

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

На правах рукопису

ЛІЩИНА ТАРАС ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ
РЕЧОВИН ПРИ ОБРОБЦІ ЗЕРНА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ**

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія

Робота на здобуття освітнього ступеня Магістр

Науковий керівник:
КАРАЇМ ОЛЬГА АНАТОЛІВНА,
кандидат економічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 4
засідання кафедри екології та охорони
навколишнього середовища
від 18 листопада 2025 р.

Завідувач кафедри



доц. Радзій В. Ф.

ЛУЦЬК – 2025

АНОТАЦІЯ

Ліщина Т. О. Екологічний аналіз викидів забруднюючих речовин при обробці зерна та їх вплив на довкілля. На правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня Магістр за спеціальністю 101 Екологія, освітньо-професійна програма Екологія. Волинський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк, 2025.

Зернові культури, як основа сільського господарства, суттєво впливають на довкілля через викиди забруднюючих речовин під час їх обробки. Ці процеси спричиняють забруднення повітря, води та ґрунтів, знижують родючість земель і загрожують екологічній стійкості та біорізноманіттю. Пилкові та аерозольні викиди негативно позначаються на здоров'ї населення, а накопичення забруднювачів посилює кліматичні зміни. Отже, вплив викидів під час обробки зерна є актуальною екологічною проблемою, що потребує комплексного підходу та впровадження ефективних заходів для зменшення викидів і збереження природних ресурсів.

У першому розділі кваліфікаційної роботи представлено теоретичні підходи до екологічного аналізу впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин від обробки зерна та, зокрема, розкрито значення зернових культур у світовому споживанні, пов'язані з ними екологічні виклики, висвітлено теоретичні засади екологічного аналізу впливу на довкілля викидів, що утворюються при обробці зерна, подано загальну характеристику підприємств з обробки зерна та особливості технологічного процесу. Висвітлюючи у другому розділі методи аналізу викидів шкідливих речовин у повітря при технологічних процесах обробки зерна охарактеризовано джерела утворення забруднюючих речовин на підприємстві з обробки зерна, представлено методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів, а також здійснено комп'ютерне моделювання процесів забруднення атмосфери. У третьому розділі здійснено оцінку впливу викидів забруднюючих речовин при обробці зерна на стан атмосферного повітря, при цьому подано аналітичні

показники обсягів викидів шкідливих речовин у повітряне середовище, здійснено комплексний аналіз видового складу й кількості викидів у атмосферне середовище від стаціонарних джерел та проведено оцінювання приземних концентрацій забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони й запропоновано екологічні заходи щодо їх зниження.

Ключові слова: екологічний аналіз, вплив на атмосферне повітря, викиди, обробка зерна.

SUMMARY

Lishchyna T. O. Ecological Analysis of Pollutant Emissions from Grain Processing and Their Impact on the Environment. Manuscript.

Qualification work for obtaining a Master's degree in specialty 101 Environmental Studies, educational-professional program Environmental Studies. Lesya Ukrainka Volyn National University. Lutsk, 2025.

Grain crops, as the foundation of agriculture, have a significant impact on the environment through emissions of pollutants during processing. These processes contribute to air, water, and soil pollution, decrease soil fertility, and threaten ecological stability and biodiversity. Dust and aerosol emissions negatively affect public health, while the accumulation of pollutants exacerbates climate change. Therefore, emissions resulting from grain processing represent a pressing environmental issue that requires an integrated approach and effective measures to reduce emissions and preserve natural resources.

The first chapter of the thesis presents theoretical approaches to the environmental analysis of the impact of pollutant emissions from grain processing on the environment. It highlights the importance of grain crops in global consumption, the related ecological challenges, the theoretical foundations of environmental impact assessment of emissions generated during grain processing, as well as a general description of grain-processing enterprises and the peculiarities of their technological processes.

The second chapter focuses on methods of analyzing harmful emissions into the atmosphere during technological grain-processing operations. It characterizes the sources of pollutant formation at a grain-processing enterprise, presents methods for measuring concentration levels and techniques for emission volume analysis, and includes computer modeling of atmospheric pollution processes.

The third chapter provides an assessment of the impact of pollutant emissions from grain processing on atmospheric air quality. It presents analytical data on the volume of harmful emissions into the air, offers a comprehensive analysis of the

composition and amount of emissions from stationary sources, evaluates ground-level concentrations of pollutants within the sanitary protection zone, and proposes ecological measures aimed at reducing their levels.

Keywords: ecological analysis, impact on atmospheric air, emissions, grain processing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ОБРОБЦІ ЗЕРНА.....	11
1.1. Значення зернових культур у світовому споживанні та пов'язані з ним екологічні виклики.....	11
1.2. Теоретичні засади екологічного аналізу викидів забруднюючих речовин при обробці зерна.....	14
1.3. Загальна характеристика підприємств з обробки зерна та особливості технологічного процесу.....	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ ЗЕРНА.....	24
2.1. Джерела утворення забруднюючих речовин на підприємстві з обробки зерна.....	24
2.2. Методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів.....	27
2.3. Комп'ютерне моделювання процесів забруднення атмосфери..	31
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ОБРОБЦІ ЗЕРНА НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	33
3.1. Аналітичні показники обсягів викидів шкідливих речовин у повітряне середовище.....	33
3.2. Комплексний аналіз видового складу й кількості викидів у атмосферне середовище від стаціонарних джерел.....	39
3.3. Оцінювання приземних концентрацій забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони та екологічні заходи щодо їх зниження.....	40
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Актуальність теми. Зернові культури, як ключовий елемент сільського господарства, мають значний вплив на довкілля через викиди забруднюючих речовин під час їх обробки. Актуальність цієї проблеми проявляється на різних напрямках, враховуючи екологічні наслідки.

Обробка зернових культур спричиняє викиди забруднюючих речовин, які потрапляють в атмосферне повітря, забруднюють водні та земельні ресурси. Це призводить до зниження родючості ґрунтів, що загрожує якісній стійкості екосистем. Вплив екологічно неконтрольованої обробки зерна може проявитися у втраті біорізноманіття. Викиди забруднюючих речовин призводять до зниження чисельності та різноманітності видів, що становить загрозу екологічній стійкості регіону.

Пил та інші аерозольні забруднення, що виникають під час обробки зернових культур, можуть мати негативний вплив на здоров'я місцевого населення, особливо дітей та людей із вразливими дихальними шляхами.

Викиди забруднюючих речовин чинять вплив на кліматичні процеси, сприяючи глобальному потеплінню та зміні клімату.

Таким чином, проблема впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин під час обробки зернових культур є нагальною та потребує комплексного підходу на різних рівнях – від місцевого до глобального. Ефективні заходи мають бути спрямовані на зменшення викидів, збереження природних ресурсів та створення сталої та екологічно безпечної системи зернового промислу.

Екологічні проблеми обробки зерна та зокрема особливості впливу викидів забруднюючих речовин цього процесу на довкілля представлено в роботах таких науковців як: Адамчук В. В. [1], Бакараєв О. А. [22; 23], Бандура В. М. [3], Берлінець М. М. [4], Гаєк Є. А. [5], Гапонюк О. І. [2], Гросул Л. Г. [9], Єгоров Д. К. [13], Караїм О. А. [21; 22; 23], Кравцова А. М. [27], Кунденко М. П. [28], Постнікова М. В. [42] та ін.

Мета роботи – здійснити екологічний аналіз впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин при обробці зерна.

Для вирішення поставленої мети необхідне розв’язання наступних завдань:

- розкрити значення зернових культур у світовому споживанні та пов’язані з ним екологічні виклики;
- висвітлити теоретичні засади екологічного аналізу впливу на довкілля викидів, що утворюються при обробці зерна;
- подати загальну характеристику підприємств з обробки зерна та особливості технологічного процесу;
- охарактеризувати джерела утворення забруднюючих речовин на підприємстві з обробки зерна;
- представити методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів;
- здійснити комп’ютерне моделювання процесів забруднення атмосфери;
- подати аналітичні показники обсягів викидів шкідливих речовин у повітряне середовище;
- здійснити комплексний аналіз видового складу й кількості викидів у атмосферне середовище від стаціонарних джерел;
- провести оцінювання приземних концентрацій забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони та запропонувати екологічні заходи щодо їх зниження.

Об’єктом дослідження є процес формування екологічного стану атмосферного повітря в межах території підприємства із обробки зерна та санітарно-захисної зони.

Предмет дослідження – викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря при обробці зерна.

Методи досліджень: аналітичний, структурно-логічного узагальнення та системного аналізу, вимірювання та спостереження.

Інформаційну базу дослідження становили: збірники методик,

законодавчі та нормативні акти з питань дослідження та збереження атмосферного повітря, матеріали підприємств із обробки зерна, Державної служби статистики України, монографії та науково-аналітичні статті вітчизняних й зарубіжних авторів, електронні джерела періодичних видань та результати авторських досліджень.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні теоретичних положень і поглибленні підходів до комплексного екологічного аналізу викидів забруднювальних речовин при обробці зерна та їх впливу на стан атмосферного повітря, зокрема *набули подальшого розвитку*:

- теоретичні засади екологічного аналізу впливу на довкілля викидів, що утворюються при обробці зерна;
- аналіз значення зернових культур у світовому споживанні та пов'язаних з ними екологічних викликів;
- методи моделювання розповсюдження забруднювальних речовин та визначення їх приземних концентрацій на межі санітарно-захисної зони;
- методичні підходи до оцінювання кількісних характеристик викидів і визначення їх екологічного впливу, що створює підґрунтя для розроблення практичних заходів із поліпшення якості атмосферного повітря в межах підприємств з обробки зерна.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що основні положення дослідження доведено до рівня прикладних рекомендацій. Розроблені теоретико-методичні засади можуть бути використані органами регіонального управління, місцевого самоврядування та профільними спеціалістами для ухвалення обґрунтованих практичних рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища.

Апробація результатів та публікації. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи викладено у доповідях: «Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на атмосферне повітря при обробці зернових культур» на XVIII Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи

досліджень» 14–15 травня 2024 року м. Луцьк [30]; «Глобальне споживання зернових культур: екологічні аспекти та наслідки» на XIX Міжнар.наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень» 13–14 травня 2025 року м. Луцьк [29].

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний зміст викладено на 53 сторінках друкованого тексту. Робота містить 19 таблиць, 13 додатків на 21 сторінці. Список використаних джерел нараховує 64 найменування і міститься на 8 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ОБРОБЦІ ЗЕРНА

1.1. Значення зернових культур у світовому споживанні та пов'язані з ним екологічні виклики

Зернові культури становлять основу сучасного аграрного виробництва та відіграють ключову роль у функціонуванні світової продовольчої системи. Саме зерно є базовим продуктом, що визначає структурні взаємозв'язки не лише в агропромисловому комплексі, а й у національній та глобальній економіці [27]. Наукові дослідження доводять, що створення, удосконалення та моделювання систем управління процесами обробки зерна залишаються надзвичайно важливими напрямками розвитку [40]. Водночас процеси вирощування, переробки та подальшого використання зерна справляють помітний вплив на екологічний стан довкілля та природні ресурси.

Протягом останнього століття індустріалізація аграрного сектора та досягнення у селекції рослин сприяли суттєвому зростанню врожайності зернових культур, що в цілому дозволило задовольнити глобальні потреби населення у продовольстві.

Зернові культури, такі як пшениця, кукурудза, рис, ячмінь та інші, становлять фундамент харчової системи для мільярдів людей у світі. Пшениця, наприклад, слугує для виробництва хлібобулочних виробів, кукурудза – для виробництва кормів для тварин та біопалива, а рис є ключовим продуктом харчування в багатьох азійських країнах. Ці культури багаті на вуглеводи, білки, вітаміни та мінерали, необхідні для нормального розвитку та здоров'я людини.

Водночас значна частина зернових культур спрямовується на корм для тварин, що забезпечує виробництво м'яса, молока та інших продуктів тваринного походження. Так, кукурудза, ячмінь та соя є основними

компонентами кормів для свиней, птиці та інших сільськогосподарських тварин. Використання зернових у тваринництві сприяє ефективному розподілу земельних та матеріальних ресурсів та забезпечує стабільне постачання продовольства.

Вирощування зернових культур є ключовою галуззю сільського господарства у багатьох країнах і відіграє значну роль у світовій економіці. Ці культури є об'єктом міжнародної торгівлі, що приносить істотні доходи країнам-виробникам. Зокрема, експорт зернових може стати важливим джерелом валютних надходжень для держав, що спеціалізуються на їхньому вирощуванні, та стимулювати економічний розвиток і зростання.

Зернові культури, серед яких пшениця, кукурудза та рис, відіграють ключову роль у стабілізації продовольчого ринку. Їхнє виробництво та торгівля сприяють сталому забезпеченню світового ринку харчовими продуктами та підтримці стабільних цін на продовольство, що особливо актуально у контексті зростання чисельності населення та зміни клімату.

