Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на тему *«Розробка інноваційних рішень впровадження технологій рециклінгу в умовах повоєнного відновлення промислового регіону». Тема спеціальної частини: «Проєкт удосконалення технології утилізації рідких промислових відходів».*

Виконала: студент ___*2*__курсу, групи *8.1834-з-дн*

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
освітньої програми
Технології захисту навколишнього середовища

спеціалізації
_____
(шифр і назва)

Воронкова В.Г.

Керівник *доцент, к.ф.-м.н. Вагін А.В.*

Рецензент *проф., д.хім.н. Прутцьков Д.В.*
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра _____*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_

Рівень вищої освіти _____*другий магістерський рівень*_____
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність ___*183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма ____*Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ___*МТЕТБ*__
_____ Ю.О. Бєлоконь

«____» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____*Воронкова Валентина Григорівна*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи*«Розробка інноваційних рішень впровадження технологій рециклінгу в умовах повоєнного відновлення промислового регіону». Тема спеціальної частини: «Проєкт удосконалення технології утилізації рідких промислових відходів».*»
керівник роботи___*Вагін Андрій Вікторович,_____к.ф.-м.н., доцент*_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від *"27" 02* 2025 року *№ 319-с*

2. Строк подання студентом роботи _____*26.02.2026*_____

3. Вихідні дані до роботи *удосконалити технологію утилізації рідких промислових відходів на ПП «СЛАВУТИЧ -ТАРА»*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *вступ, концепція рециклінгу в контексті євроінтеграції та війни в Україні, проєкт удосконалення технології утилізації рідких промислових*

відходів на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА», забезпечення охорони праці та техногенної безпеки на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА», обґрунтування еколого – економічного та соціального ефекту від удосконалення технології мокрої очистки газів при переробці рідких відходів ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА», висновки, перелік джерел посилань, додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційний матеріал на 9 слайдах (на 9 сторінках)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Вагін А.В., доцент*	21 липня 2025 року
Розділ 2	*Вагін А.В., доцент*	21 серпня 2025 року
Розділ 3	*Вагін А.В., доцент*	21 жовтня 2025 року
Розділ 4	*Вагін А.В., доцент*	01 грудня 2025 року
Нормоконтроль	*Бєлоконь К.В., доцент*	05 січня 3035 року

7. Дата видачі завдання 02.06.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ*		Виконано
2	*Розділ 1 КОНЦЕПЦІЯ РЕЦИКЛІНГУ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ТА ВІЙНИ В УКРАЇНІ*	21 липня 2025 року	Виконано
3	*Розділ 2 ПРОЄКТ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПП «СЛАВУТИЧ - ТАРА»*	21 серпня 2025 року	виконано
4	*Розділ 3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»……..*	21 жовтня 2025 року	Виконано

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 93 с., 14 табл., 8 рис., 46 літературних джерел.

РЕЦИКЛІНГ, ЄВРОІНТЕГРАЦІЯ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК, ЕКОЛОГІЯ, УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ, РІДКІ ВІДХОДИ, СКРУБЕР, СУШАРКА, ГАЗОПОДІБНА СУМІШ

Об’єкт дослідження – технологія сушіння рідких відходів пивного виробництва.

Предмет дослідження – система очищення рідких відходів пивного виробництва

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення технології сушіння рідких відходів та запровадження двоступеневої системи очищення.

Розглянуто технологічний процес мокрого газоочищення та з’ясовано, що ефективність роботи апарату визначається значенням коефіцієнтом захоплення частки аерозолю $\eta_З$ краплею або плівкою рідини; коефіцієнт захоплення залежить від діаметра краплі, товщини плівки та властивостей рідини.

Описано особливості роботи одновальцевої атмосферної сушарки та скрубера, де відбувається омивання суміші водою і уловлювання дрібних частин дріжджової субстанції.

