортування починається вже на етапі їх утворення, підвищується якість вторинних ресурсів і зменшуються витрати на подальшу переробку.

Основні елементи цього напрямку:

- Встановлення кольорово-маркованих контейнерів у кожному цеху (наприклад: метал - синій, пластик - жовтий, небезпечні відходи - червоний, змішані - чорний).

- Підготовка інструкцій та схем сортування, розміщених безпосередньо біля контейнерів.

- Чітке розмежування потоків відходів: небезпечні відходи (мастила, фільтри, забруднені матеріали) збираються окремо від інертних і вторинних ресурсів.

- Регулярний вивіз відходів працівниками служби логістики або екологічної служби для запобігання змішуванню.

- Внутрішній контроль через вибіркові перевірки контейнерів та аналіз правильності сортування.

Таким чином, підприємство переходить від хаотичного накопичення до чіткої системи управління потоками відходів, що відповідає принципам «Zero Waste» та європейським вимогам.

3.4.6. Оптимізація логістики відходів

Оптимальна логістика дозволяє зменшити витрати, прискорити процеси та мінімізувати ризики порушень екологічних норм. Неєфективна логістика часто призводить до надмірного пересування відходів територією підприємства, їх хаотичного складування та збільшення витрат на транспортування.

Пропонуються такі заходи:

- Розробка маршрутів переміщення відходів у межах підприємства з урахуванням зони утворення, пунктів сортування та майданчика тимчасового зберігання.

- Використання спеціалізованих засобів транспортування (закриті візки, контейнери на колесах), що запобігають розсипанню або розливу відходів.

- Оптимізація графіка вивезення - регулярний, а не авральний вивіз зменшує ризики переповнення контейнерів і порушення екологічних вимог.

- Єдина електронна система обліку логістичних операцій, у якій фіксуються обсяги відходів, маршрути, відповідальні особи та час транспортування.

- Мінімізація перехресних потоків, щоб уникати небезпечних ситуацій (наприклад, перетин маршруту з небезпечними відходами і маршруту з сировиною).

Завдяки такій оптимізації підприємство отримує контрольовану, економічно вигідну та безпечну систему логістики відходів.

3.4.7 Підвищення кваліфікації персоналу

Ефективність системи управління відходами значною мірою залежить від рівня підготовки співробітників, які безпосередньо здійснюють технологічні операції, сортування, транспортування та ведення обліку

відходів. Навіть найсучасніше обладнання чи фільтрувальні системи не будуть працювати належним чином, якщо персонал не розумітиме екологічних ризиків, принципів поводження з небезпечними відходами та вимог чинного законодавства.

Для підприємства важливо запровадити систематичне навчання з акцентом на практичні кейси, що демонструють наслідки неправильного поводження з відходами. Особливу увагу слід приділяти питанням запобігання змішуванню несумісних потоків відходів, правилам роботи з небезпечними речовинами, вимогам до їх маркування та особливостям внутрішньої логістики. Не менш важливо навчити працівників користуватися засобами індивідуального захисту й оперативно реагувати на нештатні ситуації, зокрема на розливи, пошкодження тари або виявлення невідповідностей у зібраних відходах.

Формування культури екологічної відповідальності сприяє мінімізації ризиків, зменшує ймовірність випадкових забруднень і підвищує загальну ефективність системи управління відходами. Важливо, щоб навчання було регулярним, а не разовим, та включало як нових працівників, так і досвідчених фахівців, які потребують оновлення знань відповідно до змін нормативної бази та внутрішніх процедур.

3.4.8 Покращення взаємодії з підрядними організаціями

Значна частина процесів, пов'язаних зі збиранням, транспортуванням і утилізацією відходів, виконується підрядними компаніями, тому рівень їхньої компетентності та відповідальності безпосередньо впливає на екологічні показники підприємства. Недостатньо лише укласти договір - необхідно забезпечити постійний контроль якості наданих послуг, відстежувати виконання екологічних норм та вимог до транспортування і кінцевої утилізації.

Підприємству варто впровадити практику регулярної перевірки діяльності підрядників, включно з аналізом їхньої технічної спроможності, наявності ліцензій та дотриманням технологічних умов. Ефективним підходом є створення механізму зворотного зв'язку між екологічною службою підприємства та відповідальними особами підрядника, що дозволяє оперативно реагувати на порушення, уточнювати маршрути вивезення та узгоджувати зміни у графіках.

Підвищити якість взаємодії допоможе також впровадження єдиної системи обліку та документування руху відходів, у якій підрядники мають надавати повну інформацію про виконані операції. Такий підхід зменшує ймовірність помилок, забезпечує прозорість усіх процесів і гарантує, що утворені відходи буде передано на утилізацію в належних умовах.

Запропоновані заходи з удосконалення системи управління відходами підприємства демонструють комплексний підхід до мінімізації екологічних ризиків та оптимізації внутрішніх процесів. Їх реалізація дозволить не лише зменшити обсяги утворення відходів та викидів, а й забезпечити більш безпечні та контрольовані умови їх зберігання і транспортування. Застосування сучасних фільтрувальних систем, створення організованої інфраструктури для тимчасового зберігання та внутрішнього сортування, модернізація обладнання й оптимізація логістики сприятимуть підвищенню технологічної ефективності та відповідності найкращим європейським практикам.