Водночас необхідно враховувати, що вирощування та використання зернових культур чинить суттєвий вплив на екологічні процеси та стан навколишнього середовища. Інтенсивне ведення зернового виробництва може призводити до виснаження родючості ґрунтів, зменшення біорізноманіття та забруднення водних ресурсів внаслідок застосування хімічних добрив. Окрему увагу слід приділяти використанню водних ресурсів, адже зернові культури потребують значних обсягів води, особливо у посушливих регіонах. Інтенсивне зрошення може виснажувати водні джерела та зменшувати їх доступність для інших культур або природних екосистем.

Крім того, вирощування зернових культур може впливати на якість повітря через викиди під час спалювання стерні та інших агропромислових процесів. Викиди вуглекислого газу, метану та інших шкідливих речовин сприяють забрудненню атмосфери та можуть мати довгострокові наслідки для клімату.

Нещодавня нестабільність у глобальній торгівлі пшеницею [56], прогнозоване зростання населення та очікуване перевищення попиту над пропозицією, а також низка інших факторів вказують на високу вразливість процесів зберігання, обробки, переробки та використання зернових культур. Застосування сільськогосподарських ресурсів, таких як неорганічні азотні та фосфорні добрива, а також пестициди, потребує поступового обмеження для зменшення негативного впливу на довкілля [59].

Що стосується післязбиральної обробки зерна, Україна наразі стикається з рядом проблем, які ускладнюють підбір відповідних машин та обладнання, потреби у технологічних лініях, об'єктах тимчасового прийому та зберігання зерна. Це зумовлює необхідність підходити до організації післязбиральної обробки індивідуально для кожного господарства або, принаймні, з урахуванням груп безпечно функціонуючих підприємств [36].

Післязбиральна обробка зерна визначається низкою ключових показників, що впливають на якісні та кількісні характеристики роботи технічних засобів, зокрема: вологістю, засміченістю та натуральною щільністю зернової маси. Ці параметри відіграють визначальну роль при виборі технології обробки та типу й продуктивності зерноочисного обладнання [36].

У сучасних умовах стає необхідним впровадження нових технологій проєктування та спорудження зерносховищ із модернізованими установками для активного вентилявання та сушіння зерна, застосування оновлених методик визначення режимів вентилявання (зокрема використання решітчастих днищ трубопроводів) і нових підходів до контролю та керування процесами зберігання та обробки зерна [2].

Також важливим є впровадження науково-інноваційних технологій обробки зерна та оптимізація витрат електроенергії на зернопунктах [42], що є одним із ключових чинників підвищення конкурентоспроможності та забезпечення сталого розвитку зернової галузі країни [13].

Таким чином, зернові культури мають критичне значення для глобальної продовольчої системи та економіки, проте їхнє вирощування та обробка пов'язані з низкою екологічних проблем, включаючи забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосфери, високе споживання ресурсів і вплив на клімат. Для забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського сектору важливо впроваджувати більш екологічно безпечні та ефективні методи вирощування, обробки та використання зернових культур.

1.2. Теоретичні засади екологічного аналізу викидів забруднюючих речовин при обробці зерна

Екологічний аналіз впливу викидів, що виникають у процесах обробки зерна (сушіння, очищення, транспортування та зберігання), має ґрунтуватися на міждисциплінарному підході, який інтегрує похідні знання з екотоксикології, атмосферної фізики, інженерії технологічних процесів і соціоекологічних ризиків. Основні класи забруднювачів, що потребують уваги, – це аерозолі (органічний і неорганічний пил, фракції PM10/PM2.5), газоподібні компоненти (оксиди азоту, оксид вуглецю), леткі органічні сполуки та продукти неповного згоряння палива, які використовуються в нагрівальних установках зерносушарок. Це визначає необхідність включення в аналіз як масових (кількісних), так і якісних параметрів викидів [57].

Ключовою теоретичною особливістю є мультискалярність впливу: локальні концентрації (мікросередовище біля джерела) визначаються технологічними режимами й інженерними рішеннями, тоді як регіональні ефекти залежать від метеорології, ландшафту та акумулятивних/сезонних процесів. Моделі розсіювання та трансформації (Gaussian-моделі, CFD, рецептори/резидентні підходи) – це не лише інструменти для розрахунків, а й частина теорії, яка дозволяє поєднувати просторові та часові рівні впливу і прогнозувати сценарії екологічного навантаження. Методи моделювання

також мають враховувати склад аерозолів (біологічна складова, кремнезем, ад'юванти), оскільки це впливає на їх токсичність та секторальні ризики [57].

Теоретична оцінка ризиків людини і екосистем повинна розрізняти експозицію (відкритість населення та працівників), чутливість (показники здоров'я і вразливість екосистем) і навантаження (інтенсивність викидів). Важливо виокремити професійну експозицію (працівники зерноспрягаючих і сушарок) та резидентну експозицію (населення поблизу), оскільки профілі ризику й вимоги до контролю відрізняються. Теоретичні моделі впливу мають враховувати гострі і хронічні ефекти (наприклад, ризики респіраторних захворювань, алергічні реакції), а також потенційні кумулятивні та синергетичні ефекти від комбінації пилу і хімічних компонентів [55]

Екологічний аналіз у зернообробній галузі також повинен враховувати енергетичний та кліматичний виміри: значна частина парникового сліду при обробці зерна пов'язана з нагріванням повітря в сушарках та з енергоефективністю систем. З цієї причини теоретичні підходи до оцінки впливу поєднують традиційні методи моніторингу повітря з життєвим циклом (LCA) та розрахунками вуглецевого сліду для різних варіантів енергопостачання (газ, електрика, гібридні та сонячні системи). Такий підхід дозволяє оцінити не тільки миттєві концентрації забруднювачів, а й довготривалі кліматичні наслідки технологічних рішень [63].

Зазначимо, що наукові розвідки показують, що промислове сушіння зерна використовує приблизно 12–25 % від загальної енергії у виробничих процесах, тим самим сприяючи значному вуглецевому сліду. Виходячи з цього, вкрай важливим є розгляд операції з управління зерном з точки зору якості продукції, ефективності процесу та сталого розвитку.

Стратегія зберігання зерна значною мірою визначається кліматичними особливостями регіону. У тропічних і субтропічних зонах свіжозібране зерно зазвичай має температуру 27–34 °C та вологість до 25 % за вологою основою [61]. Такі умови створюють сприятливе середовище для розвитку комах, які, своєю чергою, можуть прискорювати поширення цвілі за високої вологості. У

регіонах із сухим помірним або середземноморським кліматом температура зерна може сягати 40 °C при низькій вологості близько 8 %. Отже, для запобігання псуванню зерна необхідно забезпечити його своєчасне сушіння та/або охолодження, що дозволяє підтримувати оптимальні умови зберігання. Ці умови відрізняються залежно від типу зерна та країни, залежно від їхніх регуляторних заходів і разом впливають на сталий розвиток процесу, якщо він не виконується належним чином.

Вуглецевий слід, що утворюється в результаті сушіння – це загальний обсяг викидів парникових газів (ПГ), що містить як вуглекислий газ (CO_2), так і метан (CH_4), виражений в еквіваленті вуглекислого газу (CO_{2e}). ПГ є побічним продуктом спалювання палива (та електроенергії, що виробляється з вугілля). Дослідження сушіння сільськогосподарської продукції оцінили вплив параметрів процесу та те, як вони впливають на загальну ефективність процесу. У працях [54; 61] представлено широке обговорення різних процесів сушіння, що використовуються в харчовій промисловості.

Необхідно зазначити, що сонячне сушіння зерна сприяє нульовому викиду вуглецю (за винятком роботи вентилятора бункера), як детально описано в [62]. Хоча це відновлюване джерело, теплотворна здатність сонячної енергії досить низька ($0,005 \text{ ГДж/м}^2 / \text{год}$) з високою ненадійністю, що робить його найменш ефективним джерелом для своєчасного сушіння зерна, а процес також може вимагати високих витрат на інфраструктуру. Наприклад, енергія, необхідна для сушіння 500 тонн зерна кукурудзи з 25 до 15 % wt, враховуючи лише один компонент загальної теплоти десорбції, тобто з прихованою теплотою випаровування $2,44 \text{ ГДж}$ на тонну води, видаленої при 25 °C, становитиме приблизно 122 ГДж . Автономний процес сонячного сушіння потребував би понад п'ять років (365 днів на рік зі стабільною вологістю $0,005 \text{ ГДж/м}^2 / \text{год}$), щоб досягти бажаного рівня вологості сушеної кукурудзи 15 % за вагою [61].

Як зазначають Продовольча та сільськогосподарська організація ООН та Інститут світових ресурсів, близько 25 % світової сільськогосподарської

продукції забруднено мікотоксинами та перетворюється на відходи через неадекватне та невідповідне середовище для зберігання. Тому сьогодні значна увага приділяється внеску комбінованого виробництва енергії та сушіння, застосування матеріалів з фазовим переходом та гібридних систем сушіння сільськогосподарської продукції. Зазначається, що впровадження комбінованих систем виробництва тепла та електроенергії на біомасі може бути хорошим рішенням для післязбиральних відходів, оскільки тут можна одночасно отримувати як електроенергію, так і тепло для сушіння [60].

Не менш важливою при здійсненні екологічного аналізу викидів забруднюючих речовин при сушінні зерна є теорія контролю джерел та технологічної оптимізації: вибір систем аспірації, фільтрації (циклонні сепаратори, фільтри тканинні/рукавні, мокрі скрубери), їх ефективність у різних діапазонах розмірів часток, а також управління процесом сушіння (задавання температури, швидкості повітря, автоматизовані системи керування) визначають ступінь локального навантаження. Теоретичною основою раціонального проектування є аналіз співвідношення «ефективність очищення – енергоспоживання – витрати на експлуатацію», а також врахування нерівномірного розподілу навантаження між паралельними фільтрами/циклонними блоками (що важливо при масштабуванні) [58].

Нарешті, теоретичний підхід до екологічного аналізу викидів повинен включати інституційно-правовий та нормативний вимір: визначення нормативних граничних концентрацій, стандарти технічного обслуговування систем очистки, а також підходи до екологічного моніторингу (періодичний та автоматизований). Важливо поєднувати нормативні вимоги з адаптивною управлінською логікою, що дозволяє оперативно реагувати на перевищення й виявлені ризики.

1.3. Загальна характеристика підприємств з обробки зерна та особливості технологічного процесу

Виробнича зона досліджуваного фермерського господарства (ФГ) з обробки зерна розташована у Луцькому районі, Волинської області. Основним видом діяльності ФГ є обробка зернових культур для подальшої реалізації, а саме: кукурудзи; пшениці; сої; соняшнику; ячменю; ріпаку.

Взаємне розташування підприємства та прилеглих об'єктів має такий вигляд: з півночі на відстані близько 315 м знаходиться житлова забудова, зі сходу – житлова забудова на відстані близько 155 м, з півдня розміщені землі сільськогосподарського призначення, а із заходу прилягає сільськогосподарське поле.

Дані щодо району розташування ФГ, а також умови навколишнього середовища представлено в табл. 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1

Координати розташування фермерського господарства

Пн. широта			Сх. довгота		
Градуси (о)	Мінути (')	Секунди (")	Градуси (о)	Мінути (')	Секунди (")
Об'єкт					
50	47	51	25	7	37

Джерело: розроблено автором на основі [19].

На території фермерського господарства розміщено два виробничі майданчики. На *першому* з них розташована паливна, що обслуговує адміністративну будівлю. У холодний період року для опалення приміщення використовується твердопаливний котел потужністю 100 кВт. Як паливо застосовуються дрова з річним обсягом споживання близько 30 тонн. Тривалість роботи котла становить 4440 годин на рік, що відповідає цілодобовому функціонуванню протягом 185 днів.

Таблиця 1.2

Метеорологічні показники та коефіцієнти, що впливають на процес розсіювання забруднюючих речовин у повітряному середовищі населеного пункту

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	180
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, °С	23,5
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т, °С	-4,9
Середньорічна роза вітрів, %	
П	8
ПС	5,2
С	11
ПдС	15,7
Пд	15,2
ПдЗ	12,5
З	18,8
ПЗ	13,6
Швидкість вітру (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5 %, U*, м/с	13

Джерело: розроблено автором на основі [19].

На підприємстві функціонує металообробна дільниця, оснащена зварювальним апаратом та газовим різак. Для виконання зварювальних робіт застосовуються електроди марок АНО-3 та АНО-4 у кількості по 5 кг на рік кожних. Газове різання здійснюється із використанням газового різка та кисню. Токарні й свердлильні верстати розміщені у закритому приміщенні, тому викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря відсутні.

