

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

Кафедра *екології та захисту довкілля*

допускається до захисту

«____»_____ 2025 р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему **«Екологічна оцінка процесів виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДФ» у місті Пустомити Львівської області та обґрунтування природоохоронних заходів»**

Виконав студент групи Еко-61

спеціальності 101 «Екологія»

Довганик Іван Олегович

Керівник Тетяна ДАЦКО

Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
доцент, к.б.н. Петро ХІРІВСЬКИЙ

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Довганику І. О.

1. Тема роботи: «Екологічна оцінка процесів виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДФ» у місті Пустомити Львівської області та обґрунтування природоохоронних заходів»

Керівник кваліфікаційної роботи: Дацко Тетяна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Затверджені наказом по університету від 31.12.2024р. № 906/к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 02 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, нормативні документи, методики виконання лабораторних досліджень

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

Вступ

1. Огляд літератури

1.1 Загальна характеристика ПВХ-вікон та особливостей їх фурнітури

1.2 Матеріали, що використовуються у виробництві віконної фурнітури, їх екологічні властивості

1.3 Основні види та джерела екологічного навантаження в процесі виготовлення фурнітури

1.4 Перспективні природоохоронні технології та заходи в галузі

2 Умови, об'єкт і методика дослідження

2.1 Природно-кліматичні умови розташування об'єкту дослідження

2.2 Характеристика об'єкту дослідження

2.3 Методика дослідження

3 Результати дослідження

3.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон

3.2 Потенційні фактори, що формують екологічне навантаження підприємства

3.3	Утворення та процеси поводження з відходами на досліджуваному об'єкті
3.4	Оцінка впливу технологічних процесів на якість атмосферного повітря
3.5	Природоохоронні заходи для зменшення викидів шкідливих речовин у повітряне середовище
3.6	Заходи зменшення акустичного забруднення
3.7	Розробка заходів енергозбереження
4	Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях
4.1	Аналіз стану охорони праці на підприємстві
4.2	Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки на фірмі «ДІФ»
4.3	Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій
	Висновки
	Бібліографічний список

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	Дацко Т.М., доцент кафедри екології			
4	Гордійчук Л. М., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 14 жовтня 2024 р.

Календарний план

№п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	14.10.24-31.03.25
2	Написання розділу «Умови, об'єкт і методика дослідження»	01.04.25-31.05.25
3	Написання розділу «Результати досліджень»	01.06.25-30.09.25
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях», формулювання висновків за результатами проведених досліджень, укладання бібліографічного списку	01.10.25-02.12.25

Студент _____ Іван ДОВГАНІК
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Тетяна ДАЦКО
(підпис)

Екологічна оцінка процесів виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДІФ» у місті Пустомити Львівської області та обґрунтування природоохоронних заходів. Довганик І. О. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С. З. Гжицького, 2025.

63 стор. текст. част., 15 табл., 4 рис., 41 джерело.

Проведено огляд літературних джерел щодо виробництва ПВХ-вікон. Визначено основні ризики технологічних процесів виготовлення для них комплектуючих.

У роботі проведено аналіз виробничого циклу, виявлено потенційні фактори, що формують екологічне навантаження підприємства. Проведено аналіз використання ресурсів на підприємстві. З'ясовано основні види відходів, що утворюються в технологічному процесі. Визначено основні джерела впливу підприємства, перелік забруднюючих речовин та розраховано потужність їх викиду. Здійснено розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Проаналізовано ефективність наявного пилогазоочисного устаткування. Обґрунтовано відповідність розміру санітарно-захисної зони підприємства та періодичність контролю за дотриманням нормативів ГДВ. Запропоновано комплекс заходів щодо зменшення негативного впливу виробництва на довкілля, зокрема модернізацію очисного обладнання, оптимізацію енергоспоживання, поліпшення поводження з відходами. У кваліфікаційній роботі також розглянуто перспективи впровадження систем екологічного моніторингу.

Розроблено питання охорони праці та захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій на підприємстві.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Загальна характеристика ПВХ-вікон та особливостей їх фурнітури...	9
1.2 Матеріали, що використовуються у виробництві віконної фурнітури, їх екологічні властивості.....	13
1.3 Основні види та джерела екологічного навантаження в процесі виготовлення фурнітури.....	15
1.4 Перспективні природоохоронні технології та заходи в галузі.....	17
2 УМОВИ, ОБ'ЄКТ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1 Природно-кліматичні умови розташування об'єкту дослідження.....	20
2.2 Характеристика об'єкту дослідження.....	23
2.3 Методика дослідження.....	25
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
3.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон.....	27
3.1.1 Характеристика обладнання та продукції.....	27
3.1.2 Короткий опис технологічного процесу.....	30
3.2 Потенційні фактори, що формують екологічне навантаження підприємства.....	32
3.3 Утворення та процеси поводження з відходами на досліджуваному об'єкті.....	34
3.4 Оцінка впливу технологічних процесів на якість атмосферного повітря.....	35
3.4.1 Ідентифікація шкідливих речовин у виробничому процесі.....	35
3.4.2 Розрахунок емісії забруднюючих речовин з врахуванням ефективності пилогазовловлюючого обладнання.....	36

3.4.3 Динаміка переміщення та розсіювання забруднюючих компонентів атмосфери.....	41
3.4.4 Санітарно-захисна зона об'єкта.....	43
3.4.5 Нормативне регулювання та оптимізація викидів забруднюючих речовин.....	44
3.4.6 Організація спостережень за станом повітряного середовища на об'єкті.....	45
3.5 Природоохоронні заходи для зменшення викидів шкідливих речовин у повітряне середовище.....	46
3.6 Заходи зменшення акустичного забруднення.....	49
3.7 Розробка заходів енергозбереження.....	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	51
4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки на фірмі «ДІФ»	53
4.3 Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	60

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах стрімкого розвитку промисловості та урбанізації, що супроводжуються значним зростанням обсягів виробництва, все більшого значення набувають питання охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки населення. Забезпечення раціонального природокористування та впровадження природоохоронних заходів є пріоритетним напрямом екологічної політики як на національному, так і на регіональному рівнях. Зокрема, промислові підприємства, навіть незначного за масштабами виробництва, чинять суттєвий вплив на довкілля за рахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу, утворення промислових відходів, скидання стічних вод та використання природних ресурсів [5, 6].

Особливу увагу заслуговують підприємства будівельної галузі, які спеціалізуються на виготовленні будівельних матеріалів, металевих конструкцій та фурнітури. В умовах активного розвитку будівництва житлових, комерційних та промислових об'єктів зростає попит на металопластикові вікна, для виготовлення яких використовуються комплектуючі, зокрема фурнітура з металу та пластику [40]. Водночас процеси виготовлення такої продукції супроводжуються утворенням забруднюючих викидів, відходів, значним споживанням електроенергії, води, хімічних речовин, що потребує ретельної екологічної оцінки та розробки ефективних природоохоронних заходів [38].

Фурнітурне виробництво включає низку енергомістких та ресурсозатратних операцій, серед яких механічна обробка металу, нанесення захисно-декоративних покриттів, термічна обробка, пакування, складування тощо [41]. З огляду на використання в технологічних процесах мастильних матеріалів, лакофарбових речовин, миючих засобів та допоміжних хімікатів, до навколишнього природного середовища можуть надходити забруднюючі речовини різної хімічної природи та агрегатного стану. Особливої уваги

потребують викиди в атмосферне повітря дрібнодисперсного пилю металу, аерозолів кислот і лугів, парів органічних розчинників, а також поводження з небезпечними відходами виробництва [37].

В умовах обмежених ресурсів та тиску екологічного законодавства України, кожне промислове підприємство має забезпечувати контроль за власним впливом на довкілля та розробляти комплекс природоохоронних заходів відповідно до сучасних вимог. Зокрема, відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», підприємства зобов'язані здійснювати моніторинг та екологічну оцінку своїх виробничих процесів, вживати заходів для запобігання забрудненню навколишнього природного середовища та раціонально використовувати природні ресурси [29].

На прикладі фірми «ДІФ» Пустомитівського району Львівської області, яка спеціалізується на виготовленні фурнітури для ПВХ-вікон, актуальним є проведення екологічної оцінки виробничої діяльності підприємства, визначення джерел і видів впливу на довкілля та обґрунтування природоохоронних заходів для мінімізації техногенного навантаження. З огляду на розташування підприємства поблизу населених пунктів та сільськогосподарських угідь, негативний вплив навіть відносно невеликих виробництв може призводити до погіршення екологічного стану території, забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водних об'єктів.

Поряд із цим, сучасні тенденції розвитку будівельної галузі та металопластикового виробництва вимагають впровадження принципів екологічно орієнтованого управління виробництвом, що передбачає системний екологічний моніторинг, оцінку ризиків, розробку заходів з попередження та мінімізації забруднень, а також впровадження екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001 [14].

Об'єкт дослідження: виробничі процеси виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДІФ» у місті Пустомити Львівської області.

Предмет дослідження: вплив технологічних процесів виготовлення

фурнітури на навколишнє природне середовище.

Мета роботи: проведення комплексної екологічної оцінки виробництва фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДІФ», виявлення основних джерел техногенного навантаження на довкілля та обґрунтування ефективних природоохоронних заходів.

Завдання кваліфікаційної роботи охоплювали:

- проаналізувати літературні джерела з питань екологічної оцінки процесів виробництва комплектуючих ПВХ-вікон;
- здійснити характеристику діяльності фірми «ДІФ» та технологічного процесу виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон;
- ідентифікувати джерела техногенного впливу;
- здійснити оцінку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та утворення промислових відходів;
- проаналізувати, обґрунтувати та запропонувати комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію техногенного навантаження та підвищення екологічної безпеки виробництва.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення літературних джерел; методи екологічного моніторингу; розрахункові методики визначення обсягів викидів і відходів; методи розробки природоохоронних заходів відповідно до чинного екологічного законодавства та міжнародних стандартів.

Наукова новизна роботи: проведено комплексну екологічну оцінку виробництва фурнітури для ПВХ-вікон на конкретному підприємстві, визначено основні джерела негативного впливу на довкілля та обґрунтовано практичні заходи щодо мінімізації цього впливу.

Практичне значення роботи: результати дослідження можуть бути використані для удосконалення системи екологічного управління на підприємстві «ДІФ», розробки ефективної системи природоохоронних заходів, зменшення техногенного навантаження на довкілля та покращення екологічного стану регіону.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика ПВХ-вікон та особливостей їх фурнітури

Сучасний будинок потребує якісних вікон. Вже більш ніж 60 років кращі європейські інженери працюють над вдосконаленням такої звичайної деталі інтер'єра, як вікно. Основною причиною заміни вікон є незадоволення споживачів експлуатаційними характеристиками старих дерев'яних вікон: постійні проблеми при відкритті/закритті; протяги в приміщенні, необхідність періодичного перефарбовування; недостатні теплоізоляційні характеристики; виникнення перекосів тощо [30].

Для сучасних вікон часто використовують термін «євровікно», що вказує на його виготовлення з високоякісних матеріалів і комплектуючих із застосуванням досягнень останніх років та можливості забезпечення в приміщенні комфортних умов перебування, хорошої теплової та звукоізоляції, зручність, довговічність і надійність [35]. Проте, не дивлячись на безліч удосконалень, основні складові частини сучасного вікна все ж сповна традиційні [41]: склопакет (скло), палітурка (рами, стулки тощо), фурнітура. Загалом, для збірки вікна необхідно нарізати з профілів потрібні заготовки і виконати кутові з'єднання. Далі навісити фурнітуру, вставити скло або склопакети, ущільнювачі, виробити регулювання фурнітури – і вікно готове.

Часто використовують іншу назву – «металопластикове вікно», що є технічно не цілком правильною. У спеціальній літературі цього типу вікна називають вікнами з полівінілхлориду (ПВХ). Остання назва точніше відображає їх основну відмінність від дерев'яних або металевих (алюмінієвих) вікон – за типом матеріалу, з якого виготовлений віконний каркас [39].

Рами віконних систем виготовляються з полівінілхлориду –

високомолекулярного твердого вуглеводню. Він вирізняється хімічною стійкістю, стійкістю до вогню. Завдяки відмінним технічним характеристикам і доступній для масового споживача вартості виготовлення вікон із ПВХ одержало широке поширення. За сукупністю характеристик ПВХ визнаний найбільш вдалим матеріалом для виробництва вікон серед всіх відомих полімерних сполук і має ряд переваг порівняно з деревиною і алюмінієм. Як і всі полімери, ПВХ стійкий до дії вологи, мікроорганізмів і комах, довговічний. Вікна з ПВХ ніколи не потрібно фарбувати, а весь догляд за ними полягає в періодичному витиранні пилу [39, 41].