Особливу роль відіграє розвиток персоналу та налагодження якісної взаємодії з підрядними організаціями, адже саме людський фактор та ефективність зовнішніх партнерів значною мірою визначають результативність усієї системи поводження з відходами. Комплексне впровадження запропонованих заходів дозволить підприємству зміцнити екологічну безпеку виробництва, підвищити рівень відповідності нормативним вимогам та наблизитися до стандартів сталого управління ресурсами.

3.5 Удосконалення системи екологічного менеджменту

Підвищення ефективності природоохоронної діяльності підприємства неможливе без формування комплексної системи екологічного менеджменту, яка поєднує нормативні вимоги, внутрішній контроль, стратегічне планування та постійне вдосконалення процесів. Сучасні підходи, прийняті в європейській практиці, базуються на принципах циклічності та доказовості, що дозволяє підприємствам системно знижувати вплив на довкілля та покращувати прозорість управлінських рішень. Для ТОВ «Корум ДрМЗ» важливо не лише підтримувати чинні екологічні процедури, але й інтегрувати нові інструменти управління, що забезпечать довгострокову стабільність і відповідність міжнародним стандартам.

Впровадження елементів ISO 14001

Впровадження елементів стандарту ISO 14001 є ключовим кроком до модернізації екологічного менеджменту підприємства. Цей стандарт базується на концепції «плануй–виконуй–перевіряй–удосконалюй», що забезпечує структуроване управління екологічними аспектами виробництва. Для підприємства це означає необхідність чіткої ідентифікації всіх джерел утворення відходів і викидів, визначення значимих екологічних аспектів, а також створення процедур реагування на потенційні ризики.

До важливих елементів ISO 14001 можна віднести формування екологічної політики, створення реєстру аспектів, встановлення критеріїв їх оцінки та документування всіх операцій, пов'язаних із природоохоронною діяльністю. Запровадження таких підходів забезпечить системність, полегшить контроль над відходами та сприятиме гармонізації з європейськими вимогами.

Встановлення екологічних індикаторів

Для підвищення керованості екологічних процесів необхідно визначити вимірювані індикатори (КРІ), які дозволять в режимі реального часу

оцінювати стан природоохоронної діяльності. До таких індикаторів можуть входити:

- обсяг утворення відходів за видами;
- кількість відходів, що направлені на повторне використання або утилізацію;
- рівень викидів забруднювальних речовин в атмосферу;
- частка відходів, що тимчасово зберігаються з порушенням регламенту;
- показники ефективності очисних систем.

Запровадження КРІ дозволить підприємству контролювати не лише фактичний обсяг впливу на довкілля, але й динаміку змін. Внутрішня аналітика за цими показниками стане основою для управлінських рішень, спрямованих на модернізацію обладнання, оптимізацію процесів та зниження ризиків.

Проведення внутрішнього екологічного аудиту

Внутрішній екологічний аудит є одним із найефективніших механізмів перевірки дотримання вимог екологічної безпеки. Його проведення дозволяє не лише виявити слабкі місця у функціонуванні системи управління відходами, але й оцінити відповідність фактичної діяльності підприємства вимогам законодавства та міжнародних стандартів.

Аудити можуть включати аналіз документації, огляди виробничих дільниць, перевірку умов тимчасового зберігання відходів, оцінку ефективності фільтраційних та очисних систем. Важливо, щоб аудит проводився регулярно й охоплював весь цикл поводження з відходами - від утворення до передачі на утилізацію або захоронення. Результати аудиту повинні оформлюватися у вигляді рекомендацій із чітко визначеними коригувальними заходами та термінами їх реалізації.

3.6 Очікуваний екологічний ефект від впровадження удосконалень

Реалізація комплексу заходів, запропонованих у попередньому розділі, здатна суттєво посилити екологічну стійкість підприємства, оптимізувати управління матеріальними потоками та сформувати якісно новий рівень природоохоронної діяльності. Передбачені удосконалень спрямовані не лише на зменшення впливу на довкілля, але й на підвищення операційної ефективності підприємства, зміцнення його репутації та відповідності міжнародним вимогам. Очікувані ефекти охоплюють як технічні, так і економічні та соціальні аспекти.

Зменшення обсягів утворення відходів.

Після модернізації технологічного обладнання, налагодження фільтраційних систем та оптимізації виробничих процесів очікується помітне зниження утворення як газоподібних, так і рідких та твердих відходів. Зменшення емісій пилу, летких органічних сполук, оксидів азоту та твердих залишків від хімічних процесів стане прямим наслідком технологічних оновлень. Також внутрішнє сортування забезпечить більш чітке розділення фракцій та можливість направляти частину відходів на повторне використання чи вторинну переробку. У виробничих цехах це призведе до скорочення кількості змішаних відходів та зменшення навантаження на шламонакопичувач.

Оптимізація витрат на їх зберігання та утилізацію.

Після впровадження сучасного майданчика тимчасового зберігання відходів та оптимізації логістики їх переміщення очікується відчутне зменшення витрат підприємства на зберігання, транспортування та передачу відходів стороннім організаціям. Чітка організація потоків відходів усередині підприємства зменшить потребу у повторному сортуванні та мінімізує утворення неякісно зібраних фракцій, які потребують додаткової обробки. Оновлені фільтраційні системи та ефективніша робота очисних споруд

знижать навантаження на реагенти та скоротять витрати, пов'язані з очищенням стічних вод. У результаті підприємство зменшить свій фінансовий тягар, пов'язаний з природоохоронною діяльністю, без втрати якості та відповідності нормативам.