Проведено розрахунки та запропоновано технологічні заходи з застосування двоступеневого очищення газоповітряної суміші: очищення до скрубера (інерційне в одновальцевій атмосферній сушарці); очищення у скрубері (порожнистий скрубер); забезпечено економію витрат газу та отримано *річну економію електроенергії, яка становить 12041,06 кВт\год на рік.*

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1 КОНЦЕПЦІЯ РЕЦИКЛІНГУ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ТА ВІЙНИ В УКРАЇНІ … 9

1.1. Управління та поводження з відходами: державна політика та екологічний аспект …….. 9

1.2. Концепція рециклінгу в умовах євроінтеграційних трансформацій технологічного розвитку ……. 17

1.3. Комплексне використання відходів харчової промисловості в умовах інноваційних викликів …… …….. 26

1.4. Теоретичні аспекти технології мокрого очищення газів: технологічні особливості, обладнання, різновиди газоочисних апаратів.. 31

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПП «СЛАВУТИЧ -ТАРА»… 42

2.1. Характеристика ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» – провідного підприємства з переробки рідких промислових відходів пивного виробництва ..……..……..…… 42

2.2. Обладнання та технологія, що використовується для сушіння рідких відходів виробництва у скрубері (мокре очищення газів) …… …. 51

2.3. Розрахунок витрат на процес очищення газоподібної суміші при двоступеневій системі очищення рідких відходів пивного виробництва ……..... 56

РОЗДІЛ 3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»…….. 61

3.1. Вимоги до розміщення огородження…….. 61

3.2. Вимоги до розміщення майданчиків та сходів …….. 62

3.3. Особливості техніки безпеки при обслуговуванні та ремонті електрофільтрів …..…… 64

3.4. Особливості безпечного обслуговування скрубера на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» та дотримання правил охорони праці та техногенної безпеки……. 67

РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО – ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВІД УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОКРОЇ ОЧИСТКИ ГАЗІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РІДКИХ ВІДХОДІВ ПП «СЛАВУТИЧ - ТАРА»……..... 74

4.1. Еколого – економічний ефект від удосконалення технології сушіння рідких відходів ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» …… 74

4.2. Соціальний ефект від впровадження технології двоступеневого сушіння рідких відходів на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» …….. 80

ВИСНОВКИ……. 82

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ …..…… 83

ДОДАТКИ ……... 91

ВСТУП

Актуальність теми. Процес сушіння рідких дріжджів у скрубері відіграє визначальну роль у технологічному ланцюгу виробництва кормів. Він забезпечує зменшення масової частки вологи до значень, що відповідають вимогам транспортування, зберігання та подальшої механічної обробки. Скрубер як апарат інтенсивного контакту газ–рідина дозволяє реалізувати ефективне випаровування вологи з дрібнодисперсних крапель дріжджової суспензії, що знижує енерговитрати процесу та мінімізує теплову деструкцію білків, амінокислот і біологічно активних компонентів. У результаті формується напівсухий або сухий продукт, придатний для використання у кормовиробництві.

Сушіння рідких пивних дріжджів у скрубері є необхідною стадією, що забезпечує перехід від відходу пивоварного виробництва до вторинного ресурсу кормового призначення. Реалізація цього процесу дозволяє не лише зменшити об’єм і масу матеріалу, але й підвищити його стабільність, безпечність та технологічну придатність. Завдяки інтенсивному тепло- і масообміну у скрубері досягається оптимальне поєднання ефективності сушіння та збереження поживної цінності дріжджової біомаси, що є критично важливим для подальшого виробництва кормів для сільського господарства.

Багатьма дослідниками встановлено, що ефективність роботи мокрих пиловловлювачів визначається насамперед витратами енергії на процес очищення газу, тому удосконалення технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва забезпечує синергетичний економіко-екологічний ефект, що проявляється у зниженні енергоспоживання, скороченні витрат на утилізацію відходів, мінімізації негативного впливу на довкілля та формуванні вторинної корисної продукції. Реалізація таких технологічних рішень відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, циркулярної економіки та екологічної політики ЄС.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в аналізі та удосконаленні технології сушіння рідких відходів та запровадженні двоступеневої системи очищення.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних завдань:

– здійснити обгрунтування застосування одновальцевої атмосферної сушарки ВН 0,8-2НУ-01;

– здійснити вибір скрубера для забезпечення двоступеневого очищення газоповітряної суміші;

– провести експериментальні розрахунки відповідно до спостережень двоступеневого очищення газоподібної суміші після одновальцевої атмосферної сушарки та скрубера;

– узагальнити результати дослідження двоступеневого очищення газоповітряної суміші;

– розрахувати техніко-економічні показники та визначити соціальний та економіко-екологічний ефект від впроваджених техніко-технологічних рішень.

Об’єкт дослідження – технологія сушіння рідких відходів пивного виробництва.

Предмет дослідження – система очищення рідких відходів пивного виробництва.