Вироби з ПВХ мають температурний діапазон експлуатації від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температуру текучості – близько $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Слід враховувати, що при підвищенні температури понад $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ зростає пластичність матеріалу і дія, наприклад, потужних опалювальних приладів може привести до викривлення профілю. При наближенні до нижнього кордону температурного діапазону експлуатації матеріал стає крихким [34, 39]. За класом пожежної безпеки ПВХ належить до матеріалів, які не підтримують горіння [39]. До недоліків ПВХ можна віднести в 2-3 рази більший, в порівнянні з алюмінієм і деревом, температурний коефіцієнт лінійного розширення [41]. Стійкість кольору профілю є однією з важливих характеристик, яка на практиці може широко варіювати (від 1 року до 50 років) у різних виробників [10, 35]. Неякісний профіль ПВХ під впливом ультрафіолетового випромінювання може змінювати забарвлення, зокрема, білий колір інколи набуває жовтого відтінку.

Екологічна чистота ПВХ підтверджена міжнародними і українськими санітарно-гігієнічними сертифікатами, відповідно до яких ПВХ задовольняє санітарно-гігієнічним вимогам до матеріалів, призначених для використання в житлових приміщеннях. Крім того, віконні профілі з ПВХ придатні для вторинної переробки і можуть використовуватися як сировина для виробництва нових виробів [22, 30, 35].

Насьогодні в Україні представлено два типи профілів з ПВХ:

стабілізовані сполуками свинцю або кальцієм-цинком. Свинець надійно зв'язаний в матеріалі ПВХ, що в нормальних умовах виключає його попадання в довкілля. ПВХ, стабілізований свинцем, з екологічної і медичної точок зору нешкідливий для споживача [35]. Проте, сполуки свинцю можуть виділятися при вторинній переробці ПВХ або при тривалому знаходженні використаних виробів в сміттєвих відвалах [38]. Реагуючи на критику з боку громадськості, компанії-виробники представили на ринок в 1995 році профілі, стабілізовані кальцієм і цинком. Такі профілі мають вищу якість і є стійкішими до атмосферних впливів [41]. При вторинній переробці їх можна використовувати як складник інших рецептур.

Функціонал вікон, а саме їх відкривання і закривання забезпечує віконна фурнітура. Вона багато в чому визначає надійність функціонування і естетичні якості вікон. Без якісної і багатофункціональної фурнітури вікно ніколи не стане справжнім вікном. Із винаходом нових типів фурнітури, наприклад, поворотно-відкидних механізмів, змінилася не лише техніка відкриття вікон змінився навіть зовнішній вигляд будівель.

У загальному значенні під поняттям «фурнітура» (від французького *fourniture*) розуміються різні допоміжні (підсобні) матеріали для будь-якого виробництва [40]. Віконною фурнітурою вважають складну сукупність механізмів (петель, кронштейнів, тяг, з'єднувальних елементів тощо), що забезпечують відкривання і закривання вікна в різних режимах. Основними режимами є – поворот вікна для миття скла і нахил вікна для провітрювання [35]. При цьому весь механізм керується тільки однією ручкою. В глухих вікнах елементи фурнітури не встановлюються.

У залежності від призначення і комплектації фурнітура може виконувати і деякі додаткові функції, такі як різні режими мікропровітрювання приміщень, захист від злому і небажаного відкривання вікна дітьми [30].

Типів фурнітури існує стільки ж, скільки і способів відкриття вікон. Незмінно великий попит мають вікна з поворотно-відкидними механізмами.

Перша промислова система поворотно-відкидної фурнітури була запропонована в 1935 році Вільгельмом Франком, засновником фірми Roto Frank AG (Німеччина), яка і сьогодні є однією з найвідоміших фірм з виробництва фурнітури. Окрім можливості відкриття в двох площинах, сучасні поворотно-відкидні механізми також забезпечують управління за допомогою однієї ручки та замикання стулки в багатьох точках по периметру. Таким чином, сучасні поворотно-відкидні вікна зручні в користуванні, мають кращі протизламні характеристики, створюють щільний і рівномірний притиск стулки, що, у свою чергу, забезпечує ефективну звуко- і теплоізоляцію [40].

Конструктивно всі елементи стулки поворотно-відкидного механізму розміщуються в пазі фурнітури і не помітні при закритому вікні. Зовні розташовуються лише ручка і петлі. Верхня і нижня петлі поворотно-відкидного механізму показані на рис. 1.1. на прикладі фурнітури фірми Roto.

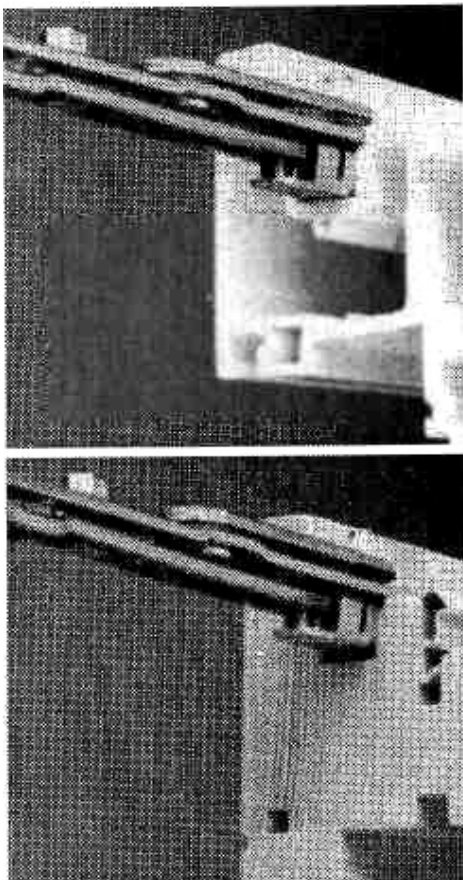


Рисунок 1.1 – Розташування фурнітури у фурнітурному пазі

Поворотно-відкидна фурнітура може встановлюватися на стулки вагою до 130 кг, при цьому максимальна ширина стулки, при якій виробники гарантують нормальне функціонування механізму, складає 1,6 м, а висота – 2,4 м [30, 35]. Важливою перевагою сучасної фурнітури є можливість її регулювання безпосередньо на вікні. Регулювання в межах 3-5 мм положення стулки за висотою і шириною, а також регулювання притиску стулки дозволяють компенсувати не тільки огріхи монтажу при установці механізму, але і можливі деформації віконного отвору або стулки в процесі експлуатації вікна. Поширена стандартна фурнітура для пластикових вікон виготовляється із сплавів заліза.

Під впливом різних дій в процесі експлуатації деталі фурнітури можуть піддаватися корозії, що значно скоротить термін служби вікна. Тому боротьбі з корозією приділяється особлива увага. Як правило, в процесі виготовлення на сталеві деталі наноситься цинкове покриття, а потім ці деталі хромуються. Таке покриття стійке до дії вологи, солі і побутових хімікатів [35].

У більшості практичних випадків стандартна фурнітура забезпечує досить надійний захист від зламу. Проте, розробляється і спеціальна протизламна фурнітура, яка дозволяє надійніше утримувати стулку в рамі. Така фурнітура забезпечує особливу жорсткість конструкції, в ній застосовуються спеціальні матеріали робочих частин елементів, у тому числі твердосплавні і титанові елементи [41].

1.2 Матеріали, що використовуються у виробництві віконної фурнітури, їх екологічні властивості

Віконна фурнітура є важливим конструктивним елементом сучасних ПВХ-вікон, що забезпечує їх надійне функціонування, зручність експлуатації, безпеку та герметичність. До складу фурнітури входять численні деталі, виготовлені з різноманітних матеріалів, серед яких домінують металеві сплави та полімери. Матеріали, які застосовуються у виробництві фурнітури, мають не лише відповідати експлуатаційним вимогам (міцність, корозійна стійкість, довговічність), а й бути екологічно безпечними як на етапі виробництва, так і під час експлуатації та утилізації. Основними матеріалами для виготовлення віконної фурнітури є металеві сплави, зокрема сталь, латунь, алюмінієві сплави [10].

Основною сировиною для виготовлення елементів фурнітури, таких як петлі, замки, кронштейни, є сталь. Для підвищення стійкості до корозії сталь піддається гальванічному цинкуванню, хромуванню або нікелюванню [22].

Латунь використовується переважно для виготовлення декоративних та оздоблювальних елементів завдяки високим антикорозійним властивостям та

добрій оброблюваності [34].

Алюмінієві сплави застосовуються для деяких легких і декоративних компонентів, оскільки вони мають невелику масу, стійкі до корозії, проте поступаються сталі за міцністю [36].

Виробництво сталевих та алюмінієвих елементів супроводжується значним споживанням енергії та викидами в атмосферу, що впливають на її якість. Гальванічне цинкування забезпечує утворення стічних вод. Однак металеві деталі можуть бути повністю перероблені після закінчення терміну експлуатації, що знижує сумарне екологічне навантаження.

Цинк використовується для створення захисного шару на сталевих деталях методом гальванічного або термічного цинкування. Це суттєво подовжує строк служби фурнітури в умовах підвищеної вологості. Виробництво та нанесення цинкового покриття пов'язане з утворенням відходів гальванічного виробництва [1].

Деякі допоміжні елементи фурнітури (прокладки, заглушки, ковпачки, ручки) виготовляються з термостійких полімерів: поліаміду, поліпропілену, ABS-пластику, поліетилену [35]. Полімерні деталі мають високу стійкість до атмосферних впливів, ультрафіолетового випромінювання та вологи [10]. Їх виробництво супроводжується викидами органічних летких речовин та нагромадженням твердих відходів [36].

Для декоративного оздоблення фурнітури іноді використовують порошкові фарби або лакофарбові матеріали на основі поліуретанів чи епоксидів. Під час фарбування відбуваються викиди летких органічних сполук, що впливають на якість повітря [37].

Отже, матеріали, що використовуються у виробництві віконної фурнітури, мають різні екологічні характеристики. Металеві сплави, незважаючи на енергоємність їх виробництва, є придатними для вторинного використання. Гальванічне цинкування потребує уваги та контролю за стічними водами та відходами. Полімерні компоненти мають високі експлуатаційні якості, але створюють екологічні ризики на етапі утилізації.

1.3 Основні види та джерела екологічного навантаження в процесі виготовлення фурнітури

Процес виготовлення віконної фурнітури є багатоступеневим і включає різноманітні типи обробок вихідних матеріалів, а також складання та пакування готових виробів. На всіх етапах виробництва відбувається певний вплив на навколишнє природне середовище.

Одним із основних видів негативного впливу під час виготовлення фурнітури є забруднення атмосферного повітря. На підприємствах цього профілю повітряне середовище забруднюється на етапах механічної обробки металів, гальванічного покриття, фарбування, сушіння та термічної обробки деталей [1]. Зокрема, під час шліфування, свердління, різання й інших механічних операцій у повітря надходять аерозолі металевого пилу та частинки мастильних і охолоджувальних рідин. У процесі гальванічної обробки в атмосферу виділяються водень, аміак, хлориди, пари кислот, лугів та леткі органічні сполуки. Фарбувальні ділянки є джерелом викидів органічних розчинників, таких як бензол, ксилол, толуол, ацетон і спирти, що потрапляють у повітря під час нанесення та висихання фарб. Додатковим джерелом забруднення є термічна обробка металевих деталей, що супроводжується виділенням оксидів азоту, вуглецю, парів мастил і продуктів термічного розкладу речовин [21]. За відсутності сучасних систем локального видалення забруднень ці речовини здатні накопичуватися у виробничих приміщеннях, погіршуючи умови праці, а також викидатися за межі промислового майданчика, впливаючи на навколишнє середовище.

Вагомим джерелом екологічного навантаження є забруднення водного середовища. На виробництві фурнітури утворюються стічні води, що містять значні концентрації шкідливих речовин. Найбільшу небезпеку становлять стоки з гальванічних цехів, де застосовуються розчини кислот, лугів та солей важких металів, зокрема цинку, нікелю, хрому, міді та свинцю. Під час промивання деталей після нанесення гальванічних покриттів у воду

потрапляють залишки реагентів і розчинені іони металів. Додатковим джерелом забруднення є стічні води від мийних і знежирювальних ванн, у складі яких наявні лужні розчини, органічні розчинники та поверхнево-активні речовини. На фарбувальних ділянках можуть утворюватися стічні води, забруднені залишками лакофарбових матеріалів, пігментів та розчинників, які є токсичними для водного середовища. Тому відсутність або недостатня ефективність локальних очисних споруд призводить до ризику надходження забруднюючих речовин до систем загальної каналізації чи відкритих водойм, що спричиняє загрозу для екосистем [21].