Підвищення рівня екологічної безпеки.

Комплекс запропонованих заходів прямо спрямований на мінімізацію шкідливого впливу на довкілля та покращення умов екологічної безпеки на підприємстві. Запровадження ISO 14001, внутрішніх аудитів та системи екологічних КРІ створить більш контрольоване середовище та дозволить своєчасно реагувати на відхилення від нормативних вимог. Покращення умов тимчасового зберігання запобігатиме потраплянню небезпечних компонентів до ґрунту, підземних і поверхневих вод. Зменшення шкідливих атмосферних викидів сприятиме покращенню якості повітря у санітарно-захисній зоні підприємства.

Зниження ризиків екологічних інцидентів.

Систематичний контроль над відходами, модернізована інфраструктура, покращені умови зберігання та зменшення обсягів небезпечних компонентів у виробничому циклі скоротять імовірність аварійних ситуацій, проливів, витоків та неконтрольованих викидів. Завдяки підготовці персоналу та чітким регламентам поводження з відходами може зменшитися вплив людського фактору, що часто є причиною екологічних інцидентів. Раціональна логістика відходів зменшить навантаження на транспортні операції, а модернізоване обладнання - на технологічні процеси. У сукупності це дозволяє очікувати суттєве зниження ризиків як для довкілля, так і для виробничих систем.

Зростання конкурентоспроможності підприємства та відповідності міжнародним вимогам

Ефективна екологічна політика є важливим фактором конкурентоспроможності підприємства на сучасному ринку. Після впровадження елементів ISO 14001, удосконалення системи управління

відходами та підвищення прозорості процесів підприємство демонструватиме більш високий рівень відповідальності та відповідності європейським тенденціям. Це розширює можливості участі у міжнародних проєктах, полегшує вихід на нові ринки та покращує позиції у співпраці з іноземними партнерами. Крім того, підприємство отримує репутаційну перевагу як сучасний виробник, що працює за принципами сталого розвитку.

Запропоновані удосконалення системи екологічного менеджменту формують комплексний позитивний ефект як для підприємства, так і для навколишнього середовища. Зменшення обсягів утворення відходів сприяє раціональнішому використанню ресурсів та знижує навантаження на природні компоненти. Оптимізація витрат на зберігання й утилізацію забезпечує економічну вигоду та дозволяє ефективніше планувати виробничі процеси.

Підвищення рівня екологічної безпеки зменшує ризики виникнення надзвичайних ситуацій, що зміцнює репутацію підприємства як надійного та відповідального суб'єкта господарювання. Водночас зниження імовірності екологічних інцидентів покращує взаємодію з контролюючими органами та мінімізує ймовірність штрафних санкцій.

У результаті впроваджені заходи можуть не лише зменшити вплив діяльності підприємства на довкілля, а й підсилити конкурентоспроможність підприємства, сприяючи його відповідності міжнародним екологічним стандартам та сучасним вимогам сталого розвитку.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

4.1 Аналіз сучасних витрат підприємства на поводження з відходами

Сучасна система поводження з відходами на ТОВ «Корум ДрМЗ» потребує значних фінансових витрат, пов'язаних як із забезпеченням технологічного очищення виробничих стоків і газових викидів, так і з передаванням відходів стороннім підрядним організаціям, утриманням шламонакопичувача, закупівлею реагентів та забезпеченням безпечної інфраструктури поводження з небезпечними компонентами. У цьому підрозділі проведено комплексний аналіз витрат підприємства, сформований на основі типової собівартості послуг з утилізації та очищення виробничих відходів в Україні, потужностей підприємства та характеру технологічних процесів.

Витрати на передавання відходів спеціалізованим організаціям. Підприємство щорічно утворює кілька видів відходів, що потребують передачі ліцензованим організаціям для подальшої утилізації або знешкодження. Вартість послуг формується за тоннажними тарифами, які на ринку коливаються від 2 000 до 10 000 грн/т залежно від класу небезпеки та виду відходу. Середні ринкові показники:

- шлами важких металів (Cr, Ni, Cu) - 2970 т/рік (сума усіх шламів) × 4 800 грн/т ≈ 14,26 млн грн/рік.

- промаслене дрантя, опилки, змішані нафтопродуктові відходи - 705 т/рік × 6 500 грн/т ≈ 4,58 млн грн/рік.

- флюсова кірка, абразивні кола, бій вогнетривів - $4020 \text{ т/рік} \times 1\,800 \text{ грн/т} \approx 7,24 \text{ млн грн/рік}$.

- будівельні відходи та інші інертні матеріали - $10070 \text{ т/рік} \times 550 \text{ грн/т} \approx 5,53 \text{ млн грн/рік}$.

- загальна річна сума витрат на утилізацію становить $\approx 31,6 \text{ млн грн/рік}$

Це один із найвагоміших блоків витрат підприємства, оскільки шлами важких металів і промаслені відходи належать до I–II класів небезпеки та потребують складних методів знешкодження.

Витрати на реагенти для очищення стічних вод. Для процесів осадження хрому, нікелю, коагуляції, нейтралізації лужних стоків використовуються реагенти, серед яких: коагулянти (ферум-хлорид, алюміній-сульфат), флокулянти, лугу або кислоти для корекції рН, вапнякове молоко для нейтралізації, реагенти для осадження важких металів (NaHS, Na₂S).