На території підприємства для потреб зберігання та заправки автотранспорту нафтопродуктами облаштовано резервуарний парк, до складу якого входять два наземні резервуари: один для дизельного палива об'ємом 9 м³ та один для бензину об'ємом 7 м³. Протягом року підприємство споживає 311 м³ дизельного палива та 193 м³ бензину. Видача пального до транспортних засобів здійснюється за допомогою паливо-роздавальних колонок марок

«Plusi» та «Adast», кожна з яких обладнана одним роздавальним пістолетом із продуктивністю 3 м³/год.

До основних технологічних процесів належать:

- приймання нафтопродуктів з автомобільних цистерн у резервуари;
- зберігання нафтопродуктів в резервуарах;
- відпуск нафтопродуктів через паливно-роздавальні колонки.

На *другому* проммайданчику знаходиться зернопереробний комплекс.

Зернові культури, доставлені з комбайнів, висипаються з автомобіля у завальну яму, звідки норією подаються на подальшу обробку. Вологе зерно транспортується до зерносушильної установки СЗ-16, тоді як сухе спрямовується на дві зерноочисні машини типу БЦС-50.

Перед процесом сушіння норія подає вологе зерно на малий сепаратор, який видаляє з потоку сторонні домішки – частинки соломи, насіння бур'янів, пісок, дрібні камінці та інші включення, що відрізняються за розміром і аеродинамічними властивостями. Оскільки сепаратор розташований у закритому приміщенні, викиди забруднюючих речовин в атмосферу не утворюються.

Після попереднього очищення зерно надходить на сушіння в установку СЗ-16 із продуктивністю 16 т/год. Як джерело теплової енергії використовується пальник «Ecoflam Maior P 150.1 АВ» потужністю 150 кВт, який працює на сирій нафті. Річна витрата палива становить 167 т.

Принцип роботи зерносушарки базується на конвективному теплообміні між зерном, що переміщується між решітчастими стінками, та агентом сушіння – нагрітим повітрям або його сумішшю з продуктами згоряння палива. Зерно надходить до верхнього транспортера, де скребки рівномірно розподіляють його вздовж робочої частини сушарки. Далі воно опускається вниз у два канали, сформовані жалюзійними решітками, крізь які подається сушильний агент від теплогенератора через змішувальну камеру.

Повітря, проходячи крізь ґратчасті стінки та шари зерна, нагріває матеріал, забирає з нього вологу та виводиться в атмосферу. Нижче сушильної

зони зерно надходить у перший інвертор, де відбувається його перемішування: частки, що перебували ближче до стінок і сильніше нагрілися, переміщуються до середини, тоді як менш нагріті – до країв. Це забезпечує рівномірність прогрівання та сушіння.

Після цього зерно знову проходить через сушильну камеру, де повторно нагрівається, а потім потрапляє у другий інвертор для додаткового перемішування.

В охолоджувальній камері вентилятор створює розрідження, завдяки чому атмосферне повітря проходить крізь ґратчасті стінки і шар гарячого зерна, охолоджуючи та досушуючи його. Підігріте при цьому повітря спрямовується до змішувальної камери, де воно знову з'єднується із сушильним агентом і повертається до циклу сушіння. Після остаточного охолодження зерно подається на нижній транспортер, який транспортує його до відвантажувальної норії.

Після процесу сушіння зерно норією транспортується до сепаратора САД-10, принцип роботи якого полягає у розподілі матеріалу на фракції відповідно до їх питомої ваги за допомогою повітряних потоків. Зерно надходить на вібролоток, де воно рівномірно розподіляється по товщині шару в камері сепарації. Усередині камери відбувається розшарування та відбір зерна під дією потоків повітря, створених вентилятором високого тиску та спрямованих струменевим генератором.

Зерно, зібране з поля і таке, що не потребує сушіння, а також висушений матеріал після сепарації, подається норіями до двох зерноочисних установок типу БЦС-50. У процесі очищення зерно звільняється від легких домішок, які відрізняються від основної маси за аеродинамічними характеристиками. Тверді частинки, що утворюються під час очищення, виводяться через циклони з ефективністю пиловловлювання 82,4 % та 83,6 % відповідно.

Очисна установка БЦС-50 складається з двох циліндричних блоків продуктивністю 50 т/год кожен, що розміщені на спеціальній металевій платформі. Відокремлення домішок здійснюється за допомогою решіт та під

дією повітряного потоку. Принцип роботи полягає в тому, що зернова маса спочатку надходить у віялку, де за рахунок повітряного потоку відділяються пил, легкі та дрібні домішки, які потрапляють у циклон. Далі зерно подається на ситовий барабан, який обертається і водночас здійснює вертикально-коливальні рухи. Завдяки поєднанню відцентрових і інерційних сил частинки матеріалу притискаються до внутрішньої поверхні решета, переміщуються вниз і проходять через отвори трьох сит. У результаті зерновий матеріал розділяється на кілька фракцій: дрібні домішки, подрібнене або дрібне зерно, основне очищене зерно та великі домішки. Відібрані домішки надходять у герметичний бункер об'ємом 48 м³, що виключає утворення викидів у повітря.

Після очищення сухе зерно подається до двох повністю закритих бункерів для зберігання, кожен об'ємом 250 м³. Завдяки герметичності конструкції викиди забруднюючих речовин відсутні. Далі очищене зерно завантажується у вантажні автомобілі для подальшої реалізації або транспортується до складських приміщень. Протягом року в кожному складі зберігається близько 1000 т зернових культур.

Зерно поступає з власних полів фермерського господарства.

Реалізація готової продукції здійснюється на ТзОВ «АПГ Пан Курчак» та ТОВ «Волинь-зерно-продукт». Види продукції, що випускається господарством представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Види продукції (готова продукція та напівфабрикати, що виготовляються)

№ з/п	Вид продукції	Річний випуск
1	2	3
1	Ріпак	1000 т/рік
2	Ячмінь	980 т/рік
3	Соняшник	4040 т/рік
4	Соя	97 т/рік
5	Пшениця	4700 т/рік
6	Кукурудза	7000 т/рік

На території підприємства розміщені два наземні резервуари для зберігання сирої нафти ємністю 20 м³, у яких упродовж року зберігається 167 т сирої нафти. Тут також знаходяться 2 наземні резервуари ємністю 50 м³, які не експлуатуються. Резервуари є герметично закритими, тому викиду забруднюючих речовин не відбувається. На території підприємства знаходиться недіюча сушильна камера.

Зерноочисні установки моделі БЦС-50 мають продуктивність – 17817 т зернових культур, де: кукурудза – 7000 т, пшениця – 4700 т, соя – 97 т, соняшник – 4040 т, ячмінь – 980 т, ріпак – 1000 т.

Зберігання пального відбувається в закритому приміщенні на території фермерського господарства, а місцеве населення використовує золу в якості добрив.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ ЗЕРНА

2.1. Джерела утворення забруднюючих речовин на підприємстві з обробки зерна

Джерелом 1 утворення забруднюючих речовин є твердопаливний котел потужністю 100 кВт, який використовується для опалення адміністративного приміщення протягом опалювального сезону. Його річний робочий фонд складає 4440 годин (24 години на добу, 185 днів). В якості палива застосовуються дрова, річна витрата яких становить 30 тонн. Викид від котла організований. При спалюванні дров утворюються такі забруднювачі: оксиди азоту (у перерахунку на діоксид), оксид вуглецю, суспендовані тверді частинки без диференціації за складом, а також парникові гази – метан, оксид діазоту, діоксид вуглецю та неметанові леткі органічні сполуки.

Джерелом 2 забруднення повітря є металообробна дільниця, що включає зварювальний апарат і газовий різак. Кожна установка працює 104 години на рік (по 2 години на тиждень протягом 52 тижнів). Річна витрата електродів становить 5 кг АНО-3 та 5 кг АНО-4, а продуктивність газової різки – 10 м/год. Викид забруднюючих речовин є неорганізованим. Під час зварювальних робіт електродами АНО-3 та АНО-4 у повітря виділяються оксид заліза (у перерахунку на залізо) та марганець із його сполуками (у перерахунку на діоксид марганцю). Під час газового різання спостерігається викид оксиду заліза (у перерахунку на залізо), сполук марганцю (у перерахунку на діоксид марганцю), оксидів азоту (у перерахунку на діоксид) та оксиду вуглецю.

Джерелом 3 забруднення повітря є наземний резервуар для зберігання дизельного палива об'ємом 9 м³. Протягом року використовується 311 м³ палива, а час експлуатації резервуара складає 8760 годин на рік (365 днів по 24

години на добу). Викид забруднюючих речовин організований. Під час зберігання дизельного палива у повітря потрапляють сірководень, бензол та насичені вуглеводні C_{12} - C_{19} .

Джерелом 4 забруднення повітря є наземний резервуар для зберігання бензину об'ємом 7 м³. Протягом року використовується 193 м³ палива, а час експлуатації резервуара становить 8760 годин на рік (365 днів по 24 години на добу). Викид забруднюючих речовин організований. Під час зберігання бензину у повітря виділяються бензол, ксилол, толуол та насичені вуглеводні C_{12} - C_{19} .

Джерелом 5 є паливо-роздавальна колонка «Adast» з одним пістолетом для дизельного палива потужністю 3 м³/год (50 л/хв). Викид парів дизельного палива відбувається у проміжку між заправним шлангом і горловиною бака транспортного засобу (автоцистерни, каністри). Час роботи колонки становить 104 години на рік, а викид неорганізований. Під час заправки в атмосферу надходять сірководень, бензол та насичені вуглеводні C_{12} - C_{19} .

Джерело 6 – паливо-роздавальна колонка «Plusi» з одним пістолетом для бензину потужністю 3 м³/год (50 л/хв). Викид парів бензину відбувається у проміжку між заправним шлангом і горловиною бака транспортного засобу (автоцистерни, каністри). Час експлуатації колонки становить 64 години на рік, а викид є неорганізованим. Під час заправки в атмосферу надходять бензол, ксилол, толуол та насичені вуглеводні C_{12} - C_{19} .

Джерело 7 – завальна яма об'ємом 30 м³, у яку з автомобілів висипають зернові культури, доставлені з комбайнів. Фонд робочого часу становить 1260 годин на рік (105 днів по 12 годин на добу). Викид неорганізований, а в атмосферу надходять суспендовані тверді частки зерна, не класифіковані за складом.

Джерело 8 – зерносушильна установка СЗ-16. Під час сушіння зерна через зниження вологості відбувається часткове шелушіння, що формує пилові частинки. Загальна кількість висушеної зернової культури за рік складає 11 370 т, у тому числі кукурудза – 7000 т, пшениця – 2350 т, соняшник

– 2020 т. Сушка здійснюється димовими газами від теплогенератора «Ecoflam Maior P 150.1 AB» (P = 150 кВт) на сирій нафті; річна витрата палива – 167 т. Розбавлення димових газів до необхідної температури забезпечують два вентилятори. Фонд робочого часу установки становить 1260 год/рік (105 днів по 12 годин). Джерело викиду є неорганізованим. У атмосферу надходять оксиди азоту (у перерахунку на діоксид), оксид вуглецю, діоксид та триоксид сірки (у перерахунку на діоксид сірки), ванадію п'ятиоксид, парникові гази (метан, діоксид вуглецю, оксид діазоту, НМЛОС) та суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом.

Джерело 9 – сепаратор САД-10, призначений для очистки зернових культур від домішок. Фонд його робочого часу складає 1260 год/рік (105 днів по 12 годин). Джерело викиду організоване. Під час роботи у атмосферу виділяються суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом.

Джерела 10–11 – дві зерноочисні установки БЦС-50, кожна з яких обладнана віброцентробіжним сепаратором продуктивністю 50 т/год, що відокремлює зернові культури від домішок. У процесі роботи установки очищують зерно від дрібних, легких і великих бур'янистих включень, які відрізняються розмірами та аеродинамічними властивостями. Тверді суспендовані речовини відокремлюються і виводяться через циклони з ефективністю 82,4 % та 83,6 %. Річна продуктивність комплексу становить 17 817 т, у тому числі: кукурудза – 7000 т, пшениця – 4700 т, соя – 97 т, соняшник – 4040 т, ячмінь – 980 т, ріпак – 1000 т. Фонд робочого часу кожної установки – 1260 год/рік (105 днів по 12 годин). Джерела викиду організовані, забруднюючі речовини – суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом.

Джерела 12–14 – склади зернових культур №1, №2 та №3, призначені для переміщення і зберігання зерна. У кожному складі протягом року зберігається по 1000 т зернових культур. Фонд робочого часу становить 4320 год/рік (180 днів по 24 години). Джерела викиду неорганізовані. Під час

зберігання утворюються забруднюючі речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом.

2.2. Методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів

Надійність і точність оцінки забруднення атмосфери значною мірою залежить від вибору відповідних методик моніторингу та аналізу, які враховують специфіку джерел викидів, фізико-хімічні властивості забруднювачів і умови розсіювання у навколишньому середовищі. У підрозділі детально описуються прилади та технології для кількісного та якісного визначення забруднюючих компонентів, а також алгоритми розрахунку обсягів викидів на основі експериментальних даних та нормативних показників. Це дозволяє створити комплексну систему оцінки екологічного навантаження і обґрунтувати заходи щодо зменшення впливу промислових процесів на атмосферне повітря.

Методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів вказані у табл.2.1.

Таблиця 2.1

Методи вимірювання рівнів концентрацій і методики аналізу обсягів викидів*

№ з/п	Забруднююча речовина	Метод визначення показників концентрації	Методика визначення величин викидів
1	2	3	4
1	Ванадію п'ятиоксид	-	Розрахунково
2	Заліза оксид (у перерахунку на залізо)	-	Розрахунково
3	Марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	-	Розрахунково

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	Газоаналізатор	Інструкція із експлуатації ОКCI-5М-5Н
		-	Розрахунково
5	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки	-	Розрахунково
6	Сірководень	-	Розрахунково
7	Вуглецю оксид	Газоаналізатор	Інструкція із експлуатації ОКCI-5М-5Н
		-	Розрахунково
8	Метан	-	Розрахунково
9	Бензол	-	Розрахунково
10	Ксилол	-	Розрахунково
11	Толуол	-	Розрахунково
12	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉	-	Розрахунково
13	Суспендовані частинки, недиференційовані за складом	Гравіметричний	МВВ № 081/12-0161-05
		-	Розрахунково
14	Діоксид вуглецю	-	Розрахунково
15	Оксид діазоту	-	Розрахунково
16	НМЛОС	-	Розрахунково

*Джерело: [11; 12; 17; 24; 25; 38; 45; 46; 47].

Що стосується заходів контролю за виконанням встановлених нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин (табл. 2.2), то при визначенні обсягів викидів основну роль відіграють прямі методи вимірювання концентрацій забруднювачів та об'єму газоповітряної суміші з одночасним фіксуванням її температури. Контроль дотримання нормативів ГДВ здійснюється на організованих джерелах викидів.

Таблиця 2.2

Заходи контролю за виконанням дотримання нормативів ГДВ*

Номер джерела викиду	Найменування забруднюючої речовини	Затверджений граничнодопустимий викид		Періодичність вимірювання	Методика виконання вимірювань	Місце відбору проб
		мг/м ³	г/с			
1	2	3		4	5	6
1	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту		0,01	1 раз на рік	ОКСІ-5М-5Н	газохід
	Оксид вуглецю		0,17	1 раз на рік	ОКСІ-5М-5Н	газохід
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	150		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	газохід
9	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	150		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	труба
10	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	150		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	труба
11	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікрочастинки, волокна)	150		1 раз на рік	МВВ№081/12-0161-05	труба

*Джерело: [16; 17; 18; 41; 46; 47].

Виміри необхідно проводити згідно графіку, узгодженого з місцевими екологічними органами влади і затвердженому керівництвом підприємства. У випадках відсутності спеціалізованих методик або приладів для вимірювання застосовують балансові методи розрахунку викидів, враховуючи продуктивність обладнання, склад сировини та інші параметри. При визначенні величин викидів розрахунковим методом використовуються наступні джерела: [16; 17; 18; 41; 46; 47].

Максимально разові (г/с) та річні валові викиди (т/рік) забруднюючих речовин в атмосферне повітря від джерел утворення визначалися на основі

аналізу результатів інструментальних вимірювань, аналітичних розрахунків, проектних матеріалів і технологічних нормативів. Річний фонд робочого часу обладнання та кількість джерел викидів, що функціонують одночасно, встановлено шляхом аналізу технологічних процесів, коефіцієнтів завантаження машин, продуктивності структурних підрозділів підприємства, а також із урахуванням обсягів використаної сировини, матеріалів і палива.

Для джерела 1 розрахунок обсягів викидів виконано відповідно до [16] і [17]. Значення максимально разових викидів (г/с) оксидів азоту (у перерахунку на діоксид), оксиду вуглецю та речовин у вигляді недиференційованих твердих частинок визначалися за результатами фактичних вимірювань. Для розрахунку валових викидів (т/рік) використовувалися дані щодо річного споживання палива (т/рік).

Розрахунок обсягів викидів від зварювальних апаратів джерела 2 здійснено відповідно до методики [17]. Для визначення максимально разових викидів (г/с) усіх забруднюючих речовин застосовували питомі показники утворення шкідливих речовин (г/кг) та годинну витрату електродів (кг/год). Розрахунок валових викидів (т/рік) проводився із використанням тих самих питомих показників (г/кг) і даних річної витрати електродів (кг/рік). Викиди забруднюючих речовин, що утворюються під час газового різання, розраховано згідно з методикою [41]. Для визначення максимально разових викидів при цьому враховували питомі показники утворення забруднюючих речовин (г/м погонного різання) та продуктивність процесу різання (м/год). Валові викиди (т/рік) від газової різки визначали з урахуванням масової витрати (г/с) та річного фонду робочого часу (год/рік).

Величини викидів джерел 3 та 4 розраховані відповідно до методики [16]. Джерел 5–6 згідно методики [16; 17]. Максимально-разовий (г/с) і валовий викиди (т/рік) зернового пилу із джерела 7 визначені за питомими показниками, згідно методик [18] та [46]. Для джерела 8 максимально-разовий (г/с) і валовий викиди (т/рік) суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом визначені за питомими показниками, згідно

методики [17]. Розрахунок викидів від спалювання сирової нафти проведено згідно методики [18]. Величини викидів забруднюючих речовин із джерел 9–11, визначені згідно методик [46] та [47]. Величини викидів забруднюючих речовин для джерел 12–14, визначені згідно методики [46].

2.3. Комп'ютерне моделювання процесів забруднення атмосфери

Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі здійснюється за допомогою програмного комплексу ЕОЛ+. Алгоритмічна основа цього комплексу базується на положеннях «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств» («ОНД-86») [33]. Пошук несприятливих швидкостей вітру виконується автоматично, залежно від заданого діапазону швидкостей.

Для моделювання розсіювання забруднюючих речовин прийнято розрахунковий майданчик розміром 500×500 м із сіткою розрахункових точок через 50×50 м.

Оцінювання впливу викидів на стан атмосферного повітря проводиться на основі результатів моделювання процесів розсіювання забруднюючих речовин та даних, отриманих під час інструментальних вимірювань.

З метою визначення потреби проведення розрахунків розсіювання викидів, потрібно перевірити рівність згідно «ОНД-86» [33]:

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

де: M – сумарне значення викидів від усіх джерел $\Phi\Gamma$, г/с;

$\GammaДК$ – максимально разова гранично допустима концентрація, мг/м^3 ;

$\bar{H}$ – середньозважена за $\Phi\Gamma$ висота джерел викиду, м.

Для ванадію п'ятиокису, речовин у вигляді суспендованих частинок, недиференційованих за складом, оксиду азоту (у перерахунку на діоксид), ангідриду сірчистого потрібно здійснити розсіювання (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Коефіцієнт доцільності проведення розрахунків розсіювання на ЕОМ

№ з/п	Найменування забруднюючої речовини	Доцільність проведення розрахунків розсіювання /так чи ні/ М/ГДК > Ф
1	2	3
1	Ванадію п'ятиокис	так
2	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	ні
3	Марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	ні
4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційов	так
5	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	так
6	Ангідрид сірчистий	так
7	Сірководень	ні
8	Оксид вуглецю	ні
9	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	ні
10	Бензол	ні
11	Ксилол	ні
12	Толуол	ні

Джерело: [33].

Відсутність необхідності виконання розрахунків розсіювання для інших забруднюючих речовин свідчить про те, що їхні концентрації у приземному шарі атмосфери не перевищують 0,05 від величини гранично допустимої концентрації (ГДК).

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ОБРОБЦІ
ЗЕРНА НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

3.1. Аналітичні показники обсягів викидів шкідливих речовин у повітряне середовище

Розглянемо результати розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від джерела № 1 – паливної установки. Джерелом викиду є димова труба, основні параметри якої становлять: висота – 8 м, діаметр – 0,3 м.

У табл. 3.1 показано результати валових викидів забруднюючих речовин E_j , а також допоміжні дані k_j – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для дров; $B_{\text{рік}}$ – спалювання дров; Q_i^r – нижча робоча теплота згорання дров.

Таблиця 3.1

Сумарні показники забруднюючих речовин за джерелом 1

Найменування речовини	Q_i^r МДж/кг	$B_{\text{рік}}$ т/рік	k_j г/ГДж	E_j т/рік
оксиди азоту (у в перерах. на діоксид)	12,30	30	12,59	0,0046
вуглецю оксид	12,30	30	215,52	0,080
Суспендовані частинки не диференційовані за складом	12,30	30	15,61	0,0058
Парникові гази				
метан	12,30	30	5	0,0018
діоксид вуглецю	12,30	30	102721	37,9
оксид діазоту	12,30	30	4	0,0015
НМЛОС	12,30	30	45	0,017

Підсумкові результати викидів із джерела № 2 – металообробної дільниці, при здійсненні газової різки, зокрема, P – питомий викид забруднюючих речовин; продуктивність порізки L ; *максимально-разовий*

викид забруднюючих речовин q_m та валовий викид M^{BAL} будуть наступними (табл 3.2):

Таблиця 3.2

Викиди забруднюючих речовин при здійсненні газової різки

№ з/п	Речовини	P, г/м	L, м/год	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	заліза оксид (у перерахунку на залізо)	4,37	10	0,012	0,022
2	марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	0,13	10	0,00036	0,00066
3	оксид азоту (у перерахунку на діоксид)	2,20	10	0,0061	0,011
4	оксид вуглецю	2,18	10	0,0061	0,011

Сумарні дані викидів забруднюючих речовин при зварюванні електродами подано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Викиди забруднюючих речовин при зварюванні електродами

№ з/п	Забруднюючі речовини	Максимально-разовий викид, Мj, г/с	Валовий викид В, т/рік
1	заліза оксид (у перерахунку на залізо)	0,0028	0,0011
2	марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	0,00031	9,4E-05

Сумарну таблицю викидів забруднюючих речовин від металообробної дільниці представлено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Викиди забруднюючих речовин від металообробної дільниці

№ з/п	Забруднюючі речовини	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	заліза оксид (у перерахунку на залізо)	0,012	0,023
2	марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)	0,00036	0,00075
3	оксид азоту (у перерахунку на діоксид)	0,0061	0,011
4	оксид вуглецю	0,0061	0,011

За джерелом 3 викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря відбувається під час безпосереднього зберігання дизпалива в ємності. Результати розрахунків *максимально-разових викидів* q_m та *валових викидів* M^{BAL} забруднюючих речовин висвітлено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Викиди забруднюючих речовин від наземного резервуара
для зберігання дизпалива

№ з/п	Забруднюючі речовини	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	сірководень	4,0E-08	1,3E-06
2	бензол	2,1E-08	6,7E-07
3	Вуглеводні насичені C ₁₄ -C ₁₉	1,4E-05	0,00044

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від джерела 4 відбуваються під час безпосереднього зберігання бензину в ємності. Показники результатів розрахунків *максимально-разових викидів* q_m та *валових викидів* M^{BAL} забруднюючих речовин подано у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Викиди забруднюючих речовин від наземного резервуара
для зберігання бензину

№ з/п	Забруднюючі речовини	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	бензол	9,7E-06	0,00030
2	ксилол	5,7E-06	0,00018
3	толуол	9,2E-06	0,00029
4	вуглеводні насичені C ₁₄ -C ₁₉	0,0022	0,068

Максимально-разовий та валовий викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря при заправці автотранспорту з паливо-роздавальної колонки «Adast» (джерело 5) зазначено у табл. 3.7

Таблиця 3.7

Викиди забруднюючих речовин при заправці автотранспорту
з паливо-роздавальної колонки «Adast»

№ з/п	Забруднюючі речовини	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	сірководень	7,8E-05	2,8E-05
2	бензол	4,2E-05	1,5E-05
3	Вуглеводні насичені C ₁₄ -C ₁₉	0,028	0,010

Максимально-разовий та валовий викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря при заправці автотранспорту з паливо-роздавальної колонки «Plusi» (джерело 6) зазначено у табл. 3.8

Таблиця 3.8

Викиди забруднюючих речовин при заправці автотранспорту
з паливо-роздавальної колонки «Plusi»

№ з/п	Забруднюючі речовини	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	бензол	5,4E-05	1,2E-05
2	ксилол	9,0E-05	2,1E-05
3	толуол	0,00013	2,9E-05
4	вуглеводні насичені C ₁₄ -C ₁₉	0,036	0,0082

Розрахункове значення максимально-разового та валового викидів твердих суспендованих частинок які виділяються із джерела 7 при прийомці зерна з автотранспорту показано в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Викиди забруднюючих речовин із завальної ями

№ з/п	Забруднююча речовина	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
1	Тверді суспендовані частинки	0,098	0,18

Максимально-разовий та валовий викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря які утворюються у процесі роботи джерела 8 (зерносушильної устатковки) представлено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Викиди забруднюючих речовин від зерносушильної установки

№ з/п	Забруднюючі речовини	q _m , г/с	M ^{БАЛ} , т/рік
1	оксид азоту (у перерахунку на діоксид)	0,21	0,96
2	оксид вуглецю	0,48	2,19
3	сірки діоксид	0,29	1,31
4	суспендовані частинки недиференційовані за складом	30,06	136,3
5	ванадію п'ятиокис	0,021	0,096
Парникові гази			
6	метан	-	0,021
7	діоксид вуглецю	-	528
8	оксид діазоту	-	0,0041
9	НМЛОС	-	0,34

Показники максимально-разового та валового викидів твердих суспендованих частинок які виділяються із джерела 9 (сепаратор САД-10) при очищенні зернових культур від домішок представлено в табл. 3.11. Фонд робочого часу сепаратора становить 1260 год/рік; витрата сільськогосподарських культур рівна 17817 т/рік.