Ще одним напрямом негативного впливу є утворення твердих та рідких відходів. У процесі виробництва формуються великі об'єми стружки, обрізків металів, пластикових деталей, бракованої продукції, а також залишків фарб, розчинників, мастил, осадів після очищення стічних вод та інших технологічних відходів. Найбільш небезпечними є гальванічні шлами, які містять солі та оксиди важких металів, та підлягають обов'язковій утилізації на спеціалізованих підприємствах [37]. Окрім промислових відходів, накопичуються упаковочні матеріали, використані фільтри, промаслені ганчірки, люмінесцентні лампи, які належать до категорії небезпечних. Їхня неправильна утилізація становить потенційну загрозу для ґрунтів та водного середовища через можливість вилугування токсичних сполук.

Суттєвим фактором навантаження на довкілля є також шумове забруднення, що виникає під час виконання технологічних операцій механічної обробки, штампування, свердління, шліфування, термічної обробки та фарбування [1]. Рівень виробничого шуму в подібних цехах може досягати 85-100 дБА, що перевищує допустимі санітарно-гігієнічні норми [11].

Окрім цього, виготовлення фурнітури супроводжується інтенсивним споживанням енергоносіїв та води. Великий обсяг електроенергії використовується для роботи металообробного, гальванічного, термічного та

фарбувального обладнання. Для охолодження, мийки, промивання деталей і підготовки розчинів необхідні значні об'єми води, що збільшує водоспоживання підприємств. Використання газу та пари для термічної обробки, сушіння та нагрівання технологічних розчинів додатково створює теплове та парникове навантаження на довкілля [6, 19].

Таким чином, виробництво віконної фурнітури є джерелом багатофакторного екологічного навантаження, яке охоплює забруднення повітря, водного середовища, утворення відходів, шумове та теплове забруднення, а також суттєве споживання природних ресурсів.

1.4 Перспективні природоохоронні технології та заходи в галузі

Сучасне виробництво віконної фурнітури стикається з необхідністю мінімізації негативного впливу на довкілля. Вимоги екологічного законодавства стають дедалі суворішими, а постійне зростання вартості енергоресурсів, а також підвищення вимог до якості життя населення стимулюють підприємства впроваджувати сучасні природоохоронні технології та організаційно-технічні заходи.

Одним із пріоритетних напрямів є впровадження безвідходних і маловідходних технологічних процесів [21]. Зокрема, на стадії нанесення декоративно-захисних покриттів необхідно застосовувати порошкові фарби, які не містять летких органічних сполук та забезпечують високу якість покриттів без утворення значних обсягів шкідливих викидів. Використання замкнутих циклів нанесення порошкових фарб із рекуперацією надлишків дозволяє знизити витрати сировини і зменшити обсяг твердих відходів. Технології вакуумного та безелектролітного нанесення металевих покриттів значно знижують потребу у використанні агресивних хімічних реагентів і скорочують утворення стічних вод із високим вмістом важких металів [22].

На гальванічних ділянках перспективним є впровадження систем оборотного водопостачання та багатоступеневих локальних очисних споруд.

Застосування мембранних, іонообмінних та адсорбційних установок дозволяє не лише очищувати стічні води до нормативних показників, а й повертати цінні компоненти технологічних розчинів у виробництво. Наприклад, іонітні установки забезпечують вилучення іонів цинку, нікелю чи хрому зі стоків та їх повторне використання [21].

Особливої уваги заслуговує модернізація вентиляційних систем і встановлення високоефективних газоочисних установок. Для уловлювання пилу, аерозолів та парів органічних речовин застосовуються багатоступеневі фільтраційні системи, абсорбційні та адсорбційні установки, електрофільтри. На лакофарбових ділянках перспективним є використання установок термічного окислення летких органічних сполук, які забезпечують глибоке очищення вентиляційних викидів із мінімальним утворенням вторинних забруднень [28].

Серед сучасних напрямів зменшення екологічного навантаження варто відзначити заміну традиційних мастильно-охолоджувальних рідин на водорозчинні, біологічно розкладні або безмасляні склади, що значно знижують токсичність стічних вод і полегшують їх очистку [21]. Також перспективним є застосування сухої обробки деталей, що виключає використання мастил і зменшує утворення відходів та викидів у повітря [36].

Значну екологічну ефективність забезпечує впровадження енергоощадних технологій і обладнання. Використання частотних перетворювачів для електродвигунів, рекупераційних систем для повторного використання теплової енергії, світлодіодного освітлення та систем автоматичного контролю енергоспоживання дозволяє суттєво знизити витрати електроенергії та обсяги теплових викидів [22]. Разом з тим організаційні заходи (оптимізація технологічних режимів, правильне планування графіків роботи обладнання тощо) сприяють скороченню загального обсягу використання енергоресурсів.

У сфері поводження з відходами перспективним є впровадження систем роздільного збору та вторинної переробки матеріалів. Металева

стружка, обрізки деталей, відпрацьовані гальванічні осадки, упаковочні матеріали підлягають сортуванню та передачі на спеціалізовані переробні підприємства. Завдяки цьому зменшується обсяг промислових відходів, що потребують захоронення, і знижується навантаження на полігони [1].

Позитивний екологічний ефект дає також впровадження систем екологічного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001, що передбачає постійний моніторинг показників впливу на довкілля, визначення цілей з охорони навколишнього природного середовища, регулярне навчання персоналу та запровадження заходів з попередження забруднення [14].

Таким чином, екологізація виробництва віконної фурнітури є важливим і перспективним напрямом розвитку галузі. Поєднання впровадження природоохоронних технологій, енергоощадних рішень, сучасних систем очистки викидів та стоків, належного поводження з відходами та організаційно-управлінських заходів забезпечує суттєве зниження негативного впливу на довкілля, підвищення екологічної безпеки виробництва та економічну ефективність підприємств.

2 УМОВИ, ОБ'ЄКТ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Природно-кліматичні умови розташування об'єкту дослідження

Місто Пустомити розташоване в південно-західній частині Львівської області, неподалік від обласного центру – Львова (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Карта-схема міста Пустомити та його околиць [31]

Географічне положення міста, Галицько-Волинська височина, на межі Опільської височини та Передкарпаття, зумовлює характерні особливості його клімату, рельєфу й водно-грунтового середовища. Такий ландшафт є типовим для західноукраїнських територій – з м'якими перепадами висот, рівнинними або слабо хвилястими ділянками та окремими пониженнями у заплавах малих річок [8].

Клімат Пустомит характеризується як помірно континентальний, з відносно м'якою зимою та помірно теплим літом. Сезонні коливання температур не є різкими: середні температури січня зазвичай тримаються в межах $-3...-5^{\circ}\text{C}$, а липневі показники досягають $+18...+20^{\circ}\text{C}$. Завдяки циркуляції повітряних мас з Атлантичного океану, в регіоні достатньо опадів – у середньому від 700 до 800 мм на рік. Переважна частина дощів випадає в

теплый період – з травня по вересень. Зими зазвичай не надто сніжні, а сніговий покрив має нестійкий характер [7].

Вітри в цій місцевості здебільшого західного та північно-західного напрямку. Їх швидкість рідко перевищує 5 м/с, що сприяє комфортним умовам як для життя, так і для виробництва. Атмосферна вологість, як правило, тримається на рівні 75-80 % [23].

Метерологічні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі подані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика метеорологічних умов впливу на якість повітря у місті Пустомити

Назва характеристики	Величина
Коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, °С	22
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця, °С	-9
Середньорічна роза вітрів	
Північ	6
Північний схід	7
Схід	9
Південний схід	17
Південь	11
Південний захід	13
Захід	22
Північний захід	15
Швидкість вітру, повторюваність перевищення якої складає 5 %, м/с	6,4

Важливим природним ресурсом у межах Пустомит є водні об'єкти. Через місто або поблизу проходять невеликі водотоки – струмки, канали, а також є наявні водойми штучного походження, які відіграють роль у рибництві, побутовому водопостачанні або виконують декоративно-ландшафтні функції. Головною водною артерією поблизу є річка Щирка – одна з приток Дністра, що відіграє роль у формуванні місцевого водного режиму. Переважає дощове живлення річок [31].

Грунтово-геологічна основа міста представлена переважно дерново-підзолистими та сірими лісовими ґрунтами. Ці ґрунти мають середній рівень родючості, добре звожуються, підходять як для ведення сільського господарства, так і для забудови та промислових об'єктів. У пониженнях рельєфу трапляються також лучні та торфові ґрунти, які формуються у вологих умовах [2].

Рельєф міста переважно рівнинний, з незначними коливаннями висоти. Місто розташоване на висоті близько 300 метрів над рівнем моря [23]. Відсутність значних перепадів у висотах та сприятлива геологічна структура дозволяють стабільно розміщувати виробничі об'єкти. Також відсутні зони активної геодинаміки, зсувів або підтоплень, що робить територію безпечною з точки зору інженерно-геологічної оцінки.

Екологічна ситуація в межах міста та його околиць загалом оцінюється як сприятлива. Відсутність важкої хімічної або енергетичної промисловості дозволяє зберігати якість атмосферного повітря на допустимому рівні [15]. Разом із тим, наявність промислових підприємств, зокрема у сфері металообробки та виготовлення фурнітури, вимагає належного екологічного контролю й впровадження технологій, орієнтованих на мінімізацію техногенного навантаження на довкілля.

Таким чином, природно-кліматичні умови міста Пустомити створюють сприятливе середовище як для проживання населення, так і для розвитку промислових об'єктів. Це відкриває перспективи для поєднання індустріального зростання з дотриманням принципів екологічної відповідальності.

2.2 Характеристика об'єкту дослідження

Господарське товариство з обмеженою відповідальністю – фірма «ДФФ» створена в жовтні 1993 році, а її основним видом діяльності є виготовлення комплектуючих до металопластикових конструкцій (вікна, двері) – фурнітури. Компанія здійснює оптові постачання як на внутрішній ринок України, так і за кордон.

Головний офіс фірми розташований у Львові (вул. Хоткевича, 66), а виробничі потужності – у Львівському районі.

Підприємство спеціалізується на виробництві з'єднувачів імпоста та інших комплектуючих (петлі, засувки, ключові елементи для різних систем) – від їх проєктування до виготовлення. З'єднувачі імпоста виготовляються для профільних систем Veka, Pimapen, KBE, Deceuninck, Salamander, Schüco та інших брендів. Фурнітура виготовляється із сталі із подвійним/тришаровим захистом – антикорозійним покриттям (цинк, хром, лак) для стійкості до атмосферних впливів відповідно до стандартів DIN 50021.

Досліджуваний об'єкт – механічний цех, де здійснюються технологічні процеси виготовлення продукції підприємства, розташований у північно-західній частині міста Пустомити Львівської області, на вул. Глинській, 16. Виробнича будівля одноповерхова, прямокутної форми з розмірами у плані 33x18 м (рис. 2.2).

На підприємстві розроблена схема розміщення об'єктів та закріплені відповідні території за цехами для утримання їх в належному стані. Механічний цех підприємства займає ділянку площею 523,3 м².

Територія, що прилягає до споруди, огорожена, облаштована благоустроєм з пішохідними доріжками, зеленими газонами і засаджена деревами і кущами.



Рисунок 2.2 – Карта-схема розташування фірми «ДФ» у межах міста Пустомити

Основні технологічні та допоміжні процеси на досліджуваному підприємстві передбачають використання ресурсів [20]:

- використання води питної – $28,68 \text{ м}^3/\text{добу}$ (на технологічні потреби вода не використовується);
- встановлена потужність технологічного обладнання – $178,1 \text{ кВт}$;
- цинковий сплав ЦАМ 4-1 (ГОСТ 19424-97) – $134,4 \text{ кг/год}$.

Компанія має налагоджений виробничий цикл, забезпечує високий рівень сервісу, володіє технічними можливостями для виготовлення складних елементів за індивідуальним замовленням, а також здійснює експорт продукції. Ці характеристики роблять фірму «ДФ» надійним об'єктом для дослідження екологічної оцінки виробничого процесу.

2.3 Методика дослідження

У процесі виконання кваліфікаційної роботи використано комплекс науково обґрунтованих методів, що дозволили не лише зібрати та систематизувати теоретичну і практичну інформацію, а й проаналізувати її, адаптувати до конкретних умов функціонування підприємства з виробництва фурнітури для ПВХ-вікон – ГТЗОВ Фірма «ДІФ», яке розташоване на території міста Пустомити Львівської області.