На основі середньої витрати реагентів на 1 м³ промивних стоків та типових цін:

Середня витрата реагентів - 1,8 млн грн/рік (близько 150–180 т реагентів \times середня ціна 10–12 тис. грн/т).

Витрати на електроенергію очисних споруд. Робота насосів, змішувачів, компресорів, флотаторів, освітлювачів, фільтрувального обладнання створює значне навантаження на енергосистему. За типової потужності очисної станції:

середнє споживання електроенергії - 42–55 тис. кВт·год/місяць,

тариф для підприємств - $\sim 5,5 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$.

Річні витрати: $\approx 2,7\text{--}3,5 \text{ млн грн/рік}$

Для розрахунків обрано середнє значення: $\approx 3,1 \text{ млн грн/рік}$.

Витрати на обслуговування та ремонт очисних систем. До цієї групи витрат входить:

- ремонт насосів, дозаторів, мішалок;
- заміна фільтрів та мембран;

- очищення ємностей і трубопроводів від осадів;
- калібрування автоматизованих систем контролю;
- регламентні роботи відповідно до технічної документації.

У середньому виробничі підприємства такого масштабу витрачають 8–12 % вартості обладнання на його щорічне сервісне обслуговування.

Для очисних споруд з орієнтовною вартістю 25 млн грн:

10 % / рік $\rightarrow \approx 2,5$ млн грн/рік

Витрати на утримання шламонакопичувача. Шламонакопичувач потребує:

- щорічного відбору проб води та донних відкладень,
- моніторингу герметичності,
- очищення від надлишкових осадів,
- проведення заходів проти підтоплення та переповнення,
- ревізії гідроізоляційних матів.

Орієнтовні витрати - 0,95–1,3 млн грн/рік.

Середнє значення: $\approx 1,15$ млн грн/рік

Витрати на лабораторний контроль. Контроль складу стічних вод, промислових викидів, шламів та твердофазних відходів здійснюється лабораторією підприємства або стороннім виконавцем. Середня частота аналізів:

- 30–40 аналізів стічних вод на місяць,
- 10–15 аналізів атмосферних проб,
- 5–7 аналізів відходів на місяць.

При середній вартості одного аналізу 500–900 грн: ≈ 450 –600 тис. грн/рік

Середнє: ≈ 520 тис. грн/рік

Основні статті витрат зведено в таблицю 4.1

Таблиця 4.1 - Загальна оцінка витрат підприємства

<i>Стаття витрат</i>	<i>Орієнтовна сума, млн грн/рік</i>
Передача відходів підрядникам	31,6
Реагенти для очищення стоків	1,8
Електроенергія	3,1
Обслуговування та ремонт очисних споруд	2,5
Утримання шламонакопичувача	1,15
Лабораторний контроль	0,52
<i>Разом</i>	<i>40,67</i>

4.2 Економічна оцінка удосконалення системи управління відходами

На основі аналізу поточних витрат ($\approx 40,7$ млн грн/рік) та з урахуванням виявлених слабких місць у функціонуванні існуючої системи, було проведено економічне оцінювання ключових удосконалень, запропонованих у розділі 3.4. Виконані розрахунки дозволяють визначити, наскільки доцільними є інвестиції у модернізацію обладнання, оптимізацію інфраструктури та впровадження сучасних технологій сортування і зберігання відходів.

Для кожного заходу наведено оцінку разової вартості впровадження, потенційної економії витрат, а також орієнтовний термін окупності. Розрахунки виконано за середніми ринковими цінами обладнання та робіт в Україні станом на 2024–2025 роки.

1. Встановлення фільтрувальних систем для зменшення пилових та газових викидів

Орієнтовна вартість впровадження. Модуль рукавної фільтрації для металообробного цеху (20–25 т пилу/рік): 4,0–4,5 млн грн.

Система абсорбції для газових викидів (HCl, органічні сполуки): 2,2–2,8 млн грн.

Монтаж і підключення: 0,7 млн грн

Разом: $\approx 7,2$ млн грн

Економічний ефект. Установлення фільтрації дозволить:

- зменшити утворення твердих відходів на 30–35 %, що дає економію на передачі підрядникам: $32,79 \text{ т} \times 1 \text{ 800 грн/т}$ + частка органічних викидів $\approx 0,25$ млн грн/рік.

- зменшити штрафні ризики на $\sim 150\text{--}250$ тис. грн/рік.

- знизити соціально-екологічні витрати (нематеріальна користь, не включається до окупності).

Орієнтовна окупність: $7,2 \text{ млн грн} / 0,45 \text{ млн грн} \approx 16$ років. Окупність довга, але захід критично важливий з екологічної точки зору.

2. Створення сучасного майданчика тимчасового зберігання відходів

Проект включає будівництво обладнаної зони з твердим покриттям, накриттям, ізоляцією, системою збору фільтрату та відеонаглядом.

Орієнтовна вартість.

Будівництво та бетонування площі 800 м^2 - 3,0 млн грн.

Гідроізоляція та система збору інфільтрату - 1,2 млн грн.

Складське обладнання (контейнери UN, палети, маркування) - 0,85 млн грн.

Відеонагляд, освітлення, огороження - 0,4 млн грн.