Таблиця 3.11

Викиди забруднюючих речовин при роботі сепаратора (джерела 9)

№ з/п	Забруднююча речовина	q _m , г/с	M ^{БАЛ} , т/рік
1	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	5,62	25,51

У процесі роботи зерноочисних установок БЦС-50 джерел 10–11, при очищенні зернових культур від дрібних, легких і великих бур'янистих домішок, які відрізняються від основної зернової культури розмірами і аеродинамічними властивостями, відбувається відділення твердих суспендованих речовин від зернового матеріалу та виведення їх через циклони

з ефективністю очистки 82,4 % та 83,6 %. Фонд робочого часу кожної установки становить – 1260 год/рік (105 днів, 12 год/день). Витрата сільськогосподарських культур рівна 8908,5 т/рік. Результати розрахунку максимально-разового та валового викидів твердих суспендованих частинок представлено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Викиди забруднюючих речовин при роботі зерноочисних установок
(джерела 10–11)

№ джерела	Забруднююча речовина	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
Джерело 10	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	0,49	2,25
Джерело 11	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	0,46	2,09

Дані розрахунку максимально-разового та валового викидів складів зернових культур джерел 12–14 показано в табл. 3.13. Упродовж року в кожному складі зберігається по 1000 т зернових культур. Фонд робочого часу становить 4320 год/рік (180 днів, по 24 год/день).

Таблиця 3.13

Викиди забруднюючих речовин зі складів зернових культур
(джерела 12–14)

№ джерела	Забруднююча речовина	q_m , г/с	M^{BAL} , т/рік
Джерело 12	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	3,0E-05	0,00023
Джерело 13	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	1,5E-05	0,00023
Джерело 14	Тверді суспендовані частинки, недиференційовані за складом	1,5E-05	0,00023

3.2. Комплексний аналіз видового складу й кількості викидів у атмосферне середовище від стаціонарних джерел

Відповідно до переліку основних і найбільш небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких підлягають державному регулюванню, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29 листопада 2001 року № 1598, а також згідно з Переліком забруднюючих речовин і порогових значень потенційних викидів, за якими ведеться державний облік об'єктів, що чинять або можуть чинити шкідливий вплив на здоров'я населення та стан атмосферного повітря (наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.05.2002 № 177, зареєстрований у Міністерстві юстиції 22.05.2002 за № 445/6733), необхідно визначати такі категорії:

- перелік найбільш поширених забруднюючих речовин та їх обсяги, викиди яких регулюються і підлягають державному обліку;
- перелік небезпечних забруднюючих речовин та відповідні обсяги їх викидів, що підлягають регулюванню і державному контролю;
- перелік інших забруднюючих речовин, викиди яких також регулюються та враховуються під час державного обліку;
- перелік забруднюючих речовин, для яких гранично допустимі концентрації (ГДК) або орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) в атмосферному повітрі населених пунктів не встановлені [8].

Результати дослідження комплексного аналізу видового складу й кількості викидів у атмосферне середовище від стаціонарних джерел представлено в дод. В-Р.

Порівняльні дані щодо фактичних обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами з установленими нормативами наведено в дод. 3. Виходячи з обсягів цих викидів, підприємство віднесено до другої групи за класифікацією об'єктів.

3.3. Оцінювання приземних концентрацій забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони та екологічні заходи щодо їх зниження

Межі санітарно-захисної зони підприємства визначаються від крайніх точкових джерел викидів забруднюючих речовин [10]. Згідно з даними джерела [10], діяльність підприємства охоплює такі виробничі ділянки:

1) Підприємства з переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: для об'єктів, що займаються переробкою продукції рослинництва, продовольчого й фуражного зерна, насіння зернових, олійних культур та трав без ділянки протруювання, встановлюється санітарно-захисна зона (СЗЗ) радіусом 100 м, що відповідає четвертому класу небезпеки.

2) Блок-пункт АЗС: відстань від АЗС до житлової забудови та громадських споруд визначається за результатами розрахунку забруднення атмосферного повітря викидами автозаправної станції, проте не може бути меншою за 50 м (п. 5.32).

3) Паливні установки: для об'єктів, що забезпечують опалення адміністративних, побутових, житлових, навчальних та лікувальних будівель, санітарно-захисна зона не нормується відповідно до ДСП № 173.

Розміри санітарно-захисної зони виробничої бази підтверджено результатами розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин. Отримані значення показують, що концентрації у зоні впливу підприємства не перевищують гігієнічних нормативів. Атмосферне повітря на межі нормативної СЗЗ та житлової забудови відповідає граничнодопустимим концентраціям, при яких не спостерігається шкідливого впливу на здоров'я населення та стан довкілля.

Фактична санітарно-захисна зона для підприємства встановлюється на рівні нормативної – 100 метрів. У межах цієї зони відсутні дитячі садки, школи, лікувально-профілактичні установи, спортивні споруди та охоронні зони джерел водопостачання.

Оцінювання приземних концентрацій забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони підприємства на стан атмосферного повітря проводиться на основі отриманих результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин.

Дані показників концентрацій шкідливих забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони розміром 100 м, становлять:

Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	0,46	ГДК
Суспендовані тверді частинки	0,51	ГДК
Ванадію п'ятиокис	0,48	ГДК
Ангідрид сіристий	0,51	ГДК

Показники концентрацій шкідливих забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря на межі СЗЗ, розміром 100 м, з урахуванням фонового забруднення, є наступними:

Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид)	$0,46 + 0,4 = 0,86$	ГДК
Суспендовані тверді частинки	$0,51 + 0,4 = 0,91$	ГДК
Ванадію п'ятиокис	$0,48 + 0,4 = 0,88$	ГДК
Ангідрид сіристий	$0,51 + 0,4 = 0,91$	ГДК

Для запобігання перевищенню встановлених нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ) фермерському господарству слід один раз на рік проводити контроль за обсягами викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря відповідно до затвердженого графіка. Таким чином, концентрації забруднюючих речовин в атмосфері, з урахуванням фонового забруднення, на межі нормативної санітарно-захисної зони не перевищують гігієнічних нормативів. Якість повітря на межі СЗЗ відповідає допустимому рівню вмісту шкідливих речовин, за якого відсутній негативний вплив на здоров'я населення та стан навколишнього природного середовища [10].

Узагальнюючи процес обробки зерна, можна визначити комплекс практичних заходів, спрямованих на зниження рівня викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря:

1) *Впровадження сучасних систем пиловидалення.* Ефективне очищення зерна від пилу та дрібних частинок під час технологічних операцій є ключовим напрямом зменшення викидів. Використання інноваційних фільтраційних систем, циклонів, аспіраційних установок і пиловловлювачів забезпечує суттєве скорочення потрапляння шкідливих домішок у повітря.

2) *Підвищення енергоефективності технологічного обладнання.* Використання сучасних зерносушарок із регульованими режимами нагрівання та автоматичним контролем витрати енергії сприяє зменшенню утворення шкідливих речовин під час згоряння палива. Європейський досвід свідчить, що застосування таких систем дозволяє скоротити викиди CO₂ та оксидів азоту до 20–30 %.

3) *Перехід на альтернативні джерела енергії.* Використання біопалива, теплових насосів або сонячних колекторів може значно знизити антропогенне навантаження на атмосферу. Такі рішення не лише екологічно безпечні, а й економічно доцільні у довгостроковій перспективі.

4) *Впровадження систем автоматизованого контролю та моніторингу.* Автоматизовані системи дають змогу своєчасно виявляти перевищення нормативних показників викидів, оптимізувати роботу обладнання та попереджати аварійні ситуації, що супроводжуються інтенсивними викидами пилу чи газів.

5) *Підвищення екологічної компетентності персоналу.* Регулярне навчання працівників правилам експлуатації очисного обладнання, поводження з паливом і дотримання технологічних режимів сприяє зменшенню ймовірності перевищення допустимих викидів.

Отже, зниження рівня забруднення атмосферного повітря під час обробки зерна є досяжним завдяки системному поєднанню технічних, організаційних і освітніх заходів. При цьому важливо дотримуватися принципу оптимального балансу між економічною ефективністю виробництва та екологічною безпекою, що відповідає сучасним концепціям сталого розвитку аграрного сектору.

ВИСНОВКИ

Головні наукові результати дослідження полягають у наступному:

1. Зернові культури становлять основу сучасного аграрного виробництва та відіграють ключову роль у світовій продовольчій системі. Вони є стратегічним продуктом, що формує взаємозв'язки не лише в аграрному секторі, а й у загальній економічній структурі. Наукові дослідження доводять, що розроблення, вдосконалення та моделювання систем управління процесами обробки зерна мають важливе практичне й теоретичне значення. Водночас вирощування та післязбиральна обробка зернових культур чинять відчутний вплив на екологічні процеси та загальний стан довкілля.

2. Екологічний аналіз впливу викидів, що виникають у процесах сушіння, очищення, транспортування та зберігання зерна, базується на міждисциплінарному підході, який поєднує принципи екотоксикології, атмосферної фізики, інженерії технологічних процесів та оцінки соціоекологічних ризиків. Основну увагу приділено аерозолям, газоподібним компонентам і летким органічним сполукам, що визначають якість атмосферного повітря та умови експозиції населення і працівників. Моделювання поширення забруднювачів дозволяє оцінити локальні та регіональні наслідки викидів, а поєднання моніторингу з оцінкою життєвого циклу – визначити енергетичну ефективність і вуглецевий слід процесів. Теоретичні засади охоплюють також принципи оптимізації систем аспірації та фільтрації, управління технологічними режимами і дотримання нормативно-правових вимог, що у комплексі формує підґрунтя для розроблення ефективних заходів мінімізації негативного впливу зернообробних процесів на довкілля.

3. Виробнича зона фермерського господарства розташована у Луцькому районі, Волинської області. Основним видом діяльності виступає обробка зернових культур (кукурудзи, пшениці, сої, соняшнику, ячменю, ріпаку) для подальшої реалізації.

На території фермерського господарства функціонують два окремих промислових майданчики. На першому розташована паливна, що обслуговує адміністративну будівлю, а на другому – зернопереробний комплекс. Технологічний процес передбачає подачу зерна в завальну яму, з якої воно транспортується на зерносушильну установку СЗ-16, після чого висушене зерно надходить на дві зерноочисні установки типу БЦС-50.

4. На підприємстві ідентифіковано 14 джерел утворення забруднюючих речовин. Для визначення концентрацій викидів використовували як експериментальні, так і розрахункові методи. Контроль за дотриманням нормативів гранично допустимих викидів здійснюється переважно шляхом прямих вимірювань концентрації шкідливих речовин і об'єму газоповітряної суміші з одночасною фіксацією її температури. У випадках відсутності можливості виконання таких вимірювань застосовуються балансові методи розрахунку, що ґрунтуються на показниках продуктивності обладнання, характеристиках сировини та інших технологічних параметрах.

5. Розрахунок максимальних разових і валових викидів у повітряне середовище здійснювався на основі комплексного аналізу даних інструментальних вимірювань, аналітичних розрахунків, проектних матеріалів і технологічних нормативів. Визначення річного фонду роботи обладнання та максимальної кількості одночасно діючих джерел викидів проводилося з урахуванням особливостей технологічних процесів, коефіцієнтів завантаження устаткування, продуктивності окремих виробничих ділянок, а також обсягів використаної сировини, матеріалів і палива.

6. Для визначення концентрацій забруднюючих речовин у повітряному середовищі було застосовано програмний комплекс ЕОЛ+, алгоритми якого реалізують положення «Методики розрахунку концентрацій шкідливих речовин у викидах підприємства». Оцінювання впливу викидів на стан атмосферного повітря здійснювалося на основі результатів моделювання розсіювання забруднюючих речовин та даних, отриманих під час інструментальних вимірювань.