Метод аналізу літературних джерел дав змогу сформувати наукову базу, охопити основні напрями розвитку сфери виготовлення ПВХ-виробів, а також зрозуміти тенденції у впровадженні екологічно безпечних технологій. Системний аналіз дозволив розглянути технологічні процеси на підприємстві в їхньому взаємозв'язку з природними, соціальними та техногенними чинниками. Це допомогло окреслити, на яких саме етапах виробництва виникають потенційні ризики забруднення довкілля, і які саме компоненти природного середовища зазнають впливу першочергово.

Із метою характеристики території розміщення підприємства було застосовано метод геоecологічного аналізу, що охоплював вивчення природно-кліматичних умов, рельєфу місцевості, напрямів вітрів, рівня вологості, температурних коливань, які впливають на інтенсивність розсіювання забруднюючих речовин. Це стало основою для подальшого моделювання впливу викидів на атмосферне повітря.

Визначення параметрів навколишнього середовища та стану екологічної безпеки відбувалося за допомогою методів екологічного нормування, що ґрунтуються на порівнянні фактичних показників рівня викидів, скидів та утворення відходів з гранично допустимими нормативами. Оцінка відповідності допомогла встановити, чи дотримується підприємство чинних природоохоронних вимог.

Картографічний метод використано для просторової візуалізації місця розташування промислового об'єкта відносно інших функціональних зон

міста (житлова забудова, рекреація, водні ресурси). Це дало можливість оцінити потенційну небезпеку для населення у випадку порушення природоохоронного режиму чи аварійних ситуацій.

Проектно-аналітичний метод дав змогу розробити комплекс конкретних заходів щодо зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище. Ці заходи базуються на результатах попереднього аналізу і передбачають технічне переоснащення, раціоналізацію використання ресурсів, впровадження систем екологічного моніторингу.

У роботі також застосовано елементи статистичного аналізу, що дозволили узагальнити числові дані щодо природно-кліматичних умов, технічних характеристик викидів, динаміки нагромадження відходів, а також простежити можливі тенденції розвитку ситуації у разі впровадження або невпровадження запропонованих заходів.

Таким чином, використання вказаного комплексу методів дослідження забезпечило всебічне розкриття теми роботи, дозволило поєднати теоретичні засади з прикладним аналізом конкретного виробництва та створити практично орієнтовані рішення, спрямовані на покращення екологічної ситуації на локальному рівні.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз технологічного процесу виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон

3.1.1 Характеристика обладнання та продукції

На досліджуваному об'єкті передбачено виготовлення деталей фурнітури (з'єднувачі імпоста, петлі, засувки, ключові елементи для різних систем тощо) для металопластикових вікон обсягом 500 тис. шт. готових виробів на рік. Їх характеристика, комплектація, обсяг виробництва та загальний вигляд окремих елементів представлені у табл. 3.1 та на рис. 3.1.

Таблиця 3.1 – Елементи комплектуючих для ПВХ-вікон

Назва виробу	Профільна система	Позначення артикул	Матеріал	Випуск продукції, тис. штук на добу	Випуск продукції, тис. штук на рік
1	2	3	4	5	6
З'єднувач імпосту	VEKA	106.016	ЦАМ 4-1	0,56	141
З'єднувач імпосту	PLASTMO	P652.5.036N	ЦАМ 4-1	0,2	50
З'єднувач імпосту	PROPLEX	PVR082	ЦАМ 4-1	0,2	50
З'єднувач імпосту	KBE	VH132	ЦАМ 4-1	0,15	37,5
З'єднувач імпосту	KBE	V132	ЦАМ 4-1	0,10	25
З'єднувач імпосту	KBE	V337	ЦАМ 4-1	0,18	45
З'єднувач імпосту	KBE	V132A	ЦАМ 4-1	0,08	20
З'єднувач імпосту	DIMEX	D240.100MR	ЦАМ 4-1	0,01	2,5
З'єднувач імпосту	DIMEX	D240.100NR	ЦАМ 4-1	0,15	37,5
Планка відповідна	-	34940	ЦАМ 4-1	0,006	1,5

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
Петля	-	M490A61	ЦАМ 4-1	0,16	40
Упор	-	M490A62	ЦАМ 4-1	0,1	25
Зачіп	-	105N	ЦАМ 4-1	0,1	25
Всього				1,996	500

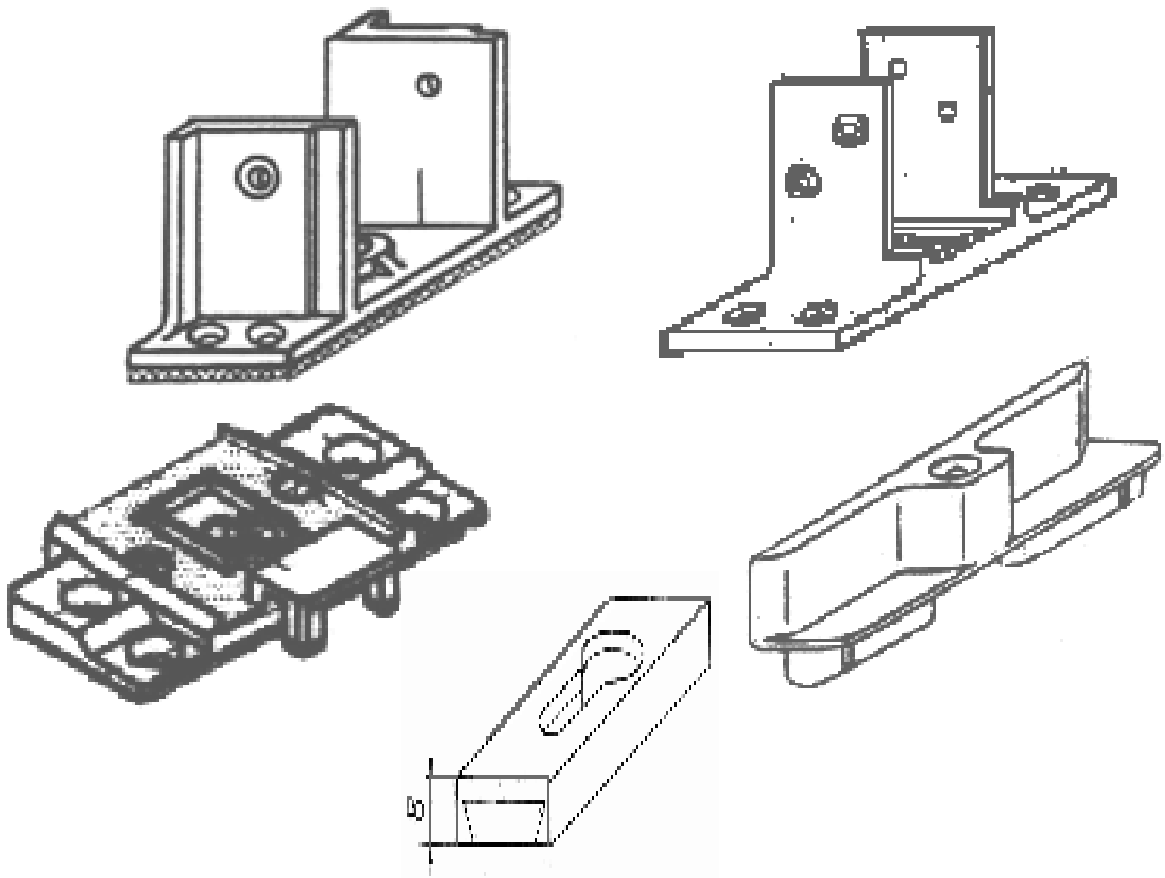


Рисунок 3.1 – Фурнітура, що виготовляється на фірмі «ДІФ»
(з'єднувачі імпосту, накладка, зачіп)

На об'єкті облаштовані та функціонують такі виробничі підрозділи, дільниці, служби, на яких проходять всі технологічні процеси виготовлення фурнітури, а отже, вимагають уваги як джерела забруднення компонентів довкілля [26]:

- дільниця прес-автоматів;
- дільниця шліфування;
- дільниця заточувальних верстатів;
- дільниця зварювання;
- галтовочна дільниця;
- склад сировини;
- інструментальний склад;
- склад готової продукції;
- виробничі приміщення механічної обробки деталей та виготовлення прес-форм;
- відділ технічного контролю;
- лабораторія.

Для забезпечення заданої виробничої програми організована дільниця прес-автоматів площею 54,4 м². Встановлено чотири прес-автомати (ливарний прес-автомат) для виготовлення деталей методом литва під тиском японського виробника «KIMURA machinery Co.ltd» з цинкового сплаву ЦАМ 4-1 (ДСТУ 3586-97). Детальна характеристика хімічного складу сплаву подано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сплаву ЦАМ 4-1

Компонент	Масова частка, %
алюміній	3,5-4,3
мідь	0,7-1,2
магній	0,03-0,06
свинець	0,01
залізо	0,05
олово	0,002
кадмій	0,005
кремній	0,015

Для подальшої обробки відлитих деталей, а також для виготовлення прес-форм передбачена дільниця механічної обробки площею 243,6 м², з парком верстатів [32].

У технологічному процесі задіяні наступні пристрої: плоскошліфувальний верстат, заточувальний верстат, універсальний заточувальний верстат, випрямляч зварювальний, галтовочний барабан, малогабаритний прес, прес, круглошліфувальний верстат, координатно-розточувальний верстат, ножиці гільйотинні, малогабаритний токарний верстат, горизонтальна різьбонарізна бабка, вертикально-свердлильний верстат, свердлильний верстат, токарний верстат, універсально-фрезерний верстат, фрезерний верстат, інструментально-фрезерний верстат, верстат стрічко-відрізний, алмазно-заточувальний верстат, стіл зварювальника, компресор гвинтовий.

Режим роботи цеху однозмінний – 8-ми годинний робочий день при тривалості робочого тижня 40 годин, 253 робочих днів на рік. Ефективний фонд робочого часу складає 1800 годин.

3.1.2 Короткий опис технологічного процесу

Виготовлення деталей фурнітури для ПВХ-вікон полягає у литті та подальшій механічній їх обробці.

Суть процесу лиття під тиском полягає в отриманні відливаних шляхом заливки розплавленого сплаву ЦАМ 4-1 в металеву форму (прес-форму) під примусовим зовнішнім тиском 32 МПа. Кінцевий тиск на розплав складає приблизно 200 МПа. Тиск знімається після повного затвердіння відливання в прес-формі.

Прес-автомат 028/RT–301 («KIMURA machinery Co. Ltd») завантажується «чушками» цинкового сплаву ЦАМ 4-1 в кількості 150 кг. Далі відбувається процес плавлення при температурі 420 °С. Процес виготовлення деталей металопластикових вікон здійснюється в автоматичному режимі. Продуктивність прес-автомата досягає 14 циклів на

хвилину. При середній вазі виробу близько 80 г, а також враховуючи, що в одній формі одночасно виготовляється два вироби, годинна потреба в сировині буде складати :

$$Q_{\text{год.}} = 80 \times 2 \times 14 \times 60 / 1000 = 134,4 \text{ кг/год.}$$

Відповідно, при однозмінній роботі цеху добова потреба складає 1075,2 кг/добу. При заданій річній програмі, яка становить 500 тис. шт., потреба в сировині становить 40 тон/рік.

Після охолодження до температури 30-40 °С деталі подаються на галтовочну дільницю, де вони завантажуються в барабан для очистки. Обертання барабана під потоком дробу забезпечує ретельне очищення виробів навіть у важкодоступних місцях за один цикл роботи. Для спрощення розвантаження, напрямок обертання барабана змінюється на протилежний і подає вироби у вантажний бункер.

Після очистки деталі ПВХ-вікон направляються на дільницю механічної обробки, де на свердлильних верстатах та за допомогою горизонтальної різьбонарізної бабки виконуються операції по підготовці деталей для різьбових з'єднань.

На дільниці механічної обробки передбачено виготовлення прес-форм та прес-штампів в кількості 10 шт. і 5 шт. на рік відповідно. Прес-форми виготовляються з термостійкої сталі 3Х2Ф8.

На цій же дільниці проводять виготовлення деталей для ремонту і обслуговування верстатного парку цеха. Кількість деталей складає 240 деталей на рік.

Механічна обробка деталей для виготовлення прес-форм та прес-штампів здійснюється на верстатах.

У процесі механічної обробки використовується змащувально-охолоджуюча рідина Укрінол-1.

Зварювання деталей забезпечується зварювальним випрямлячем ВДУЗ, потужністю 40 кВт.