Разом: $\approx 5,45$ млн грн

Економічний ефект. Переваги створення майданчика:

Зменшення втрат матеріалів та змішування відходів, що дозволить економити на утилізації: економія 5–7 % від суми передавання $\rightarrow \approx 2,2$ млн грн/рік.

Усунення витрат на усунення аварійних ситуацій, раніше пов'язаних із протіканням та змішуванням відходів: $\approx 0,12$ млн грн/рік.

Окупність:

$5,45 \text{ млн грн} / 2,32 \text{ млн грн} \approx 2,3$ роки

3. Упровадження пункту внутрішнього сортування відходів

Заходи передбачають установлення прес-компактора, сортувальних столів, контейнерів для фракцій, вагового контролю та облаштування робочої зони сортувальників.

Орієнтовна вартість:

Прес-компактор (промаслені матеріали, тара) - 1,25 млн грн

Сортувальна лінія (ручна + роликівий стіл) - 0,95 млн грн

Контейнери та вагове обладнання - 0,35 млн грн

Перепланування та підведення комунікацій - 0,4 млн грн

Разом: $\approx 2,95$ млн грн

Економічний ефект:

Внутрішнє сортування дозволяє:

Зменшити обсяг відходів, що передаються підрядникам, на 12–15 %, що за поточних витрат (31,6 млн грн/рік) дає: $\approx 4,1$ млн грн/рік економії.

Продати вторинну сировину, наприклад:

металеву стружку,

обрізки металу,

папір/картон.

Середній річний дохід: 0,35–0,5 млн грн/рік.

Сумарний економічний ефект: $\approx 4,45$ млн грн/рік

Окупність: 2,95 млн / 4,45 млн $\approx 0,66$ року (≈ 8 місяців)

4. Модернізація обладнання для зменшення утворення шламів та стоків

Передбачає заміну застарілих ванн гальванічних покриттів на замкнені системи з витісненням, а також модернізацію системи промивки.

Встановлення економних промивних систем (каскадні, з рециркуляцією) - 3,8 млн грн

Реконструкція 6 гальванічних ванн - 6,4 млн грн

Разом: $\approx 10,2$ млн грн

Економічний ефект:

Зменшення утворення шламів на 20–25 %,

тобто економія на утилізації: 2970 т → мінус ~600–740 т \approx 2,8–3,5 млн грн/рік

Зменшення споживання реагентів - економія 0,35 млн грн/рік

Зменшення водоспоживання - економія 0,2 млн грн/рік

Сумарний ефект: \approx 3,35–4,05 млн грн/рік

Окупність: 10,2 млн / 3,7 млн \approx 2,7 роки

5. Запровадження роздільного збирання відходів у цехах

Витрати відносно невеликі, але ефект суттєвий.

Закупівля контейнерів - 0,45 млн грн

Маркування, навчання персоналу - 0,15 млн грн

Разом: \approx 0,6 млн грн

Економічний ефект. Розділення потоків дає:

зниження забруднення фракцій і, відповідно, на 5 % менше передавання підрядникам, \approx 1,58 млн грн/рік економії.

Окупність: 0,6 млн / 1,58 млн \approx 0,38 року (\approx 5 місяців)

6. Оптимізація логістики відходів

Вартість. Закупівля електричної техніки для переміщення контейнерів - 0,75 млн грн

Маршрутизація, цифровий облік - 0,25 млн грн

Разом: \approx 1,0 млн грн

Економічний ефект. Скорочення витрат на транспорт і персонал - 0,45–0,55 млн грн/рік

Окупність: 1,0 млн / 0,5 млн \approx 2 роки.

Зведено таблицю 4.2 що відображає економічну ефективність заходів:

Таблиця 4.2 - Економічна ефективність заходів

<i>Захід</i>	<i>Орієнтовна вартість, млн грн</i>	<i>Очікувана економія, млн грн/рік</i>	<i>Окупність</i>
Фільтрувальні системи	7,2	0,45	16 років
Майданчик зберігання	5,45	2,32	2,3 року
Пункт внутрішнього сортування	2,95	4,45	0,66 року
Модернізація обладнання	10,2	3,7	2,7 року
Роздільний збір у цехах	0,6	1,58	0,38 року
Оптимізація логістики	1	0,5	2 роки

Проведена економічна оцінка доводить, що більшість заходів з удосконалення системи управління відходами є фінансово ефективними та здатні забезпечити суттєве зниження витрат підприємства. Найшвидше окупаються заходи, пов'язані з оптимізацією внутрішньої логістики, розділенням потоків і впровадженням сортувальних систем. Найбільший стратегічний ефект забезпечує модернізація обладнання та створення сучасної інфраструктури для поводження з відходами.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Машинобудівні підприємства належать до галузей із підвищеним рівнем виробничих ризиків, що зумовлено застосуванням важкого обладнання, металорізальних верстатів, зварювальних технологій, підйимально-транспортних механізмів та обробкою великих металевих заготовок. У процесі роботи працівники піддаються дії як небезпечних, так і шкідливих виробничих факторів, що можуть призвести до травмувань, професійних захворювань або аварій. На рисунку 5.1 зображено зібраний та готовий до відвантаження прохідницький комбайн КПО-50, та кран-балка, яким відбувається переміщення важкого обладнання у спеціальний транспорт.