РОЗДІЛ 1
КОНЦЕПЦІЯ РЕЦИКЛІНГУ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ ТА ВІЙНИ В УКРАЇНІ

1.1. Управління та поводження з відходами: державна політика та екологічний аспект

Реалії, в яких живе зараз Україна, характеризуються наявністю нових, не притаманних довоєнному часу, факторів та ризиків, що мають місце фактично у всіх сферах буття. Стикаючись із ними чи не вперше в сучасній історії, наша держава постала перед необхідністю вирішення величезного масиву принципово нових проблем та врегулювання нових чи значною мірою змінених війною відносин. Внаслідок триваючої війни з постійними обстрілами українських міст та сіл, активними бойовими діями на значній частині нашої території, щодня пошкоджуються та руйнуються будівлі та споруди, цілі населені пункти перетворюються на руїни.

Постановою Кабінету Міністрів України від 27.09.2022 р. № 1073 було затверджено Порядок управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків (далі – Порядок № 1073) [1]. На цей час саме цей документ є базовим у врегулюванні досліджуваних відносин, оскільки визначає механізм управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд, об'єктів незавершеного будівництва, об'єктів благоустрою внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків, з метою запобігання та зменшення негативного впливу таких відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини. Порядок № 1073 дає визначення поняття «відходи від руйнувань» як «частини (уламки) пошкоджених (зруйнованих) об'єктів, а також матеріали, предмети, які були всередині або поряд з такими об'єктами у момент пошкодження (руйнування)

та/або виконання робіт з демонтажу та які повністю або частково втратили свої споживчі властивості та не можуть у подальшому використовуватись за місцем їх утворення чи виявлення». На виконання норм Закону України «Про управління відходами» постановою Кабінету Міністрів України від 20.10.2023 р. № 1102 затверджено Порядок класифікації відходів та Національний перелік відходів. Останній містить окрему підгрупу 16 12 «Відходи, що утворилися через пошкодження (руйнування) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведення робіт з ліквідації їх наслідків», яка включає 53 види відходів [2].

Національний перелік відходів складається із 20 груп відходів: 1) групи 1 – 12 і 17 – 19 охоплюють відходи, що походять із різних галузей промисловості та/або процесів виробництва; 2) групи 13 – 15 охоплюють відходи, що утворюються в результаті використання різних матеріалів і речовин; 3) група 16 охоплює відходи, які не зазначені в інших групах Національного переліку відходів; 4) група 20 охоплює побутові відходи (відходи домогосподарств та подібні відходи комерційних організацій, промислових підприємств, установ тощо), включаючи окремо зібрані фракції.

Відходи класифікують шляхом віднесення їх до відповідної групи, підгрупи та виду відходів з урахуванням таких класифікаційних ознак: 1) джерела походження відходів; 2) властивостей, у зв’язку з наявністю яких відходи є небезпечними; 3) наявності у відходах компонентів із вмістом небезпечних речовин, перевищення лімітів концентрації яких може призвести до визнання відходів небезпечними.

Класифікація проводиться на основі: 1) відомих фактів про вміст і складові відходів, інформації про продукцію, паспорта безпечності; 2) наявності небезпечних речовин або компонентів із вмістом небезпечних речовин; 3) визначення небезпеки за кожною властивістю згідно з додатком 1 (в ньому міститься інформація про КОДИ класів небезпеки та категорій у межах класів, позначень щодо виду небезпечного впливу за кожною властивістю відповідно до переліку властивостей, що роблять відходи небезпечними); 4)

опису діяльності, в результаті якої утворилися відходи; 5) опису процесу, дії або процедури, в результаті яких утворилися відходи; 6) визначення кількості фракцій, з яких складаються відходи [3].

Небезпечна властивість оцінюється на основі: концентрації хімічних речовин у відходах; проведення досліджень. Нараховується всього 15 небезпечних властивостей, які перераховані в додатку 1, опис вимірювання яких та їх граничні значення також наведено в додатку 1 до Постанови № 1102 [2]. Зі вступом в дію Національного переліку відходів суб'єкти ринку проводитимуть класифікацію відходів вже за новим, аналогічним до європейського, переліком відходів (List of Waste) і відповідно до Порядку класифікації визначатимуть код з урахуванням небезпечних властивостей відходів [3]. Як зазначалося вище новим Національним переліком передбачено 20 груп і 895 видів відходів.

Кабінет Міністрів України на засіданні 25.06.2025 р. схвалив Стратегію реформування системи державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів на період до 2029 року та затвердив операційний план заходів з її реалізації у 2025 – 2027 роках [4].