7. У ході функціонування підприємства в атмосферу надходять такі забруднюючі речовини: оксиди азоту, оксид вуглецю, суспендовані тверді частинки, оксид заліза, сполуки марганцю, ксилол, толуол, сірководень, бензол, різні вуглеводні, а також парникові гази – метан, діоксид вуглецю, оксид діазоту та НМЛОС. У роботі проведено розрахунок як максимально-разових, так і валових викидів цих речовин.

8. Загальний обсяг викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел підприємства становить 737,4 т/рік, з яких 0,19 т/рік припадає на небезпечні компоненти. Відповідно до обсягів утворених викидів підприємство віднесено до другої групи за класифікацією об'єктів, що впливають на стан атмосферного повітря.

9. Концентрації забруднюючих речовин у межах нормативної санітарно-захисної зони, з урахуванням фонових рівнів забруднення, не перевищують установлених гігієнічних нормативів. Стан атмосферного повітря в межах СЗЗ відповідає вимогам щодо граничнодопустимих концентрацій, за яких відсутній шкідливий вплив на здоров'я населення та навколишнє природне середовище.

Узагальнюючи результати аналізу процесів зернообробки, можна зробити висновок, що зниження рівня викидів забруднюючих речовин можливе завдяки впровадженню комплексу технічних, організаційних і технологічних заходів. При цьому необхідно забезпечити раціональний баланс між економічною ефективністю, екологічною безпекою та соціальною відповідальністю виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В., Заришняк А. С., Прилуцький А. Н., Степаненко С. П. Концепція перспективи комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. (99 (1)). 2014. С. 40–56.
2. Активне вентильовання та сушіння зерна: навч. посіб. / О. І. Гапонюк, М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич, І. І. Гапонюк. Одеса: ВМВ, 2014. 326 с.
3. Бандура В. М., Кірієнко О. О. Розвиток інфрачервоної техніки для обробки зерна. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, (3). 2015. С. 53–57.
4. Берлінець М. М. Екологічна ефективність процесу післязбиральної обробки зерна під час застосування комбінованих фотовітроенергетичних систем. *Наукові горизонти*. 2020. Т. 23. № 12. С. 58–64. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/11506/1/SH_2020_23_12_58-64.pdf
5. Гаєк Є. А. Підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2023. С. 243–245. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/46788/1/Molod_Tekh_prohres_APK_23-243-245.pdf
6. ГДК 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. 44 с.
7. ГДК та ОБРВ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. 56 с.
8. Гранично-допустимі (ГДК) та орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Київ, 2000. 48 с.
9. Гросул Л. Г., Гапонюк О. І., Яцкова Т. Й. Огляд устаткування для

післяжнивної обробки зерна. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. (38 (1)). 2010. С. 71–73.

10. «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів №173» від 19.06.1996 р. (ДСП № 173). 51 с.

11. ДСТУ 8725:2017. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків. 50 с.

12. ДСТУ 8726:2017 Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення тиску та температури газопилових потоків. 19 с.

13. Єгоров Д. К., Єгорова Н. Ю., Капустян М. В., Бордун М. Д. Особливості виробництва насіння зернових культур на регіональному рівні. VI Міжнародна науково-практична конференція. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. 2022. С. 127–130.

14. Збірник із розрахунку вмісту забруднюючих речовин у викидах від неорганізованих джерел забруднення атмосфери. Донецьк, 2004. 155 с.

15. Збірник методик із розрахунку викидів в атмосферу забруднюючих речовин різними виробництвами. 1986. 142 с.

16. Збірник методик із розрахунку вмісту забруднюючих речовин у викидах неорганізованих джерел забруднення атмосфери. ОАО «УкрНТЕК». Донецьк, 1994. 125 с.

17. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. Том I. 184 с.

18. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004. Том III. 220 с.

19. Звіт із інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря для підприємства «з обробки зерна». 2020. 30 с.

20. Інструкція із експлуатації газоаналізатора OKCI-5M-5H. Харків. 2010. 16 с.

21. Караїм В. П., Милько І. П., Караїм О. А. Особливості оцінки впливу підприємства на довкілля за умови впровадження системи екологічного менеджменту. *Молода наука Волині : пріоритети та перспективи досліджень* : матеріали XVI Міжн. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (17 травня 2022 року). Луцьк: ВНУ імені Лесі Українки, 2022. С. 229–231.

22. Караїм О. А., Бакараєв О. А., Хомацький В. М. Техноекоелогічні аспекти розрахунку викидів забруднюючих речовин підприємством. *Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології*: матеріали I Міжн. наук. конф. (Луцьк, 1–3 червня 2022 року). Луцьк: ВНУ імені Лесі Українки, 2022. С. 130–132.

23. Караїм О. А., Гулай, Л. Д., Юрченко, О. М., Бакараєв, О. А., Джам, О. А., Музиченко, О. С., Лавринюк, З. В. Екологічна оцінка впливу на довкілля викидів забруднюючих речовин ДП «Колківське ЛГ». *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2021. № 24. С. 66–78. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-06>.

24. КНД 211.2.3.014-95. «Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві». 10 с.

25. КНД 211.2.3.063-98. Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів. 18 с.

26. Кондратенко І. П., Лисенко В. П., Березюк, А. О., Комарчук, Д. С. Індукційна установка для термообробки зерна ріпаку. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 55–58.

27. Кравцова А. М., Руда О., Кудлаєнко М. Проблеми підвищення рівня рентабельності виробництва зерна в Україні. *Вісник Хмельницького Національного університету. Економічні науки*. 2010. № 6. С. 150–153. URL: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2010_6_3/150-153.pdf

28. Кунденко М. П., Руденко А. Ю. Аналіз сучасних методів обробки зернових за критерієм ефективності. *Вісник Приазовського Державного*

Технічного Університету. Серія: Технічні науки. 2020. № 41. С. 136–144. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.41.2020.226193>

29. Ліщина Т. О., Караїм О. А. Глобальне споживання зернових культур: екологічні аспекти та наслідки. *Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень* : матеріали XIX Міжнар.наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (13–14 травня 2025 року). Луцьк : Вежа-Друк, 2025. С. 921–923.

30. Ліщина Т. О., Караїм О. А. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на атмосферне повітря при обробці зернових культур. *Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень* : матеріали XIX Міжнар.наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (14–15 травня 2024 року). Луцьк: ВНУ імені Лесі Українки, 2024. С. 1075–1078.

31. МВВ № 081/12-0161-05. Викиди газопилові промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації речовини у вигляді суспендованих твердих частинок в організованих викидах стаціонарних джерел гравіметричним методом. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76450.

32. Методика визначення інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу для автотранспортних підприємств (розрахунковим методом). 1998. 67 с.

33. Методичні вказівки щодо визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу із резервуарів. 1999. 64 с.

34. Методичний посібник із розрахунку викидів від неорганізованих джерел у промисловості будівельних матеріалів. 1985. 18 с.

35. Методичний посібник із розрахунку, нормування та контролю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (Доповнене та перероблене). СП, 2012. 58 с.

36. Михайлов Є. В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України: монографія. Мелітополь. 2012. 258 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/3133>

37. Михайлов Є., Сербій Є., Задосна Н., Рубцов М. Рекомендації щодо обґрунтування комплексу технічних засобів післязбиральної обробки зерна в умовах Півдня України. *Техніка і технології АПК*. (5). 2016. С. 28–30.

38. ОНД-86. Методика розрахунку концентрацій у атмосферному повітрі шкідливих речовин, які у викидах підприємств. 1987. 68 с.

39. Паламарчук І. П., Цуркан О. В., Присяжнюк Д. В., Полєвода Ю. А. Обґрунтування схеми віброозонуючої сушарки для післязбиральної обробки зерна. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 6. С. 151–156.

40. Піскарьов О. М., Мусієнко Д. В. Сучасні системи автоматизації обробки зерна. *Матеріали XIX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія в XXI столітті»*. 2023. С. 219.

41. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напилення металів, розроблені Інститутом гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзеєва АМН України та затверджені Мінікоресурсів України 11.01.2003. 15 с.

42. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. 2011. 26 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/7081>

43. Про затвердження переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.11.2001. № 1598. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1598-2001-%D0%BF>

44. Про оцінку впливу на довкілля. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2059-19>

45. РД 52.04.59-85. Вимоги до точності контролю за промисловими викидами. Методичні вказівки. 54 с.

46. РД 0212.4-2002. Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від неорганізованих джерел виділення пилу на зернопереробних підприємствах та елеваторах. Мінськ. 2002 р. 69 с.

47. Типова методика визначення викидів від основних виробництв за галузями промисловості. Основні положення. Київ. 2000 р. 16 с.

48. Третяк А., Клімова І. Методологічні проблеми оцінки впливу на довкілля землекористування як планованої господарської діяльності. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. №. 2. С. 38–48.

49. Філіна О. М., Дюдяєва О. А. Стан реалізації міжнародних вимог щодо оцінки впливу на довкілля для окремих видів планової діяльності. *Матеріали III Міжн. наук.-практ. конф. «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (22–23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна)*. Херсон, 2020. С. 616–618.

50. Чернихівська А. В. Сучасні інструменти екологічного оцінювання впливу антропогенної діяльності на довкілля. *Університетські наукові записки*. 2014. №. 1. С. 361–367.

51. Чорна Т. М. Оцінка впливу на довкілля як інструмент мінімізації екологічних наслідків діяльності промислових підприємств. *Природокористування і сталий розвиток : економіка, екологія, управління. Зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. конференції, 10–11 квітня 2014 р.* Ірпінь, 2014. С. 325–327. URL: <http://ir.asta.edu.ua/jspui/bitstream/doc/22/1/005ir.pdf>.

52. Чугай А., Чернякова О., Базика Є. Аналіз техногенного навантаження на повітряний басейн окремих промислово-міських агломерацій Східної України (на прикладі міста Дніпро). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2018. № 19. С. 75–81. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2018-19-07>.

53. Шевченко О. Г. Основні джерела надходження забруднюючих речовин в атмосферу. *Збірник наукових праць Військового інституту КНУ імені Тараса Шевченка*. 2006. Вип. № 5. С. 228–233.

54. Aghbashlo M., Mobli H., Rafiee S., Madadlou A. A review on exergy analysis of drying processes and systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. № 22. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.015>
55. Ashuro Z., Debela B. G., Daba C., Hareru H. E., Abaya S. W., Byrne A. L. The effect of occupational exposure to organic dust on lung function parameters among African industrial workers: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*. 2024. № 12. 1424315. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1424315>
56. Bentley A. Broken bread – Avert global wheat crisis caused by invasion of Ukraine. *Nature*. 2022. № 603(7902), 551. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-00789-x>
57. Boac J. M., Maghirang R. G., Casada M. E., Wilson J. D., Jung Y. S. Size distribution and rate of dust generated during grain elevator handling. *Applied Engineering in Agriculture*. 2009. № 25(4). P. 533–541.
58. Chang K., Li J., Jin Y., Liu C. Development of grain dryer control technology from the perspective of low carbon and intelligentization. *Applied Sciences*. 2024. № 14(22). 10587. DOI: <https://doi.org/10.3390/app142210587>
59. Fradgley N. S., Gardner K. A., Kerton M., Swarbreck S. M., Bentley A. R. Balancing quality with quantity: A case study of UK bread wheat. *Plants, People, Planet*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppp3.10462>
60. Lamidi R. O., Jiang L., Pathare P. B., Wang Y. D., Roskilly A. P. Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. *Applied Energy*. 2019. № 233–234. P. 367–385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.044>
61. Majumder P., Deb B., Gupta R., Sablani S. S. A comprehensive review of fluidized bed drying: sustainable design approaches, hydrodynamic and thermodynamic performance characteristics, and product quality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. № 53(C). 102643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102643>
62. Olivkar P. R., Katekar V. P., Deshmukh S. S., Palatkar S. V. Effect of

sensible heat storage materials on the thermal performance of solar air heaters: state-of-the-art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. № 157. 112085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112085>

63. Panigrahi S. S., Luthra K., Singh C. B., Atungulu G., Corscadden K. On-farm grain drying system sustainability: current energy and carbon footprint assessment with potential reform measures. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023. № 60. 103430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103430>

64. Zhu X., Zhang Z., Hinds L. M., Sun D.-W., Tiwari B. K. Applications of ultrasound to enhance fluidized bed drying of *Ascophyllum nodosum*: drying kinetics and product quality assessment. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. № 70. 105298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105298>

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічна характеристика підприємства*