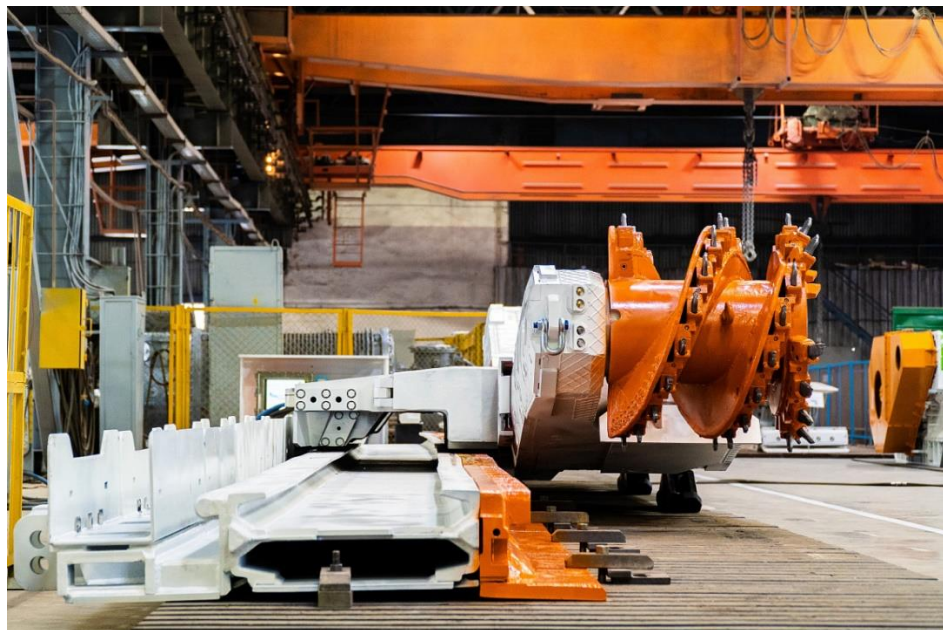


Рисунок 5.1 – Прохідницький комбайн готовий до переміщення краном

Процес транспортування великогабаритних і масивних машин супроводжується низкою потенційних небезпек, що потребують підвищеної уваги персоналу. Розглянуто низку основних ризиків.

Небезпека падіння вантажу. У разі неправильного стропування, зношення тросів або невірному вибору точки підйому існує ризик падіння обладнання з висоти, що може призвести до тяжких травм чи руйнування техніки.

Зона роботи кран-балки. Переміщення вантажу створює небезпечну зону, у якій заборонено перебувати працівникам. Порухення цього правила є однією з найпоширеніших причин нещасних випадків.

Механічні травми. Під час направлення або фіксації комбайна можливе защемлення рук, удар вантажем, травмування під час розгойдування обладнання.

Розрив або відмова підйомних механізмів. Зношені стропи, гак, талі чи елементи кріплення можуть не витримати ваги, що створює значний аварійний ризик.

Нестійкість вантажу. Прохідницький комбайн має складну геометрію й нерівномірний розподіл маси, що може спричинити перекид або зміщення вантажу під час підйому та переміщення.

Обмежена видимість. Оператор кран-балки часто не має можливості контролювати переміщення вантажу в усіх напрямках, тому важливою є участь сигнальника.

Шум і вібрації. Робота вантажопідіймального обладнання супроводжується шумом, що знижує увагу працівників та ускладнює передачу команд.

Усі ці небезпеки потребують суворого дотримання правил безпечної експлуатації вантажопідіймальних механізмів, використання справних стропів та оснащення, виконання стропальних робіт лише спеціально навченим персоналом, а також організації чіткої комунікації між оператором і працівниками на підлозі.

До механічних небезпек належать рухомі частини верстатів, шестерень, ремінних передач, транспортних конвеєрів, а також можливість удару або защемлення деталями, що обертаються або подаються механізмами. Багато нещасних випадків пов'язані з ручним транспортуванням важких деталей, що спричиняє надмірне фізичне навантаження, травми спини та перенапруження опорно-рухового апарату.

Значну небезпеку становлять електричні фактори, пов'язані з використанням електроприводів, електрозварювальних апаратів та високовольтного обладнання. Порушення правил експлуатації, пошкодження ізоляції або відсутність захисного заземлення можуть призвести до ураження електричним струмом.

Машинобудівне виробництво супроводжується виділенням шуму та вібрації, що перевищують гранично допустимі рівні. Довготривалий вплив цих факторів спричиняє погіршення слуху, неврологічні порушення та хронічну втоми. На рисунку 5.2 зображено типовий стенд, що розміщений у кабінеті Інженера з охорони праці, а також у цехових приміщеннях як пам'ятка.



Рисунок 5.2 - Стенд з інформацією про безпеку під час роботи

Окрему групу становлять шкідливі хімічні фактори: аерозолі металів, мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), гази, що виділяються при зварюванні. Під час термічної обробки металів виникають оксиди заліза, марганцю, хрому та інші сполуки, які можуть викликати хронічні бронхіти, отруєння та захворювання дихальної системи.

Термічні фактори включають високу температуру лиття, нагрівальних печей, зварювальних дуг та поверхонь обладнання. Існує ризик опіків різного ступеня та займання одягу.

Шкідливий вплив чинять також пил і стружка, що виникають під час шліфування та різання металу. Металевий пил здатний накопичуватися у легенях, утворюючи професійні захворювання.