3.2 Потенційні фактори, що формують екологічне навантаження підприємства

Для належної оцінки рівня впливу підприємства на навколишнє середовище необхідно чітко ідентифікувати джерела екологічного навантаження, а також дати їм стислу характеристику. Це дозволяє в подальшому визначити пріоритетні напрямки мінімізації негативного впливу та обґрунтувати потребу у впровадженні відповідних природоохоронних заходів.

У межах функціонування будь-якого промислового об'єкта, зокрема й підприємства з виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон, формуються комплекси джерел впливу, які охоплюють: атмосферне повітря, водне середовище, ґрунти, фізичне середовище, включаючи акустичне та вібраційне навантаження, кліматичні умови та мікроклімат території.

Для досліджуваного підприємства найбільш помітним є вплив на атмосферне повітря, що формується в результаті технологічних процесів обробки металевих компонентів. Викиди мають переважно дифузний характер і відбуваються як безпосередньо у виробничих приміщеннях, так і через вентиляційні установки.

Також слід зазначити, що хоча підприємство не здійснює безпосереднього скидання виробничих вод у відкриті водойми, побутові стоки утилізуються через систему міської каналізації, що потребує періодичного контролю за дотриманням допустимих концентрацій забруднюючих речовин у складі стічних вод.

Основними джерелами утворення шкідливих речовин є технологічне обладнання механічного цеху.

Клімат і мікроклімат. За результатами проведених досліджень, механічний цех з виготовлення фурнітури до металопластикових вікон не призводить до масштабних впливів на клімат і мікроклімат.

Шум і вібрація. Обладнання для виготовлення фурнітури відповідає

ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99 [11, 12]. Рівень шуму при роботі ливарного прес-автомата, також верстатів механічної обробки не перевищує 80 дБА_{екв.}

Водне середовище. Джерелом водопостачання механічного цеху є зовнішня мережа водопостачання, що забезпечує потребу загальних витрат води у 28,68 м³/добу. Розрахункові витрати води на внутрішнє пожежогасіння прийнято із нормативів 10 л/с. Внутрішня система пожежогасіння забезпечується існуючими протипожежними гідрантами, які укомплектовано пожежними рукавами. Для гарячого водопостачання використовується електробойлер на 500 л. Водовідведення фекальної каналізації передбачено у існуючу зовнішню мережу каналізації. Відведення дощової води передбачено на проїзди і тротуари у дощоприймальні трапи загальноміської мережі каналізації, які потім направляються на локальні очисні споруди міста [26].

Ґрунти. У геоморфологічному відношенні досліджувана ділянка розміщена в межах Львівського Плато. В основі споруди залягає товща ґрунтів, основними з яких є супісок.

Територія, що прилягає до будівлі огорожена, облаштована благоустроєм з пішохідними доріжками та під'їзною дорогою, озеленена і засаджена деревами та кущами з наявними існуючими інженерно-технічними мережами, до яких підключена будівля цеху з виготовлення фурнітури. Виробництво розміщується в існуючій будівлі. З метою запобігання забруднення ґрунтів передбачено ряд заходів:

- всі проїзди мають тверде водонепроникне покриття;
- вертикальне планування ділянки виконане за умови – забезпечити систему водовідведення з врахуванням зонування території об'єкту.

Рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти. Будівля металообробного цеху існуюча, будь-які будівельні роботи не проводяться, територія спланована, озеленена, впливу на рослинний і тваринний світ не передбачається.

3.3 Утворення та процеси поводження з відходами на досліджуваному об'єкті

У табл. 3.3 наведені відомості, що характеризують інтенсивність утворення відходів на фірмі «ДФ» та передбачені заходи з їх подальшого використання.

Таблиця 3.3 – Екологічна оцінка відходів виробництва і стратегія їх управління на фірмі «ДФ»

Назва відходів	Кількість, т	Клас небезпеки	Дані щодо поводження з відходами, які вивозяться за межі підприємства
Лампи люмінесцентні та відходи, які містять ртуть	залежно від темпів накопичення	I	Передаються на демеркуризацію
Водозмішувальні мастильно-охолоджуючі рідини	3,78	IV	Відпрацьовані мастильно-охолоджуючі рідини збираються в спеціальні ємності і здаються на переробку до спеціалізованих організацій
В тому числі:			
Вільні мастила	0,095		
Мастила емульговані	0,189		
Нафтові мастила	0,113		
Механічні домішки	0,057		
Вода	3,364		
Відходи комунальні (міські) інші	у міру накопичення	IV	Вивозяться на сміттєзвалище
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,232	-	Підлягає утилізації підприємствами Вторчермет

Фракцію відходів на досліджуваному підприємстві складають лампи люмінесцентні, рідини мастильного характеру, пил металевий та пил абразивний, комунальні відходи.

Небезпечні відходи на досліджуваному підприємстві підлягають накопиченню в спеціальному приміщенні із подальшим вивезенням для знешкодження і утилізації на спеціалізованому технологічному устаткуванні, відповідно до оформлених угод.

Отже, виробництво елементів фурнітури до металопластикових вікон супроводжується процесами утворення і нагромадження відходів, що належать до різних класів небезпеки, і які потребують визначених операцій для їх знешкодження. Важливим є дотримання усіх вимог щодо поводження з відходами.

3.4 Оцінка впливу технологічних процесів на якість атмосферного повітря

3.4.1 Ідентифікація шкідливих речовин у виробничому процесі

Технологічний процес виробництва фурнітури для ПВХ-вікон супроводжується викидами як газоподібних, так і твердих забруднюючих речовин. Вони можуть негативно впливати на мікроклімат робочої зони, здоров'я працівників, а також на стан атмосферного повітря навколишніх територій. Забруднюючі речовини, що утворюються у виробництві фурнітури, потребують систематичного моніторингу, очисних заходів та виконання норм викидів згідно з екологічним законодавством.

На території об'єкту дослідження знаходяться три стаціонарні джерела забруднення атмосфери: ливарна дільниця, дільниця зварювання, цех механічної обробки. Тут утворюються забруднюючі речовини та з різною потужністю викидаються в атмосферне повітря.

У табл. 3.4 наведена детальна інформація щодо переліку забруднюючих речовин та їх базової екологічної характеристики [9].

Таблиця 3.4 – Потенційно небезпечні речовини, що формують антропогенне навантаження внаслідок виробництва фурнітури для ПВХ-вікон

Назва речовини	Клас небезпеки	ГДК, мг/м ³ (ОБРВ)	Потужність викиду	
			г/с	т/рік
Оксид цинку	3	0,5	0,00011	0,00016
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок		0,5	0,013839	0,126
- пил металевий	-	0,1	0,005856	0,07439
- пил абразивний	-	0,04	0,007962	0,05146
Заліза оксид (III)	3	0,04	0,000676	0,0003
Марганцю оксид (VI)	2	0,01	0,00004	0,00004
Емульсол (на основі Укрінолу-1)	-	0,05	$18,68 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$
Всього			0,0287	0,253

В атмосферу викидається 5 нормованих забруднюючих речовин. Найбільше при здійсненні механічної обробки металевих деталей виділяється в атмосферне повітря твердих частинок – пилу металевого, абразивного (майже 0,014 г/с або 126 кг/рік). Усього протягом року на досліджуваному об'єкті утворюється і викидається в атмосферне повітря близько 253 кг забруднюючих речовин.

3.4.2 Розрахунок емісії забруднюючих речовин з врахуванням ефективності пилогазовловлюючого обладнання

Розрахунок емісії виконаний згідно рекомендацій [18, 19].

Дільниця прес-автоматів – джерело викиду №1

На дільниці працюють 4 прес-автомати. Цинкові чушки плавляться до

пластичного стану і витискаються під тиском у форми. Годинна потреба в сировині складає 134,4 кг сплаву Річна потреба – 40 т/рік. Коефіцієнт одночасності – 0,75. Внаслідок даного процесу в атмосферу викидається оксид цинку в кількості:

$$0,000037 \text{ г/с} \cdot 4 \cdot 0,75 = 0,00011 \text{ г/с або } 0,00004 \cdot 4 = 0,00016 \text{ т/рік.}$$

Дільниця шліфування – джерело № 2

На дільниці встановлений плоскошліфувальний верстат 3Г71М. Викиди шкідливих речовин очищаються у фільтрі з коефіцієнтом очистки – 99 %, та повертаються в робочу зону (табл. 3.5). Коефіцієнт вловлювання пилоочисним приладом забруднених речовин – 90 %. Річний викид пораховано з врахуванням коефіцієнту використання 0,2:

Пил металевий – 0,022 г/с (0,032 т/рік);

Пил абразивний – 0,016 г/с (0,023 т/рік).

Таблиця 3.5 – Обсяги емісії в атмосферне повітря речовин у вигляді суспендованих твердих частинок

Назва забруднюючої речовини	В робочу зону 10 % (без очистки)		На очистку		Після очистки	
	г/с	т/рік	г/с	т/рік	г/с	т/рік
Пил металевий	0,0022	0,0032	0,0198	0,0288	0,000198	0,000288
Пил абразивний	0,0016	0,0023	0,0144	0,0207	0,000144	0,000207

Всього в робочу зону викидається:

- пил металевий-0,0024 г/с (0,035 т/рік);
- пил абразивний – 0,001744 г/с (0,025 т/рік).

Заточна дільниця

На дільниці розташовані два заточувальні апарати 3Б632, універсальний заточувальний верстат та алмазно-заточувальний верстат 3В622Д. У процесі роботи вказаних знарядь утворюються забруднюючі речовини: пил металевий і пил абразивний (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Потужність емісії на заточній дільниці речовин у вигляді суспендованих твердих частинок

Назва верстату	Коефіцієнт використання	Назва забруднюючої речовини	Загальна потужність викиду		В робочу зону без очистки (1 %)		На очистку		Після очистки	
			г/с	т/рік	г/с	т/рік	г/с	т/рік	г/с	т/рік
Заточувальний верстат	0,2	Пил металевий	0,024	0,035	0,00024	0,00035	0,02376	0,03465	0,000237	0,0003465
		Пил абразивний	0,016	0,023	0,00016	0,00023	0,0158	0,0227	0,000158	0,000227
Універсальний заточувальний верстат	0,2	Пил металевий	0,024	0,035	0,00024	0,00035	0,02376	0,03465	0,0002237	0,0003465
		Пил абразивний	0,016	0,023	0,00016	0,00023	0,0158	0,0227	0,000158	0,000227
Алмазно-заточний верстат	0,15	Пил металевий	0,021	0,023	0,00021	0,00023	0,0189	0,0207	0,00019	0,00021
		Пил абразивний	0,009	0,0098	0,00009	0,000098	0,00891	0,0097	0,0000891	0,000097
Разом*		Пил металевий	0,024	0,093	0,00024	0,00093	0,02376	0,09	0,000237	0,0009
		Пил абразивний	0,016	0,0558	0,00016	0,000558	0,0158	0,0551	0,000158	0,000551

*Оскільки на дільниці працює один працівник, для розрахунку розсіювання приймалися викиди в г/с від заточувального верстату

У процесі механічної обробки деталей фурнітури на заточній дільниці утворюється металевого пилю 0,024 г/с або 0,093 т/рік, абразивного пилю 0,016 г/с або 0,0558 т/рік.

Вказані речовини є небезпечними для працюючих, тому викиди від заточувальної дільниці відправляються на очистку на інерційно-рукавний пиловловлювач з коефіцієнтом очистки 99 %. Після очистки повітря повертається в робочу зону.

Дільниця зварювання

Для зварювання використовується електрод АНО-5 обсягом 5 кг/день. Стіл зварювальника обладнаний фільтрами, коефіцієнт очистки складає 99 %. Коефіцієнт вловлювання 90 %. У процесі зварювання утворюються наступні шкідливі речовини (табл. 3.7):

заліза оксид (III) – 0,0062 г/с (0,0027 т/рік);

марганцю оксид (VI) – 0,0004 г/с (0,0004 т/рік).

Таблиця 3.7 – Емісія полутантів при зварювальних роботах

Назва забруднюючої речовини	В робочу зону 10 %		На очистку		Після очистки	
	г/с	т/рік	г/с	т/рік	г/с	т/рік
Заліза оксид (III)	0,00062	0,00027	0,00558	0,00243	0,000056	0,000024
Марганцю оксид (VI)	0,00004	0,00004	0,00036	0,00036	0,000004	0,000044

Галтувальне приміщення

Для очищення поверхні деталей використовується галтовочний барабан. У результаті здійснення операції викидається пил абразивний в кількості 0,0039 г/с, (0,00056 т/рік). Дільниця обладнана агрегатом ПА2-12МА. Ступінь очистки 99,6 %. Ступінь вловлювання 99 %.