№ дж.	Джерело викидів	Обладнання	Витрата	Фонд робочого часу обладнання
1	2	3	4	5
1	Паливна адміністративного приміщення	Твердопаливний котел (Р = 100 кВт)	Дрова – 30 т	4440 год/рік
2	Металообробна дільниця	Зварювальний апарат – 1 шт., газова різка – 1 шт.	Електроди АНО-3 – 5 кг/рік, АНО-4 – 5 кг/рік, продуктивність порізки – 10 м/год	104 год/рік
3	Наземний резервуар для зберігання дизельного палива	Наземний резервуар для зберігання палива ємністю 9 м ³ – 1 шт.	Дизельне паливо – 311 м ³ /рік	8760 год/рік
4	Наземний резервуар для зберігання бензину	Наземний резервуар для зберігання палива ємністю 7 м ³ – 1 шт.	Бензин – 193 м ³ /рік	8760 год/рік
5	Паливо-роздавальна колонка	Паливо-роздавальна колонка «Adast» (потужність – 3 м ³ /год) – 1 шт.	Дизельне паливо – 311 м ³ /рік	104 год/рік
6	Паливо-роздавальна колонка	Паливо-роздавальна колонка «Plusi» (потужність – 3 м ³ /год) – 1 шт.	Бензин – 193 м ³ /рік	64 год/рік
7	Завальна яма	Завальна яма	Зернові культури: кукурудза – 7000 т/рік, пшениця – 4700 т/рік, соя – 97 т/рік, соняшник – 4040 т/рік, ячмінь – 980 т/рік, ріпак – 1000 т/рік	1260 год/рік

Продовження додатку А

1	2	3	4	5
8	Зерносушильна установка	Зерносушильна установка СЗ-16, паливник «Ecoflam Maior P 150.1 АВ» (P = 150 кВт)	Зернові культури: кукурудза – 7000 т/рік, пшениця – 2350 т/рік, соняшник – 2020 т/рік, сира нафта – 167 т/рік	1260 год/рік
9	Сепаратор	Сепаратор САД-10	Зернові культури: кукурудза – 7000 т/рік, пшениця – 4700 т/рік, соя – 97 т/рік, соняшник – 4040 т/рік, ячмінь – 980 т/рік, ріпак – 1000 т/рік	1260 год/рік
10-11	Зерноочисна установка	Зерноочисна установка БЦС-50 – 2 шт.		1260 год/рік
12-14	Склад зернових культур	Склад зернових культур №1, №2, №3	Зернові культури: кукурудза – 1000 т/рік, пшениця – 1000 т/рік, соняшник – 1000 т/рік	4320 год/рік

*Джерело: складено автором на основі [19].

Додаток Б

Сировина, допоміжні матеріали, які необхідні для випуску продукції*

№ з/п	Сировина, допоміжні матеріали	Призначення	Умови зберігання	Річне використання		Наявність документації, що регламентує вимоги санітарного законодавства
1	2	3	4	5		6
1	Електроди АНО-4	Зварювання металів	Склад	0,005	т/рік	ГОСТ 9467-75
2	Електроди АНО-3	Зварювання металів	Склад	0,005	т/рік	ГОСТ 9467-70
3	Бензин	Заправка автотранспорту	Наземний резервуар	193	м³/рік	ДСТУ 4840-07
4	Дизпаливо	Заправка автотранспорту	Наземний резервуар	311	м³/рік	ДСТУ 3868-99
5	Ріпак	Висушування, очистка зерна	-	1000	т/рік	ДСТУ 4966:2008
6	Ячмінь	Висушування, очистка зерна	-	980	т/рік	ДСТУ 3769-98
7	Соняшник	Висушування, очистка зерна	У складі	4040	т/рік	ДСТУ 7011:2009
8	Соя	Висушування, очистка зерна	-	97	т/рік	ДСТУ 4964:2008
9	Пшениця	Висушування, очистка зерна	У складі	4700	т/рік	ДСТУ 3768:2010
10	Кукурудза	Висушування, очистка зерна	У складі	7000	т/рік	ДСТУ 4525:2006
11	Сира нафта	Висушування зерна	Наземний резервуар	167	т/рік	ДСТУ 8698:2016

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток В

Відомості про стан забруднення атмосферного повітря*

№ з/п	Забруднююча речовина	ГДК (мг/м ³)	Фонова концентрація (мг/м ³)
1	2	3	4
1	Ванадію п'ятиокис	0,002	0,008
2	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,2	0,08
3	Ангідрид сірчистий	0,5	0,2
4	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	0,5	0,2

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток Д

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами*

№ з/п	Забруднююча речовина	Фактичний обсяг викидів (т/рік)	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік (т/рік)
1	2	3	4
1	Оксид вуглецю	2,2723	1,5
2	Вуглецю діоксид	565,9	500
3	Метан	0,0228	10
	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,10073	
4	Ванадію п'ятиокис	0,096	0,02
5	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	0,0046	0,1
6	Марганець та його сполуки (в перерахунку на діоксид марганцю)	0,00013	0,005
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	166,33649	3
7	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	166,33649	3
	Сполуки азоту, в т.ч.:	0,9725	
8	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,9669	1
9	Азоту(1) оксид (N ₂ O)	0,0056	0,1
	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	1,3100293	2

Продовження додатка Д

1	2	3	4
10	Ангідрид сірчистий	1,31	1,5
11	Сірководень	2,93E-5	0,03
	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,44448767	1,5
12	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,08664	1,5
13	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)	0,357	1,5
14	Бензол	0,00032767	0,05
15	Ксилол	0,000201	0,9
16	Толуол	0,000319	0,9
Усього для підприєм- ства		737,35933697	

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Найбільш поширені забруднюючі речовини

№ з/п (т/рік)	Забруднююча речовина	Фактичний обсяг викидів (т/рік)	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік
1	2	3	4
1	Оксид вуглецю	2,2723	1,5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	166,33649	3
2	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	166,33649	3
	Сполуки азоту, в т.ч.:	0,9669	
3	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,9669	1
	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	1,3100293	2
4	Ангідрид сірчистий	1,31	1,5
5	Сірководень	2,93E-5	0,03
Усього		170,8857193	

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Небезпечні забруднюючі речовини*

№ з/п	Забруднююча речовина	Фактичний обсяг викидів	Порогові значення потенційних викидів для взяття на державний облік
1	2	3	4
	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,10073	
1	Ванадію п'ятиокис	0,096	0,02
2	Заліза оксид**(в перерахунку на залізо)	0,0046	0,1
3	Марганець та його з'єднання (в перерахунку на діоксид марганцю)	0,00013	0,005
	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,08748767	1,5
4	Вуглеводні граничні C12-C19(розчинник РПК-265 П та інш.)	0,08664	1,5
5	Бензол	0,00032767	0,05
6	Ксилол	0,000201	0,9
7	Толуол	0,000319	0,9
Усього		0,18821767	

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток 3

Порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами із встановленими нормативами на викиди*

Номер джерела викиду	Найменування забруднюючої речовини	Фактичний викид		Норматив ГДВ	
		масова концентрація в газопиловому потоці, мг/м ³	величина масового потоку в газах, що відходять, кг/год	масова концентрація в газопиловому потоці, мг/м ³	величина масового потоку в газах, що відходять, кг/год
1	2	3	4	5	6
Установки для спалювання < 50 МВт (котлоагрегати)					
1	Оксид вуглецю	856,000	0,612	250	> 5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:		0,0468	150	< 0,5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	62,000	0,0468	150	< 0,5
	Сполуки азоту, в т.ч.:		0,036		
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	50,000	0,036	500	> 5
Переробка сільськогосподарської продукції					
9	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:		0,468	150	< 0,5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	76,000	0,468	150	< 0,5

Продовження додатка 3

1	2	3	4	5	6
10	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:		0,1728	150	< 0,5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	44,000	0,1728	150	< 0,5
11	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:		0,1872	150	< 0,5
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	41,000	0,1872	150	< 0,5
Станції обслуговування (включаючи заправку автомобілів)					
3	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	0,000	1,44E-7		
	Сірководень	0,000	1,44E-7	5	> 0,05
	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛЮС), в т.ч.:		5,04756E-5		
	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,047	5,04E-5		-
	Бензол	0,000	7,56E-8	5	> 0,025
4	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛЮС), в т.ч.:		0,00800856		
	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	7,330	0,00792		-
	Бензол	0,032	3,492E-5	5	> 0,025
	Ксилол	0,019	2,052E-5	100	0,1...2
	Толуол	0,031	3,312E-5		-

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток К

Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Виробництво, процес, установка, устаткування	Номер джерела викиду	Найменування джерела викиду	Параметри джерел викиду		Місце відбору проб	Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Найменування Забруднюючої речовини	Максималь- на масова концентра-ція забруд- нюючої речовини, мг/м3	Потужність викиду		
			висота, м	діаметр вихідного отвору, м		витрата, м ³ /с	швидкість, м/с	температура, °C			г/сек	кг/год.	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Установки для спалювання < 50 МВт (котлоагрегати)	1	Димова труба	8	0,3	газохід	0,203	4,02	102	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	62	0,013	0,0468	0,0058
									Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	50	0,01	0,036	0,0046
									Азоту(1) оксид (N2O)				0,0015
									Оксид вуглецю	856	0,17	0,612	0,08
									Вуглецю діоксид				37,9
									Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)				0,017

Продовження додатку К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
									Метан				0,0018
Зварювання металів	2	Металообробна дільниця	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	40	0,012	0,0432	0,0046
									Марганець та його з'єднання (в перерахунку на діоксид марганцю)	1,2	0,00036	0,001296	0,00013
									Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	20	0,0061	0,02196	0,0023
									Оксид вуглецю	20	0,0061	0,02196	0,0023
Станції обслуговування (включаючи заправку автомобілів)	3	Наземний резервуар для зберігання дизпалива	3	0,1	-	0,3	1,5	13	Сірководень	0,00013	0,00000004	0,000000144	0,0000013
									Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,047	0,000014	0,0000504	0,00044
									Бензол	0,00007	0,000000021	0,0000000756	0,00000067
Станції обслуговування (включаючи заправку автомобілів)	4	Наземний резервуар для зберігання бензину	3,5	0,1	-	0,3	1,5	13	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	7,33	0,0022	0,00792	0,068
									Бензол	0,032	0,00000097	0,00003492	0,0003
									Ксилол	0,019	0,00000057	0,00002052	0,00018

Продовження додатку К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
									Толуол	0,031	0,000009 2	0,00003312	0,00029
Станції обслуговування (включаючи заправку автомобілів)	5	Паливороздаваль на колонка	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Сірководень	0,26	0,000078	0,0002808	0,000028
									Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	93	0,028	0,1008	0,01
									Бензол	0,14	0,000042	0,0001512	0,000015
Станції обслуговування (включаючи заправку автомобілів)	6	Паливороздаваль на колонка	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	120	0,036	0,1296	0,0082
									Бензол	0,18	0,000054	0,0001944	0,000012
									Ксилол	0,3	0,00009	0,000324	0,000021
									Толуол	0,43	0,00013	0,000468	0,000029
Переробка сільськогосподарськ ої продукції	7	Завальна яма	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	327	0,098	0,3528	0,18
Переробка сільськогосподарськ ої продукції	8	Зерносушильна установка	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Ванадію п'ятиокис	70	0,021	0,0756	0,096

Продовження додатку К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
									Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	100200	30,06	108,216	136,3
									Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	700	0,21	0,756	0,96
									Азоту(1) оксид (N ₂ O)				0,0041
									Ангідрид сірчистий	967	0,29	1,044	1,31
									Оксид вуглецю	1600	0,48	1,728	2,19
									Вуглецю діоксид				528
									Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)				0,34
									Метан				0,021
Переробка сільськогосподарської продукції	9	Труба	8	0,44	труба	1,702	9,13	15	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	76	0,13	0,468	25,51
Сереробка сільськогосподарської продукції	10	Труба	11	0,45	труба	1,09	7,35	15	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	44	0,048	0,1728	2,25

Продовження додатку К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Переробка сільськогосподарської продукції	11	Труба	11,5	0,45	труба	1,276	8,61	15	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	41	0,052	0,1872	2,09
Переробка сільськогосподарської продукції	12	Склад зернових культур	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	0,1	0,00003	0,000108	0,00023
Переробка сільськогосподарської продукції	13	Склад зернових культур	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	0,05	0,000015	0,000054	0,00023
Переробка сільськогосподарської продукції	14	Склад зернових культур	2	0,5	-	0,3	1,5	13	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	0,05	0,000015	0,000054	0,00023

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток Л

Характеристика устаткування очистки газів*

Номер джерела викиду	Найменування ГОУ	Забруднюючі речовини, за якими проводиться газоочистка	Витрата газопилового потоку на вході в ГОУ, м ³ /с	Максимальна масова концентрація на вході в ГОУ, мг/м ³	Ефективність роботи ГОУ, %	Витрата газопилового потоку на виході з ГОУ, м ³ /с	Максимальна масова концентрація на виході з ГОУ, мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
10	Циклон	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:					
		Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	1,989	136	82,4	1,09	44
11	Циклон	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:					
		Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	2,056	156	83,6	1,276	41

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

Додаток М

Сумарні потенційні обсяги викидів забруднюючих речовин
та груп речовин в атмосферне повітря від підприємства*