Для мінімізації дії зазначених факторів підприємства повинні застосовувати колективні та індивідуальні засоби захисту, забезпечувати вентиляцію, справність верстатів і регулярний контроль параметрів виробничого середовища.

5.2 Система управління охороною праці

Система управління охороною праці (СУОП) на машинобудівному підприємстві є комплексом організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Вона охоплює планування, контроль, профілактичні заходи, навчання персоналу та безперервне вдосконалення безпеки.

Одним із ключових елементів СУОП є оцінка професійних ризиків[23]. На машинобудівному заводі ризики пов'язані з експлуатацією верстатів, підіймальних механізмів, зварювальних робіт, а також з рухом транспорту на

території підприємства. Рівень ризику визначають за допомогою матриць, ранжування або експертного аналізу.

Важливу роль у забезпеченні безпеки відіграє служба охорони праці, яка організовує інструктажі, проводить перевірки робочих місць, контролює використання засобів захисту та розробляє внутрішню документацію.

Суттєвим компонентом є система навчання з охорони праці, що включає:

- вступний інструктаж,
- первинний інструктаж на робочому місці,
- повторний інструктаж,
- позаплановий інструктаж,
- цільовий інструктаж.

Підвищена увага приділяється роботам підвищеної небезпеки - зварювальним процесам, роботі з електрообладнанням, вантажопідіймальними механізмами, роботі на висоті тощо.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) є обов'язковими: захисні окуляри, рукавиці, каски, протишумові навушники, спецвзуття та спецодяг. При роботі з металевим пилом або газами застосовуються респіратори відповідного класу.

На рисунку 5.3 зображено спецодяг марки "Tolsen" та ЗІЗ від виробника "Kevlar". Дані виробники є основними постачальниками робочого одягу та захисних атрибутів для підприємства "Корум ДрМЗ".

Особлива увага приділяється аваріям, пов'язаним з падінням вантажів[25], руйнуванням металевих конструкцій, несправністю підймальних механізмів. У таких ситуаціях першочерговими діями є зупинка обладнання, виклик відповідальних осіб та медичної допомоги, огороження небезпечної зони.

Значну роль відіграє План локалізації та ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС), який містить алгоритми дій персоналу, порядок виклику служб, схеми руху та евакуації, засоби індивідуального захисту та порядок взаємодії з ДСНС.

Ефективність системи реагування забезпечується регулярними навчаннями, тренуваннями та перевітками технічного стану обладнання безпеки.

ВИСНОВКИ

Прведено комплексне дослідження системи управління відходами товариства з обмеженою відповідальністю «Корум Дружківський машинобудівний завод» з урахуванням сучасних екологічних вимог, положень національного законодавства та міжнародного досвіду.

Аналіз наукових джерел показав, що ефективне управління промисловими відходами сьогодні розглядається не лише як природоохоронний захід, а як складова частина сталого розвитку підприємства, що поєднує екологічну безпеку, економічну доцільність і соціальну відповідальність.

Охарактеризовано виробничу діяльність підприємства та встановлено, що процеси машинобудівного виробництва супроводжуються утворенням значних обсягів різномірних відходів, зокрема шламів гальванічних процесів, твердих промислових відходів, забруднених промивних стоків, а також викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Наявність шламонакопичувача та передача частини відходів ліцензованим підрядним організаціям свідчать про функціонування базової системи управління відходами, однак ця система переважно має реактивний характер і орієнтована на утилізацію, а не на запобігання утворенню відходів.

Оцінка екологічних ризиків показала, що викиди в атмосферне повітря, зокрема оксиди азоту, оксид вуглецю, тверді частинки, органічні розчинники та важкі метали, можуть негативно впливати на якість повітря та здоров'я населення за відсутності ефективних очисних систем. Утворення значних обсягів шламів, що містять сполуки хрому, нікелю, міді та інших важких металів, створює потенційні ризики забруднення ґрунтів і ґрунтових вод у разі порушення умов зберігання. Скиди забруднюючих речовин у поверхневі

води, зокрема завислих речовин, сульфатів, хлоридів, сполук азоту та фосфатів, можуть призводити до погіршення гідрохімічного режиму водойм і розвитку евтрофікаційних процесів.

Порівняльний аналіз діючої системи управління відходами підприємства з європейською моделлю засвідчив наявність суттєвих прогалин, зокрема недостатній рівень внутрішнього сортування, обмежене впровадження превентивних заходів, відсутність системи екологічних індикаторів та формалізованого екологічного менеджменту. Водночас підприємство має значний потенціал для переходу до більш ефективної моделі управління відходами, орієнтованої на принципи циркулярної економіки.

Обґрунтовано комплекс заходів з удосконалення системи управління відходами, що включає: встановлення сучасних фільтрувальних систем, створення облаштованого майданчика тимчасового зберігання відходів, упровадження внутрішнього сортування та роздільного збирання відходів у цехах, модернізацію технологічного обладнання, оптимізацію логістики відходів, підвищення кваліфікації персоналу та покращення взаємодії з підрядними організаціями. Запропоновані заходи є технічно здійсненними та відповідають сучасним екологічним вимогам.

Економічне обґрунтування показало, що більшість запропонованих рішень є фінансово доцільними. Найшвидшу окупність мають заходи, пов'язані з внутрішнім сортуванням, роздільним збиранням відходів і оптимізацією логістики, тоді як модернізація очисних споруд і технологічного обладнання забезпечує довгостроковий екологічний та економічний ефект. Загалом упровадження запропонованих удосконалень дозволить зменшити обсяги утворення відходів, скоротити витрати на їх зберігання та утилізацію, підвищити рівень екологічної безпеки та знизити ризики виникнення екологічних інцидентів.