Виробниче приміщення – джерело викиду №3

У даному приміщенні проводиться обробка виплавлених деталей та підгонка форм. Всі верстати працюють під охолодженням, в якості якого використовується емульсол на основі Укрінолу (1 % концентрація).

У табл. 3.8 наведений перелік та потужність викиду забруднюючих речовин при обробці виплавлених деталей.

Таблиця 3.8 – Емісія поллютантів у виробничому приміщенні

Обладнання	Потужність, кВт	Поллютант	Кількість поллютантів на 1 кВт	Емісія поллютантів	
				г/с	кг/рік
1	2	3	4	5	6
Круглошліфу- вальний верстат	1,8	Емульсол	$4,6 \cdot 10^{-5}$	$8,28 \cdot 10^{-5}$	0,1
		Пил абразивний	-	0,002	0,0248
		Пил металевий	-	0,003	0,0372
Координатно- розточувальний верстат	5,1	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$	0,01
Малогабаритний токарний верстат	0,4	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,08 \cdot 10^{-5}$	0,0015
Горизонтальна різбонарізна бабка	1,7	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,34 \cdot 10^{-5}$	0,0074
Вертикально- свердлильний верстат	0,9	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,18 \cdot 10^{-5}$	0,0033
Свердлильний верстат	0,8	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,36 \cdot 10^{-5}$	0,0087
Токарний верстат	12	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	0,035
Фрезерний верстат	14,5	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	0,053

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6
Універсальний фрезерний верстат	12	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	0,035
Інструментально- фрезерний верстат	2	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	0,0044
Верстат стрічковідрізний	1,6	Емульсол	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,32 \cdot 10^{-5}$	0,007

Як видно з табл. 3.8, основними забруднюючими речовинами, що утворюються у виробничому приміщенні при обробці виплавлених деталей та підгонці форм є пил абразивний, пил металевий та емульсол. Загалом, на цій ділянці за рік утворюється 0,3273 кг забруднюючих речовин.

3.4.3 Динаміка переміщення та розсіювання забруднюючих компонентів атмосфери

Розрахунок розсіювання є важливою складовою екологічної оцінки впливу підприємства та дозволяє забезпечити відповідність його роботи вимогам природоохоронного законодавства. При розрахунку розсіювання до уваги бралась методика [24]. Вона ґрунтується на фізико-математичних моделях, які описують, як шкідливі речовини поширюються в атмосфері після викиду. При цьому враховується швидкість і напрямок вітру, висоту джерела, температуру повітря та інші метеоумови. Завдяки цим розрахункам можна визначити, якою буде концентрація забруднень у різних точках навколо підприємства, та оцінити можливий вплив на довкілля й населення.

Просторово-часові особливості поширення викидів в атмосфері виконано за допомогою програми ЕОЛ-2000[h] версія 4.0. Розмір сторін

розрахункового прямокутника 2000 x 2000 м з кроком розрахункової сітки 25 x 25 м. Проведено розрахунок в 16 контрольних точках на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) у точках 102-109 і житлової забудови в точках 110-117. При розрахунку враховувалась фонові концентрація. Доцільність здійснення розрахунку забруднення атмосфери проводили за формулою [24]:

$$\frac{M}{ГДК} \succ \Phi \quad \Phi = 0,01N \text{ при } N > 10 \text{ м}; \quad \Phi = 0,1 \text{ при } N < 10 \text{ м},$$

де М – сумарне значення викиду від усіх джерел підприємства, г/с

ГДК – максимальна граничнодопустима концентрація, мг/м³

N – середньозважена по підприємству висота джерел викидів, м.

Таблиця 3.9 – Результати розрахунку необхідності визначення розсіювання поллютантів в атмосферному повітрі

Назва речовини	ГДК	Φ	М / ГДК	Так чи ні
Оксид цинку	0,5	0,1	0,00011/0,5=0,00022	ні
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,5	0,1	0,013839/0,5=0,027	ні
пил металевий	0,1	0,1	0,005856/0,1=0,05856	ні
пил абразивний	0,04	0,1	0,007962/0,04=0,2	так
Заліза оксид (III)	0,4	0,1	0,000676/0,4=0,00169	ні
Марганцю оксид (VI)	0,1	0,1	0,000044/0,1=0,00044	ні
Емульсол (на основі Укрінолу-1)	0,05	0,1	0,000187/0,05=0,0037	ні

Отже, доцільним виявилось проведення розрахунку розсіювання групи речовин у вигляді суспендованих твердих частинок. При цьому до уваги брались значення вихідних величин, коефіцієнти та метеопказники (табл. 2.1).

Розраховані значення максимальних приземних концентрацій основних поллютантів, що викидаються в атмосферу у процесі виробничої діяльності,

подані у таблиці 3.10. Вони виражені у частках ГДК і дають змогу оцінити рівень забруднення повітряного середовища на прилеглій території. Такий підхід дозволяє порівняти фактичне навантаження на атмосферне повітря з нормативно допустимими показниками та зробити висновки щодо потенційного екологічного ризику для здоров'я населення і стану довкілля.

Таблиця 3.10 – Кількісна оцінка забруднення повітря приземного шару шкідливими речовинами

Назва речовини	ГДК _{мр} (ОБРВ), мг/м ³	Фон, мг/м ³	Значення максимальної приземної концентрації			
			загальна з фоном		на межі нормативної СЗЗ і житлової забудови з фоном	
					мг/м ³	частки ГДК
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, у т.ч.:	0,5	0,2	0,24	0,48	0,225	0,45
пил металевий	0,1	0,04	0,056	0,56	0,05	0,5
пил абразивний	0,04	0,016	0,0388	0,97	0,03	0,75

Концентрація всіх забруднюючих речовин разом з фоном не перевищують ГДК населених міст. Максимальні концентрації забруднюючих речовин спостерігаються на території механічного цеху.

Концентрація всіх інших шкідливих речовин менша 0,05 ГДК (або 0,45 з врахуванням фону). Групи сумачії відсутні.

3.4.4 Санітарно-захисна зона об'єкта

Згідно чинних нормативних документів [13] нормативна санітарно-захисна зона для даного підприємства складає 50 м.

Аналіз результатів розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі показав, що для всіх речовин, які утворюються в процесі діяльності підприємства, приземні концентрації з врахуванням фонового забруднення не перевищують ГДК для населених пунктів. Таким чином, розрахункова СЗЗ рівна нормативній.

Необхідно вказати, що розмір СЗЗ витриманий, житлові об'єкти в її межі не потрапляють.

3.4.5 Нормативне регулювання та оптимізація викидів забруднюючих речовин

У процесі аналізу впливу діяльності підприємства на стан атмосферного повітря важливим етапом є встановлення науково обґрунтованих нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ). Ці нормативи визначають обсяги речовин, які можуть потрапляти в навколишнє середовище без порушення екологічної рівноваги та перевищення допустимого рівня забруднення. Для підприємств, що здійснюють викиди у повітря, розробка та дотримання нормативів ГДВ є обов'язковою умовою екологічної безпеки.

У даному підрозділі наведено пропозиції щодо оптимізації структури та обсягів викидів для ГТзОВ фірми «ДІФ» з урахуванням чинного законодавства та екологічних характеристик регіону. Такий підхід спрямований на досягнення балансу між виробничими потребами підприємства та збереженням якості довкілля.

При встановленні ГДВ, які виражають в одиницях – г/с або т/рік, враховують умови розсіювання поллютантів та орієнтуються на виконання умови, що сума концентрацій речовини від даного джерела в приземному шарі та фоновій має бути меншою показника ГДК цієї речовини.

У табл. 3.11 наведені нормативи ГДВ для тих поллютантів, що утворюються у технологічних процесах виготовлення фурнітури до ПВХ-вікон на фірмі «ДІФ».

Таблиця 3.11 – Рекомендовані величини гранично допустимих викидів забруднюючих речовин

Назва речовини	Норматив ГДВ	
	г/с	т/рік
Оксид цинку	0,00011	0,00016
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,008839	0,064
Заліза оксид (III)	0,000676	0,0003
Марганцю оксид (VI)	0,000044	0,00004
Емульсол (на основі Укрінолу-1)	$18,68 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$

Дотримання звичайного режиму роботи з використанням затвердженої сировини та при нормальному стані обладнання не призведе до збільшення викидів шкідливих речовин, а отже – перевищення нормативів ГДВ виключено. За результатами розрахунків – викиду полютантів в атмосферне повітря, які б перевищували нормативи ГДК, не буде.

3.4.6 Організація спостережень за станом повітряного середовища на об'єкті

Підприємство здійснює моніторинг повітряного середовища згідно з нормативно встановленими ГДВ, а також відповідно до умов дозволу на викиди. Контрольні заходи проводяться шляхом періодичних вимірювань із використанням сертифікованого обладнання.

Особлива увага зосереджена на ділянках, де можливе підвищене забруднення повітря. Отримані дані ретельно фіксуються у спеціальних журналах обліку та звітних документах, які подаються у відповідні контролюючі органи. На основі результатів моніторингу підприємство може ініціювати технічні або організаційні заходи – наприклад, заміну фільтраційних елементів, оптимізацію роботи обладнання або коригування виробничого режиму. Такий підхід сприяє зниженню навантаження на

довкілля та підвищенню екологічної безпеки діяльності.

Графік проведення контролю за дотриманням запропонованих нормативів для окремих джерел та дозволені обсяги викидів наведені у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Організація екологічного моніторингу атмосферного повітря на території підприємства

Назва забруднюючої речовини	Гранично допустимий викид, мг/м ³	Місце відбору проби	Періодичність виконання вимірювань	Суб'єкт, що проводить заміри
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,225	контрольна точка 105	1 раз на рік	атестована лабораторія
	42,1	вентиляційна система В4, труба		

Отже, на підприємстві фірма «ДІФ» контролю підлягають речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, які належать до переліку обов'язково контрольованих речовин.

Контролю підлягають ті джерела викидів, для яких встановлені нормативи ГДВ за фактичною емісією поллютантів при дотриманні проєктних показників роботи пилегазоочисних установок.

3.5 Природоохоронні заходи для зменшення викидів шкідливих речовин у повітряне середовище

Галтовочна дільниця обладнана загальною витяжною вентиляцією, а сам барабан – місцевими відсмоктувачами. Для очистки повітря від забруднень в процесі роботи галтовочного барабану передбачено установку вентиляційного пиловловлюючого агрегату ПА2-12МА. Агрегат призначений для уловлювання пилу і дрібної стружки, що утворюється при

очистці деталей.

Агрегат здійснює двоступеневе очищення повітря, що відсмоктується. Перша ступінь очищення – сухий циклон, друга – тканинний мішковий фільтр. Агрегат працює за рециркуляційною схемою. Ступінь очистки складає 99,6 % Коефіцієнт вловлювання – 99 %.

У зварювальному приміщенні теж передбачена система очистки. Під час проведення зварювання і різання на столі зварювальника забруднене повітря може видалятися як через колосникову решітку столу або через витяжний пристрій, так і обома способами. Потік забрудненого повітря, що поступає, проходить через попередній фільтр, який одночасно осаджує крупні частинки забруднення і оберігає фільтруючу касету від потрапляння на її поверхню іскор. Потім повітряний потік рівномірно проходить крізь фільтр тонкого очищення (змінний), який вловлює частинки забруднення розміром до 0,05 мікрона. В результаті очищене повітря, проходячи через вихідну камеру і вентилятор, викидається назовні через жалюзійні ґрати на бічній стіні столу. Очищення фільтруючої касети відбувається, шляхом подачі короткого імпульсу стиснутого повітря через клапан в її внутрішню порожнину, де потік стиснутого повітря рівномірно розподіляється за допомогою спеціального стабілізатора. У результаті такого імпульсу відбувається струс фільтруючої касети, при якому частинки, що осіли на її поверхні, падають в пиловловлювач. Очищення фільтруючої касети може проводитися автоматично при працюючому або непрацюючому вентиляторі, а також вручну при вимкненому столі зварювальника. Управління роботою фільтра і процесом самоочищення відбувається через зовнішній сенсорний пульт управління. Ступінь очищення складає 99 % Коефіцієнт вловлювання 90 %.

Викиди від заточувальної дільниці відправляються на очистку на інерційно-рукавний пиловловлювач з ступенем очистки 99 %. Коефіцієнт вловлювання шкідливих речовин 99 %.

Викиди шкідливих речовин від дільниці шліфування очищаються у

фільтрі з ступенем очистки 99 %, та повертаються в робочу зону. Коефіцієнт вловлювання пилоочисним приладом забруднених речовин – 90 %.