Ключові кроки, які передбачає стратегія, полягають у таких діях: *усунення* дублюючих функцій державного екологічного нагляду у різних органах влади, а також можливості здійснення дозвільних та контрольних функцій одним органом влади. Усі функції державного екологічного нагляду мають здійснюватись єдиним інтегрованим органом держекоконтролю; *запровадження* принципів пропорційності та невідворотної відповідальності за шкоду навколишньому природному середовищу: не просто сплатити штраф, а усунути шкоду, завдану довкіллю; *трансформація* діючих органів Державної екологічної інспекції України за еколого-ресурсними та еколого-техногенними принципами; *посилення* матеріальної бази галузі, зокрема шляхом створення сучасних вимірювальних лабораторій. Вони будуть працювати за європейськими стандартами із значно більшим спектром досліджень та

забезпечуватимуть збір і належне зберігання доказів; *запровадження* служби оперативного реагування на виклики у органах екологічного контролю – вона працюватиме 24/7. І саме в рамках пілотних проектів буде відтестований такий інструмент. У межах Стратегії реформування системи державного екологічного контролю 25 вересня 2025 року Уряд ухвалив постанову, якою розпочинає реалізацію експериментального проєкту щодо впровадження заходів державного контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища [5].

Новий підхід передбачає перехід від застарілої системи здійснення державного екологічного контролю до превентивної шляхом: запровадження сучасних форм контролю – патрулювання, рейдів та цілодобового реагування на виклики; використання новітнього обладнання та техніки для фіксації екологічної шкоди, а також цифровізацію процесів збору цієї інформації. Патрулювання, рейди та швидке реагування на виклики дадуть змогу виявляти та фіксувати порушення у найкоротші терміни, що дозволить оперативно притягати порушників до відповідальності в установленому законом порядку. Очікується, що на території трьох округів (шести областей) будуть впроваджені пілотні проєкти по створення *ПЕК* (пунктів екологічного контролю): Центральному (Черкаська та Полтавська області); Поліському (Житомирська та Рівненська області); Південно-Західному (Одеська та Миколаївська області).

Основні завдання *ПЕК*: виявлення фактів браконьєрства, незаконних рубок лісу, підпалів сухої рослинності тощо; оперативне реагування на виклики через застосунок «ЕкоЗагроза» та інші засоби телекомунікаційного зв’язку. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України паралельно працює над підготовкою нормативно-правових актів, передбачених Стратегією реформування системи державного екологічного контролю до 2029 року. Після завершення експериментального проєкту, який триватиме протягом шести місяців з дня набрання чинності цієї постанови, планується розробка нового закону про державний екологічний контроль.

Отже, основними принципами державної політики у сфері запобігання утворенню та управління відходами є:

1) *запобігання* – утворювач або власник відходів вживає заходів для запобігання утворенню відходів, а також для уникнення, зменшення або усунення негативного впливу відходів на здоров'я людей та навколишнє природне середовище;

2) *«забруднювач платить»* – утворювач або власник відходів покриває витрати на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення та оброблення, включаючи витрати на створення та утримання об'єктів оброблення відходів;

3) *територіальної наближеності* – оброблення відходів здійснюється на найближчій споруді або установці з оброблення відходів, або в місці захоронення відходів, враховуючи їх екологічну та економічну ефективність, відповідно до регіональних та місцевих планів управління відходами;

4) *формування конкурентного середовища* у сфері управління відходами – суб'єкти господарювання, органи державної влади та органи місцевого самоврядування зобов'язані сприяти розвитку конкуренції та не повинні вчиняти будь-яких неправомірних дій, які можуть мати негативний вплив на конкуренцію у сфері управління відходами.

Отже, у сучасних умовах відходи вважаються головною всесвітньою екологічною проблемою. Критична ситуація, яку сьогодні спостерігаємо у контексті утворення, накопичення, зберігання, перероблення, утилізації та захоронення відходів, посилює екологічні загрози і тому потребує якнайшвидшого вирішення. Погіршенню стану справ у даній сфері сприяють наслідки проведення військових дій на значній частині території України через широкомасштабне вторгнення рф. Тобто, на сучасному етапі інтеграції України в європейський економічний простір, здійснення реформ у багатьох сферах вимагає ефективного управління навколишнім середовищем, у тому числі поводження з відходами.