Отримані результати свідчать, що реалізація розроблених пропозицій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності ТОВ «Корум

Дружківський машинобудівний завод», його відповідності міжнародним екологічним стандартам та формуванню позитивного екологічного іміджу. Матеріали дипломної роботи можуть бути використані в практичній діяльності підприємства, а також як основа для подальших досліджень у сфері управління промисловими відходами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації щодо кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти освітнього ступеню «Магістр», які навчаються за спеціальністю 101 «Екологія», освітньо-професійною програмою «Екологія». – Дніпро: ДДАЕУ, 2022. – 26 с.
2. Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX (ст. 7) Про управління відходами URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text\(lfnj](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text(lfnj) (дата звернення: 10 жовтня 2025)
3. Україна та Угода про асоціацію URL: https://ucep.org.ua/wp-content/uploads/2017/12/UCEP_report_3_WEB_FINAL.pdf (дата звернення: : 10 жовтня 2025)
4. Укрекопром URL: <https://ueco.com.ua/news/noviy-poryadok-klasifikaciji-vidhodiv-v-ukrajini-shcho-zminilosya> (дата звернення: 10 жовтня 2025)
5. Закон України від 25 червня 1991 року (№ 1264-XII) Про охорону навколишнього природного середовища URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 10 жовтня 2025)
6. Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII Про оцінку впливу на довкілля URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: : 10 жовтня 2025)
7. Закон України від 05.12.2023 № 1279 Про затвердження Порядку ведення реєстру місць видалення відходів URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1216-98-%D0%BF#Text> (дата звернення: : 10 жовтня 2025)
8. Наказ від 26.11.2024 № 1534 Про затвердження Порядку ведення державного обліку відходів та подання звітності та Типової форми обліку

відходів URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0090-25#Text> (дата звернення: 10 жовтня 2025)

9. Норми Державних санітарних правил і норм (ДСП) в Україні URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97> (дата звернення: 10 жовтня 2025)

10. Водний кодекс України URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8> (дата звернення: 10 жовтня 2025)

11. Земельний кодекс України URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB>) (дата звернення: 20 жовтня 2025)

12. Закон України від 01.12.2022 № 2804-IX Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2804-20#Text> (дата звернення: 20 жовтня 2025)

13. Державна екологічна інспекція України URL: <https://www.dei.gov.ua/> (дата звернення: 20 жовтня 2025)

14. Ієрархія поводження з відходами URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/09/Iyerarhiya-povodzhennya-z-vidhodamy.-SHHo-tse-take-i-yak-vprovadyty-v-Ukrayini.pdf> (дата звернення: 20 жовтня 2025)

15. Залунін М.М. (2019). Циркулярна економіка як передумова забезпечення сталого розвитку. Причорноморські економічні студії, 47–1, С. 196–201. URL: http://bses.in.ua/journals/2019/47_1_2019/39.pdf (дата звернення: 1 грудня 2025)

16. Annual Report 2023 URL: <https://www.eurofer.eu/publications/reports-or-studies/annual-report-2023> (дата звернення: 1 грудня 2025)

17. ДСТУ ISO 14001:2006 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2004, IDT) (дата звернення: 1 грудня 2025)

18. Про охорону навколишнього природного середовища Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 1 грудня 2025)

19. Водний кодекс України Кодекс України; Закон, Кодекс від 06.06.1995 № 213/95-ВР URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 1 грудня 2025)

20. Повітряний кодекс України Кодекс України; Закон, Кодекс від 19.05.2011 № 3393-VI URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text> (дата звернення: 1 грудня 2025)

21. Про компанію Corum Group URL: <https://corum.com/about-us/> (дата звернення: 1 грудня 2025)

22. Вибір прийомів та способів аналізу і оцінки стану підприємства URL: https://pidru4niki.com/1926071153552/ekonomika/vibir_priyomiv_sposobiv_analizu_otsinki_stanu_pidpriyemstva (дата звернення: 1 грудня 2025)

23. Система управління охороною праці на підприємстві: для чого її впроваджувати URL: <https://smr.gov.ua/en/2016-03-14-08-10-17/informatsijni-materiali/informatsijni-materiali-z-pitan-sotszakhistu/343-sumske-miske-viddilennia-upravlinnia-vykonavchoi-dyreksii-fondu-sotsialnoho-strakhuvannia-ukrainy-u-sumskii-oblasti-informuie/20938-cistema-upravlinnya-okhoronoyu-pratsi-na-pidpriemstvi-dlya-chogo-jiji-vprovadzhuвати.html> (дата звернення: 1 грудня 2025)

24. Системи протипожежного захисту ДБН В.2.5-56:2014 URL: <https://etz.com.ua/systemy-protypozhezhnogo-zahystu/> (дата звернення: 1 грудня 2025)

25. Вантажні перевезення. Управління вантажною і комерційною роботою: Підручник / С.В. Панченко, А.О. Каграманян, В.С. Блиндюк та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. Ч. 2. 462 с., рис. 179, табл. 20. URL: https://document.kdu.edu.ua/info_zab/275_1456.pdf (дата звернення: 1 грудня 2025)