Таблиця 3.13 – Ефективність заходів з охорони атмосферного повітря

Джерело викиду	Установка	Назва речовини	Обсяг викиду на вхід, г/с	Обсяг викиду на виході, г/с	Потужність викиду, т/рік
Шліфувальна діляниця	Індивідуальний пиловловлювач ИРП-1	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,0342	0,000342	0,049
Заточна діляниця	Індивідуальний пиловловлювач ИРП-1	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,0395	0,000395	0,144
Зварювальна діляниця	Фільтруючий пристрій	Заліза (III) оксид	0,00558	0,000056	0,0024
		Марганцю (VI) оксид	0,00036	0,000004	0,00036
Галтовочна діляниця	Вентиляційний пиловловлюючий агрегат ПА2-12МА	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,2772	0,001	0,039

Проведений аналіз показав, що за умови справного функціонування систем очистки повітря досягається суттєве зменшення концентрацій поллютантів у викидах. Це дозволяє дотримуватися нормативів ГДВ та знижує екологічне навантаження на навколишнє середовище. Таким чином, застосування сучасного пилогазоочисного обладнання є необхідною складовою природоохоронної стратегії фірми «ДІФ».

3.6 Заходи зменшення акустичного забруднення

Загалом, технологічне обладнання досліджуваного підприємства відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99 [11, 12].

Рівень шуму при роботі ливарного прес-автомата, також верстатів механічної обробки не перевищує 80 дБА_{екв}. Для зниження шуму використовується гвинтовий компресор EWA 15A з рівнем звукового шуму 73 дБА.

У приміщенні галтовочного барабану для зменшення шуму влаштований екран з мінеральної вати товщиною 50 мм. Вентиляційний пиловловлюючий агрегат ПА2-12МА обладнаний глушником шуму, який розташований за вентилятором і виконаний у вигляді двох концентричних циліндрів, між якими є декілька кілець з пінополіуретану з пробитими в ньому отворами для проходу повітря.

Для зменшення розповсюдження шуму та вібрації від вентиляційних установок виконуються такі заходи:

- вентилятори с електродвигунами встановлюються на віброізоляторах та з'єднуються з системами гнучкими вставками та глушниками шуму;
- вентилятори припливних камер постачаються в блочному коробі зі звукоізоляцією.

Швидкості повітря в повітроводах та на виходах з повітророзподілювачів підібрані оптимальні.

3.7 Розробка заходів енергозбереження

Енергозбереження є невід'ємною частиною сучасної екологічної політики підприємства, оскільки раціональне використання енергоресурсів не лише знижує виробничі витрати, а й зменшує рівень техногенного навантаження на довкілля.

З метою енергозбереження необхідно здійснити теплоізолювання

зовнішніх огорожуючих конструкцій відповідно до діючих норм та магістральних трубопроводів опалення і теплопостачання згідно з температурою зовнішнього повітря; встановити в системі опалення на нагрівальних приладах автоматичні теплорегулюючі вентилі.

У процесі виготовлення фурнітури для ПВХ-вікон на фірмі «ДФ» споживаються значні обсяги електричної енергії та тепла, зокрема на роботу ливарного та вентиляційного обладнання.

З метою підвищення енергоефективності виробництва доцільним є впровадження низки заходів. Так, модернізація енергоємного обладнання передбачає заміну застарілих електродвигунів на сучасні енергоефективні моделі з частотним регулюванням, що дозволить зменшити споживання електроенергії без втрати продуктивності. Впровадження автоматизованого контролю за навантаженнями дає змогу уникнути пікових навантажень та працювати у режимі енергозбереження.

Ще одним напрямком енергозбереження є використання вторинного тепла. Так, можна організувати утилізацію тепла від нагрівального обладнання для обігріву виробничих приміщень у холодний період року. А покращення теплоізоляції будівлі і цехів дозволить зменшити втрати тепла та обсяг енергоресурсів, необхідних для підтримки температурного режиму.

На перспективу, необхідно здійснювати поступовий перехід на відновлювані джерела енергії, наприклад, встановлення сонячних панелей для покриття частини потреб у електроенергії підприємства.

Усі зазначені заходи спрямовані на підвищення енергоефективності виробничого процесу, зменшення витрат ресурсів і зниження обсягів непрямих викидів забруднюючих речовин, пов'язаних із генерацією електроенергії на сторонніх джерелах. Такий підхід є екологічно доцільним і економічно виправданим, особливо в умовах зростання тарифів на енергоносії та посилення екологічного законодавства.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

При аналізі стану охорони праці на даному підприємстві не було виявлено ніяких порушень. Стан цеху з виготовлення фурнітури до металопластикових вікон відповідає діючим нормам. При розробці також враховані вимоги Санітарних правил для механічних цехів (обробка металів різанням). Розташування та прив'язки технологічного обладнання виконані з дотриманням діючих норм проїздів, віддалями між стаціонарним обладнанням і будівельними конструкціями, що сприяє зручності та безпеці при експлуатації [3, 4].

Для забезпечення умов та безпеки праці робітників, які працюють в цеху, виконуються заходи щодо охорони атмосферного повітря:

- всі одиниці обладнання, які є джерелами забруднень повітря облаштовані аспіраційними системами;
- для збору пилоподібних відходів тут передбачено використання індивідуальних пиловловлювачів ИРП–1 та вентиляційний пиловловлюючий агрегат ПА2-12МА для заточувальних верстатів, галтовочного барабану та шліфувального верстата. Стіл зварювальника також оснащений фільтровентиляційним агрегатом;
- всі системи аспірації зблоковані з технологічним устаткуванням.

Залежно від технологічних процесів в тих чи інших приміщеннях цеху, а також від матеріалів, які там знаходяться, прийняті наведені в табл. 4.1 категорії приміщень по вибухопожежній та пожежній небезпеці.

На підприємстві врахована пожежна небезпека від технологічного процесу, можливостей розповсюдження пожежі, виходячи з вогнестійкості конструкцій будівлі (ступінь вогнестійкості будівлі виробничого корпусу – II). Приміщення оснащені вогнегасниками та пожежними щитами згідно з

«Правилами пожежної безпеки України» [25].

Таблиця 4.1 – Категорії приміщень за вибухо- і пожежонебезпекою

Назва виробничих підрозділів, дільниць, служб тощо	Категорія виробництва за пожежною та вибухопожежною небезпекою	Клас приміщення та зон по НПАОП 40.1-1.32-01
Дільниця прес-автоматів	Г	норм.
Дільниця шліфування	Д	норм.
Дільниця заточувальних верстатів	Д	норм.
Дільниця зварювання	Г	норм.
Галтовочна дільниця	Д	норм.
Склад сировини (цинковий сплав ЦАМ 4-1)	Д	норм.
Інструментальний склад	В	П-Па
Склад готової продукції	В	П-Па
Виробниче приміщення механічної обробки деталей та виготовлення прес-форм	Д	норм.
Відділ технічного контролю, лабораторія	Д	норм.

Варто зазначити, що для обробки металу в якості мастильно-охолоджуючих рідин використовують водні розчини 3-5 % Укрінол-1, 1,5-8 % РЗСОЖ8 тощо.

Категорія виробничих приміщень по вибухопожежній та пожежній небезпеці визначена в відповідності до НАПБ Б.03 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою», а клас зон по вибухопожежній небезпеці

прийнято згідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [25]. Ці дані відображені на планах розташування технологічного обладнання.

Для покращення умов праці тут передбачені заходи по зменшенню шуму на виробничих місцях. Обладнання, яке тут використовується, відповідає нормативним вимогам.

4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки на фірмі «ДІФ»

Забезпечення безпечних та гігієнічних умов праці на виробничих дільницях фірми «ДІФ» є одним із пріоритетних напрямів в управлінні охороною праці та екологічною безпекою [16]. У процесі виготовлення фурнітури працівники можуть піддаватися впливу шуму, пилу, аерозолів металів, шкідливих випарів мастил, а також дії механічних елементів машин і верстатів [4]. Тому покращення умов праці вимагає комплексного підходу до вдосконалення санітарно-гігієнічних і безпекових заходів.

Для безпечної роботи в цеху по виготовленню віконної фурнітури необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки, які полягають в наступному:

- до роботи на верстатах та іншому обладнанні цеху повинні допускатися лише верстатники та оператори, які добре знають конструктив верстатів, призначення органів управління та правила експлуатації обладнання і пройшли інструктаж по техніці безпеки;
- гарантованою має стати електробезпечність виробничого обладнання, яка досягається засобами неможливості доступу до струмоведучих частин, а також автоматичним відключенням напруги — застосуванням пристроїв захисного відключення, захисним заземленням та зануленням;
- перед початком роботи необхідно переконатися у справності верстатів, захисного огороження, заземлення, готовності ріжучих інструментів,

свердел, тощо;

- одяг верстатників повинен бути щільно зашпелнутим і не мати звисаючих кінців, які можуть бути захоплені рухомими частинами механізмів [25].

На підприємстві необхідною є модернізація систем загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції для зменшення концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Рекомендовано також використання очисних фільтрів на джерелах викидів пилу і парів мастильно-охолоджувальних рідин [28].

Для захисту працівників, які працюють із верстатним обладнанням, необхідно посилити систему технічного контролю за станом охоронних кожухів, блокувальних механізмів і аварійних вимикачів [3]. З метою профілактики травматизму передбачено регулярне проведення інструктажів з охорони праці, а також навчання з надання першої медичної допомоги.

Покращення умов праці включає також оновлення систем освітлення – зокрема, впровадження енергоощадного освітлення з рівномірним розподілом світлового потоку, що знижує втомлюваність працівників [25]. Окрему увагу слід приділити мікроклімату у виробничих приміщеннях, особливо в холодну пору року: рекомендується модернізація системи опалення для підтримання нормативної температури та вологості повітря.

У сфері пожежної безпеки доцільним є впровадження автоматичних систем раннього виявлення пожеж, а також систем локального пожежогасіння на окремих ділянках з підвищеним ризиком (зони зберігання мастил, склади, компресорні приміщення) [17]. Необхідно забезпечити чітке маркування евакуаційних виходів, доступність первинних засобів пожежогасіння та регулярне проведення протипожежних тренувань.

Комплекс реалізованих заходів дозволить не лише знизити рівень виробничих ризиків, але й сприятиме покращенню загального стану здоров'я персоналу, підвищенню продуктивності праці та зміцненню корпоративної відповідальності за безпечне і екологічно орієнтоване виробництво.

4.3 Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій

Питання захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС) залишається одним із ключових аспектів забезпечення екологічної, техногенної та санітарно-гігієнічної безпеки у сучасних умовах функціонування промислових підприємств. Особливої актуальності воно набуває для об'єктів, розміщених поблизу житлових територій, зокрема таких, що пов'язані з обробкою металів, гальванічними процесами та використанням хімічних реагентів. Підприємства, подібні до фірми «ДІФ», яка займається виготовленням фурнітури для ПВХ-вікон, є джерелами потенційних техногенних ризиків, і, відповідно, потребують належної системи запобіжних заходів та готовності до реагування на можливі НС.

До потенційно небезпечних подій на такому виробництві слід віднести аварійні викиди забруднюючих речовин в атмосферу, витіки мастильно-охолоджувальних рідин та хімічних компонентів, пожежі внаслідок коротких замикань або вибуху парів легкозаймистих речовин, а також механічні пошкодження ємностей із токсичними відходами. У разі виникнення НС можливе швидке поширення шкідливих речовин за межі промислової території, що становитиме пряму загрозу для здоров'я населення прилеглих районів, особливо з урахуванням атмосферних умов та відсутності природних бар'єрів для перенесення забруднень. Вплив таких подій може охоплювати різні сфери: погіршення якості повітря, зараження ґрунтів і вод, зростання рівня шуму, руйнування будівель і споруд, а також психологічний стрес у населення [27].

У зв'язку з цим особливу роль відіграє завчасна розробка та впровадження комплексу заходів, спрямованих на захист населення. Першочерговим є створення системи техногенно-екологічного моніторингу, яка дозволяє виявляти відхилення у роботі обладнання, фіксувати перевищення концентрацій шкідливих речовин та попереджати критичні ситуації. Така система має включати стаціонарні та мобільні пункти

спостереження, автоматизовані сенсори, прилади вимірювання складу повітря, а також засоби передачі інформації у реальному часі до диспетчерських центрів та органів управління.

Крім цього, до обов'язкових заходів слід віднести розробку паспорта безпеки підприємства, в якому передбачено сценарії розвитку можливих аварій, розрахунки зони ураження, визначено критичні об'єкти інфраструктури, що можуть постраждати, та запропоновано шляхи евакуації населення у разі загрози. У рамках підготовки персоналу необхідно проводити регулярні навчання з цивільного захисту, тренування з використання засобів індивідуального захисту, протипожежні інструктажі та моделювання аварійних ситуацій. Працівники повинні чітко знати свої обов'язки та дії у надзвичайних умовах, а також мати доступ до евакуаційних виходів, вогнегасників, аптечок та засобів зв'язку [33].