Управління відходами є складним завданням, яке потребує співпраці з усіма стейкхолдерами. Сучасний етап, що характеризується загальним зростанням утворення відходів і труднощами із забезпеченням необхідної утилізації, змушує ще раз докорінно переглянути ставлення до виробництва та споживання відходів, що утворюються. Найважливішим завданням у цьому плані є досягнення балансу між економічним зростанням та екологічною стійкістю, власне, завдяки переходу країни на принципи циркулярної економіки. Але як перетворити відходи з проблеми на ресурс, а отже повернути їх у виробничий цикл, в регіонах України залишається відкритим питанням. Адже, неналежне поводження з відходами призводить до забруднення ґрунту, повітря, води та приваблює переносників хвороб.

Неправильне поводження з відходами може засмічувати зливові канали, що призводить до повеней, які створюють антисанітарні та токсичні умови, непропорційно впливаючи на бідних людей, які, швидше за все, живуть поблизу або працюють на місцях утилізації відходів. Спалювання відходів виділяє в повітря токсини та тверді частинки, які можуть спричинити респіраторні та неврологічні захворювання, серед інших проблем зі здоров'ям [6]. Пріоритетами державної політики в напрямку ресурсозбереження є такі: оптимізації використання природних ресурсів та зниженні енергоємності, мінімізації негативного впливу на довкілля шляхом переходу до моделі зеленої (циркулярної) економіки [7].

Сьогодні, в умовах повномасштабної війни, формування ефективної системи управління відходами є важливим компонентом якісних змін у всіх регіонах Україні, особливо в тих, які більше всього потерпають від російської навали, що руйнує навколишнє середовище. Перехід від існуючої практики поводження з відходами до системи управління ними вимагає прийняття і реалізації радикальних рішень на законодавчому та виконавчому рівнях ієрархії управління, запровадження європейських принципів управління, що на практиці підтвердили свою дієвість та ефективність. Розробка прогресивної моделі рециркуляції відходів у регіонах України

вимагає комплексного використання сучасних інноваційних технологій, що у поєднанні з європейськими стандартами та запропонованими радикальними рішеннями спроможні створити ефективну національну систему управління відходами [8]. Європейська зелена угода перетворює ЄС на сучасну, ресурсоефективну та конкурентоспроможну економіку. Курс, запущений президентом фон дер Ляєн у 2019 році, відповідає на терміновий заклик громадян, особливо молоді, до дій у сфері клімату. Він визначає план трансформації європейської економіки, енергетики, транспорту та промисловості для більш сталого майбутнього. Він має на меті скоротити викиди щонайменше на 50% до 2030 року, зростаючи до 55%, водночас юридично закріплюючи мету нейтральності до 2050 року через Європейський кліматичний закон. Він просуває чистий перехід, який захищає людей і планету, є економічно обґрунтованим та соціально справедливим [10]. Європейський кліматичний закон закріплює в законодавчому порядку мету, викладену в Європейській зеленій угоді, щоб економіка та суспільство Європи стали кліматично нейтральними до 2050 року. Закон також встановлює проміжну ціль скорочення чистих викидів парникових газів (ПГ) щонайменше на 55% до 2030 року порівняно з рівнями 1990 року [11].

Основними принципами державної політики у сфері поводження з відходами є пріоритетний захист навколишнього природного середовища та здоров'я людини від негативного впливу відходів, забезпечення ощадливого використання матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів, науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства щодо утворення та використання відходів з метою забезпечення його сталого розвитку. До основних напрямів державної політики щодо реалізації зазначених принципів належить [13]: а) забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки при поводженні з ними; б) зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення їх небезпечності; в) забезпечення комплексного використання матеріально-сировинних ресурсів; г) сприяння

максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого повторного чи альтернативного використання ресурсно-цінних відходів; д) забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій, екологічно безпечних методів та засобів поводження з відходами; е) організація контролю за місцями чи об'єктами розміщення відходів для запобігання шкідливому впливу їх на навколишнє природне середовище та здоров'я людини; є) здійснення комплексу науково-технічних та маркетингових досліджень для виявлення і визначення ресурсної цінності відходів з метою їх ефективного використання; ж) сприяння створенню об'єктів поводження з відходами; з) забезпечення соціального захисту працівників, зайнятих у сфері поводження з відходами; и) обов'язковий облік відходів на основі їх класифікації та паспортизації; і) створення умов для реалізації роздільного збирання побутових відходів шляхом запровадження соціально-економічних механізмів, спрямованих на заохочення утворювачів цих відходів до їх роздільного збирання; ї) сприяння залученню недержавних інвестицій та інших позабюджетних джерел фінансування у сферу поводження з відходами [13].