№ з/п	Найменування забруднюючої речовини	Потенційний викид забруднюючої речовини, тонн
1	2	3
1	Оксид вуглецю	2,272
2	Вуглецю діоксид	565,900
3	Метан	0,023
4	Метали та їх сполуки, в т.ч.:	0,101
5	Ванадію п'ятиокис	0,096
6	Заліза оксид (в перерахунку на залізо)	0,005
7	Марганець та його з'єднання (в перерахунку на діоксид марганцю)	0,000
8	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, в т.ч.:	166,337
9	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом	166,337
10	Сполуки азоту, в т.ч.:	0,973
11	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,967
12	Азоту(1) оксид (N ₂ O)	0,006
13	Діоксид та інші сполуки сірки, в т.ч.:	1,310
14	Ангідрид сірчистий	1,310
15	Сірководень	0,000

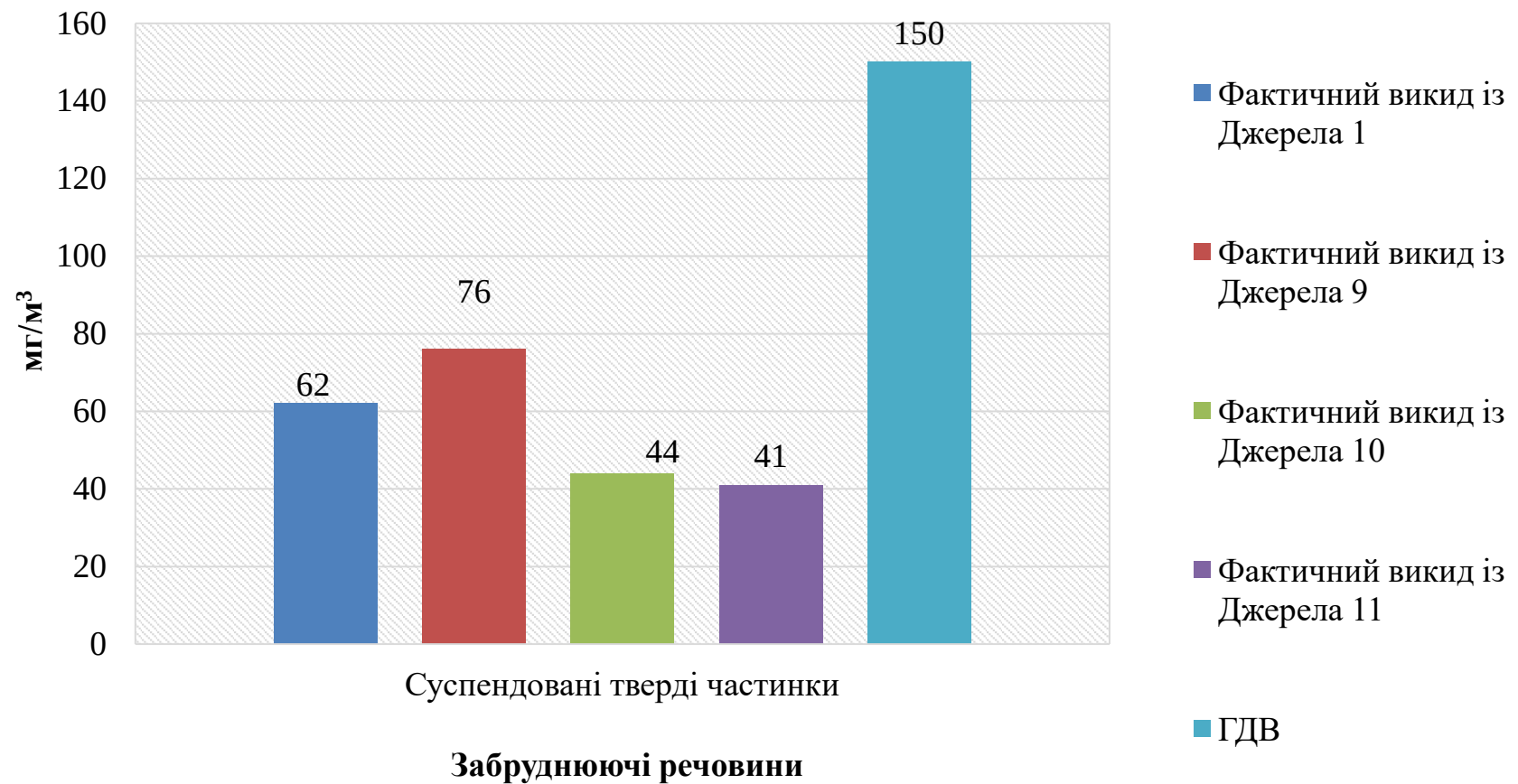
Продовження додатку М

1	2	3
16	Неметанові леткі органічні сполуки, в т.ч.:	0,444
17	Вуглеводні граничні C ₁₂ -C ₁₉ (розчинник РПК-265 П та ін.)	0,087
18	Неметанові легкі органічні сполуки (НМЛОС)	0,357
19	Бензол	0,000
20	Ксилол	0,000
21	Толуол	0,000
	Усього для підприємства:	737,360

*Джерело: розроблено автором на основі [19].

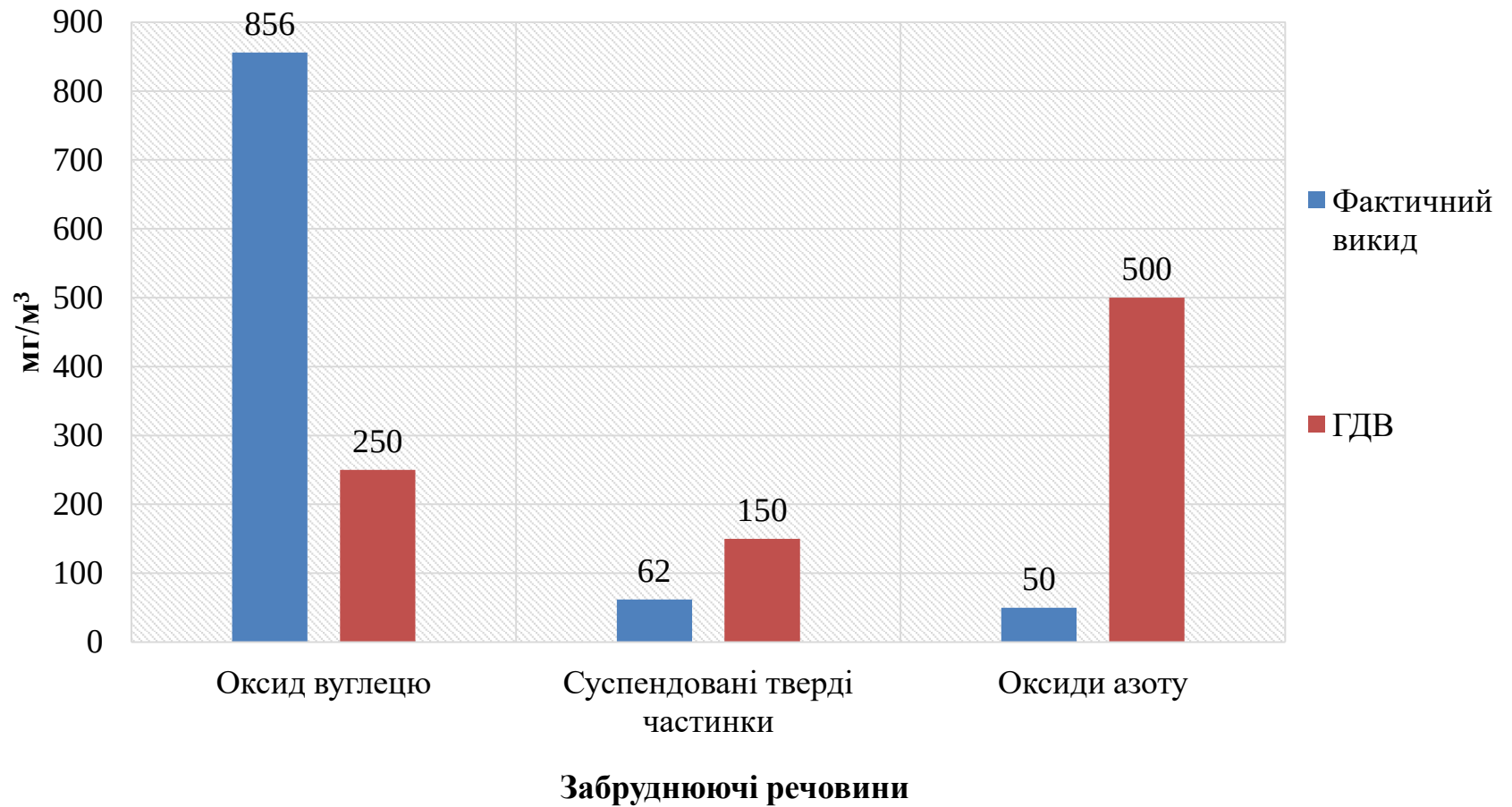
Додаток Н

Порівняльна характеристика фактичних викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом в атмосферне повітря із Джерел 1, 9, 10, 11*



*Розроблено автором за даними джерела [19].

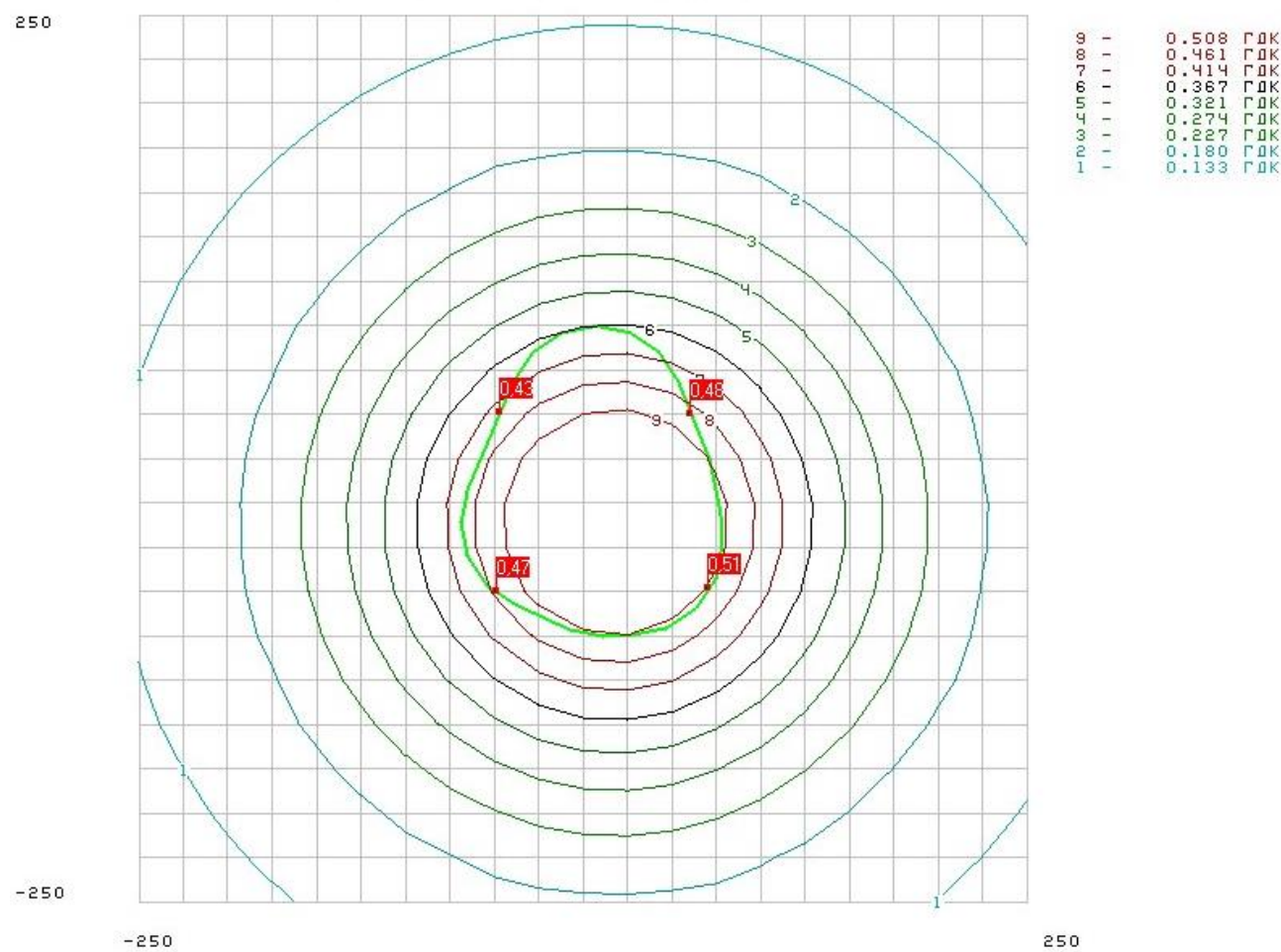
Порівняльна характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин
в атмосферне повітря із джерела 1*



*Розроблено автором за даними джерела [19].

Додаток Р

Концентрація речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом
в приземному шарі атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони*



*Джерело: [19].