Не менш важливо забезпечити на підприємстві належне функціонування систем протипожежного захисту. Усі виробничі приміщення повинні бути оснащені датчиками диму, автоматичними системами пожежогасіння, внутрішнім та зовнішнім водопостачанням для гасіння пожеж, а також розробленими схемами евакуації. Протипожежні гідранти повинні бути справними та доступними для оперативного використання. Стан інженерних систем, таких як вентиляція, електропостачання, водовідведення, має постійно контролюватися відповідними службами, щоб уникнути їх аварійної зупинки під час критичних ситуацій.

Особливу увагу слід приділити інформуванню населення про потенційні ризики та дії у разі виникнення НС. Для цього можуть бути використані як традиційні засоби – радіо, місцева преса, звукова сигналізація, так і сучасні канали – SMS-повідомлення, мобільні застосунки, електронні табло. Система оповіщення має охоплювати не лише працівників підприємства, а й мешканців прилеглих будинків, дитячих садків, шкіл, закладів охорони здоров'я. У разі реальної загрози НС, критично важливою є координація дій з органами місцевого самоврядування, Державною службою

з НС, поліцією, екологічною інспекцією та медичними установами. Така взаємодія забезпечує оперативну реакцію, евакуацію людей, надання першої допомоги, а також своєчасне інформування про завершення небезпеки.

З метою мінімізації впливу на здоров'я населення важливим є забезпечення на підприємстві спеціального пункту медичної допомоги, наявність необхідного запасу медикаментів, засобів детоксикації та знезараження, індивідуальних засобів захисту органів дихання, шкіри та очей [3]. Персонал повинен мати доступ до протигазів, респіраторів, захисного одягу та герметичних контейнерів для ізоляції забруднених матеріалів. За необхідності слід передбачити можливість термінового транспортування постраждалих до лікарень, а також організацію тимчасових пунктів розміщення евакуйованого населення.

Інженерно-технічний захист повинен передбачати облаштування захисних зон навколо підприємства, систему дренажу та водовідведення, герметичне зберігання небезпечних речовин, а також обмеження доступу сторонніх осіб до потенційно небезпечних ділянок [17]. Окрему роль відіграє підтримка екологічної інфраструктури – наявність очисних споруд, фільтраційних установок, уловлювачів пилу, систем рекуперації та утилізації відходів. Таким чином забезпечується зменшення впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище і знижується ризик отруєння мешканців у разі аварій.

Таким чином, захист населення від наслідків НС на промисловому підприємстві є багаторівневою системою, яка охоплює заходи технічного, організаційного, інформаційного, медичного та інженерного характеру. Своєчасне виявлення загроз, наявність чітких планів дій, підготовленість персоналу, модернізація технічного забезпечення та ефективна взаємодія з відповідними службами дозволяють мінімізувати наслідки НС і гарантувати безпеку як для працівників, так і для населення, що проживає поблизу підприємства.

ВИСНОВКИ

1. ГТЗОВ Фірма «ДІФ», що розташоване у м. Пустомитах Львівської області, спеціалізується на виготовленні фурнітури до ПВХ-вікон, тобто технологічні процеси пов'язані з металообробкою: лиття та подальша механічна обробка.

2. Основні технологічні та допоміжні процеси на досліджуваному підприємстві передбачають використання низки ресурсів: механічний цех підприємства займає ділянку площею 523,3 м², використання води питної – 28,68 м³/добу (на технологічні потреби вода не використовується), встановлена потужність технологічного обладнання – 178,1 кВт, цинковий сплав ЦАМ 4-1 – 134,4 кг/год.

3. Діяльність досліджуваного підприємства впливає на повітряне середовище через викиди хімічних речовин, тепла та вологи від виробничої діяльності та на водне середовище через скиди в каналізацію побутових стоків. Механічний цех з виготовлення фурнітури до металопластикових вікон не призводить до суттєвих впливів на клімат і мікроклімат. Рівень шуму при роботі ливарного прес-автомата, також верстатів механічної обробки не перевищує 80 дБА, тобто є в нормі. Порушення ґрунту не прослідковується. З метою запобігання забруднення ґрунтів передбачено ряд заходів.

4. До відходів, що утворюються на підприємстві належать: лампи люмінесцентні та відходи, які містять ртуть, водозмішувальні мастильно-охолоджуючі рідини, відходи комунальні, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (пил металевий, пил абразивний). небезпечні відходи підлягають накопиченню в спеціальному приміщенні із подальшим вивезенням для знешкодження і утилізації на спеціалізованому технологічному устаткуванні.

5. На території об'єкту знаходяться 3 стаціонарні джерела забруднення атмосфери: ливарна дільниця, дільниця зварювання, цех механічної обробки.

6. В атмосферу викидається 5 нормованих забруднюючих речовин. Найбільше при здійсненні механічної обробки металевих деталей виділяється в атмосферне повітря твердих частинок – пилю металевого, абразивного (майже 0,014 г/с або 126 кг/рік). Усього протягом року на досліджуваному об'єкті утворюється і викидається в атмосферне повітря близько 253 кг забруднюючих речовин. Групи сумачії відсутні.

7. На шліфувальній, заточній, зварювальній та галтовочній дільницях встановлене пилогазовловлююче обладнання, зокрема індивідуальний пиловловлювач ИРП-1, фільтруючий пристрій, вентиляційний пиловловлюючий агрегат ПА2-12МА, що забезпечують очищення повітря від речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, оксиду заліза та марганцю з ефективністю 90-99 %.

8. Аналіз результатів розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі показав, що для всіх речовин, які утворюються в процесі діяльності підприємства, приземні концентрації з врахуванням фонового забруднення не перевищують ГДК для населених пунктів. Максимальні концентрації забруднюючих речовин спостерігаються на території механічного цеху. Концентрація всіх інших шкідливих речовин менша 0,05 ГДК (або 0,45 з врахуванням фону).

9. Нормативна санітарно-захисна зона для даного підприємства складає 50 м, витримана, житлові об'єкти в межі санітарно-захисної зони не потрапляють.

Для зниження техногенного навантаження на довкілля на підприємстві доцільно впровадити низку природоохоронних заходів. Зокрема, рекомендовано модернізувати пилогазоочисне обладнання, а також удосконалити систему енергозабезпечення шляхом впровадження енергоощадного обладнання. Необхідною є організація постійного контролю за дотриманням нормативів ГДВ та якістю повітря на території підприємства. Варто оптимізувати систему вентиляції у виробничих приміщеннях і перейти на більш безпечні для довкілля матеріали.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Апостолук С. О., Джигирей В. С., Апостолук А. С. Промислова екологія: навч. посібник. Київ: Знання, 2005. 474 с.
2. Байцар А. Л. Фізична географія України. Львів: Львівський нац. ун-т імені Івана Франка, 2012. 354 с.
3. Безпека життєдіяльності: навч. посібник / За ред. П. Атаманчука. Кам'янець-Подільський: Центр учбової літератури, 2011. 275 с.
4. Безпека життєдіяльності: підручник / За ред. О. Запорожець. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 447 с.
5. Вінічук М. М. Загальна екологія: навч. посібн. Житомир: Видавництво Державного університету «Житомирська політехніка», 2021. 184 с.
6. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія: навч. посібн. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
7. Гавриленко О. П. Екогеографія України: навч. посібн. Київ: Знання, 2008. 646 с.
8. Географічна енциклопедія України: в 3-х томах / О.М. Маринич. Київ: «Українська енциклопедія» ім. М.П. Бажана, 1993. 480 с.
9. Гігієнічні регламенти. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Затверджено Наказом МОЗ України від 14 січня 2020 року № 52.
10. Гурин В. А., Востріков В. П., Кузьмич Л. В. Основи промислових технологій і матеріалознавства: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2019. 310 с.
11. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Введений в дію Постановою МОЗ України від 01.12.1999 № 37.
12. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Введений в дію Постановою МОЗ України від 01.12.1999 № 37.

13. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затверджено наказом МОН України від 19 червня 1996 р. № 173 (зі змінами). Київ: МОЗ України, 1996. 66 с.
14. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, IDT). Діючий. Дата початку дії: 01.07.2016
15. Екологічний паспорт Львівської області за даними 2023 року. [Електронний ресурс]
https://drive.google.com/file/d/1hPAiUwWFhuMd_lUqQ9E-kvK_JlVIpqLg/view
16. Законодавство України про охорону праці: (у 4-х т.) Т.1. Київ, 1995. 558 с.
17. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. / За заг. редакцією В. В. Могильниченка. Київ: КІМ, 2007. 636 с.
18. Збірник методик по визначенню шкідливих речовин в газоповітряних сумішах. Київ, Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 1993. 121 с.
19. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. 1, Т. 2, Т. 3., Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. 156 с.
20. Звіт по інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від ГТЗОВ Фірма «ДІФ» м. Пустомити району Львівської області, 2021. 32 с.
21. Ісаєнко В. М., Бабікова К. О., Саталкін Ю. М., Романов М. С. Інженерна екологія: підручник. Київ: НАУ, 2019. 452 с.
22. Колотило Д. М., Соколовський А. Т., Гарбуз С. В. Технологічні процеси галузей промисловості: навч. посібник. Київ: КНЕУ, 2013. 380 с.
23. Львівська область. Природні умови та ресурси. / За заг. редакцією М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.
24. ОНД-86: Методика розрахунку концентрацій шкідливих речовин

в атмосферному повітрі, що містяться у викидах підприємств : затверджено Головою Держкомгідромету СРСР 04.08.1986 № 192. Держкомгідромет, 1986. 68 с.

25. Охорона праці / К.Н. Ткачук, К.К. Ткачук, Ю.А. Гурін та ін. Кривий Ріг: ВЦ КТУ, 2011. 325 с.

26. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) механічного цеху з виготовлення фурнітури до металопластикових вікон ТзОВ «ДІФ», 2010. 57 с.

27. Пазинич Л. М., Ситенко О. Р., Смірнова Т. М. Деякі питання надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в Україні (огляд літератури) *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2018, №. 1. С. 78.

28. Петрук В. Г. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник / В.Г. Петрук, Л.І. Северин, І.І. Безвозюк та ін. Вінниця: ВНТУ, 2012. 388 с.

29. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1264-12> (дата звернення: 17.07.2025)

30. Проектування сучасних віконних систем громадських будівель / І. В. Борискіна та ін. Київ, 2005. 57 с.

31. Пустомити [Електронний ресурс] / Вікіпедія : вільна енциклопедія. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Пустомити>

32. Робочий проект реконструкції будівлі їдальні під механічний цех з виготовлення фурнітури до металопластикових вікон на вул. Глинській, 16 у м. Пустомити, Львівської області, 2010. 35 с.

33. Сонько С. П., Жупінас С. І., Пліщенко С. С., Янчевський А. С., Віннік Н. В., Голубкіна О. М. Надзвичайні ситуації та цивільний захист населення: навч. посібник. Львів: Магнолія-2006, 2007. 232 с.

34. Сосницька Я. С. Основи виробництва: конспект лекцій. Луцьк:

Східноєвроп. націон. ун-т ім. Лесі Українки, 2019. 99 с.

35. Технологія та етапи виробництва пластикових вікон [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://orinet.com.ua/uk/articles/tehnologiya-ta-etapi-virobnictva-plastikovih-vikon>

36. Троценко Є. О., Перетятко Ю. В. Промислова екологія: навч. посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 34 с.

37. Филипчук В. Л., Клименко М. О., Ткачук К. К., Проценко С. Б., Радовенчик В. М., Залеський І. І. Промислова екологія: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 495 с.

38. Biçergil, Göker & Atilgan Türkmen, Burcin. Evaluation of environmental impacts in PVC sector: The case of Turkey. *Plastics Rubber and Composites*. 2023, Vol. 52, No 4. P. 238-247. doi:10.1080/14658011.2023.2190293

39. Burgess, R. H. Manufacture and Processing of PVC. London and New York: CRC Press, 1981. 294 с.

40. Karaś R. The technology of designing plastic windows and their transport from Poland since 1990. *Polimery*. 2021, 66, No 1. P. 21- 29. DOI:dx.doi.org/10.14314/polimery.2021.1.3

41. Technical Guide: Welding PVC-U Window Profiles. Part 1: Heating Element – Butt-Welding [Електронний ресурс] / European PVC Window Profile and related Building Products Association (EPPA); Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofilsysteme (GKFP), British Plastics Federation (BPF). Brussels, June 2020. 173 p.