Україна продовжує впроваджувати реформи у сфері управління відходами, орієнтуючись на європейські практики. Створення ефективної системи управління відходами – це не лише екологічний виклик, але й економічна можливість для сталого розвитку країни [14]. Європейський досвід показує, що комплексний підхід до управління відходами може значно зменшити їхнє накопичення, підвищити рівень переробки та створити нові робочі місця. Зокрема, Греція, яка ще кілька десятиліть тому мала проблеми з хаотичним накопиченням відходів, завдяки послідовній політиці, міжнародним інвестиціям та сучасним технологіям значно покращила ситуацію. За кілька років країна планує побудувати всі необхідні заводи для переробки відходів. Зараз працюють 12 таких підприємств, ще 25 знаходяться на стадії будівництва. Ці підприємства можуть виробляти відновлювальне паливо з відходів (RDF), що скорочує обсяги захоронення. На цьому паливі працюватимуть шість

сміттєспалювальних заводів, що фактично є сучасними ТЕЦ, будівництво яких організовує Міністерство довкілля та енергетики Греції. Також впроваджена система GPS для відслідковування перевезень небезпечних відходів.

Одним із стратегічних завдань є розвиток сучасних сміттєпереробних комплексів, які зменшать кількість відходів, що потрапляють на полігони, та підвищать рівень переробки. За оцінками експертів, впровадження ефективної системи роздільного збору та переробки дозволить скоротити обсяги відходів на 40–50%.

Міжнародні партнери активно підтримують реформи в Україні. Проєкти, реалізовані у співпраці з ЄС, Світовим банком та іншими організаціями, спрямовані на модернізацію інфраструктури та навчання фахівців. Важливою є співпраця з громадами, оскільки саме на місцевому рівні впроваджуються новітні рішення. Україна має всі можливості для переходу до циркулярної економіки, зменшення екологічного навантаження та сталого розвитку. Інвестуючи в переробку, сортування та інновації, ми створюємо фундамент для чистого та безпечного майбутнього. Досвід Греції у сфері управління відходами є важливим для України, оскільки він дозволяє адаптувати європейські директиви до національних реалій. Це включає створення та реалізацію політики на національному рівні, впровадження на регіональному та місцевому рівнях, а також розбудову інфраструктури для збирання, перевезення та оброблення відходів.

1.2. Концепція рециклінгу в умовах євроінтеграційних трансформацій технологічного розвитку

Концепція рециклінгу в умовах євроінтеграційних трансформацій технологічного розвитку набуває особливої актуальності у XXI столітті, оскільки поєднує екологічні, економічні та соціальні виміри сталого розвитку. Вона формується як відповідь на глобальні виклики, пов’язані з виснаженням природних ресурсів, зростанням обсягів відходів, кліматичними змінами та

необхідністю переходу від лінійної моделі економіки до циркулярної. У цьому контексті рециклінг розглядається не лише як технологічний процес повторного використання матеріалів, а як комплексна філософія управління ресурсами, що ґрунтується на інноваціях, відповідальності та довгостроковому стратегічному мисленні.

Філософське осмислення проблеми рециклінгу в сучасному науковому дискурсі ґрунтується на глибшому переосмисленні взаємодії людини, техніки та природи, започаткованому у працях В. І. Вернадського, Г. Йонаса та У. Бека. Хоча жоден із цих мислителів безпосередньо не використовував термін «рециклінг» у його сучасному технологічному значенні, їхні концепції формують світоглядну й етичну основу для розвитку циркулярної економіки та відповідального управління ресурсами [15; 16; 17].

Володимир Вернадський одним із перших усвідомив планетарний масштаб людської діяльності та її вплив на природні процеси. У праці «Наукова думка як планетне явище» він підкреслював, що людство вступило в нову фазу еволюції біосфери, де розум і наукова діяльність стають визначальними чинниками розвитку [15]. У цьому контексті рециклінг може бути осмислений як ноосферна практика, спрямована на раціоналізацію матеріальних потоків і включення відходів у замкнені цикли природно-технічного обміну, що відповідає логіці біосфери. Філософія відповідальності Ганса Йонаса поглиблює це бачення, переводячи проблему технологічного розвитку у площину етики.

Ульріх Бек, аналізуючи трансформації пізньої модерності, вводить поняття «суспільства ризику», в якому головною проблемою стає не розподіл благ, а розподіл вироблених самою цивілізацією загроз. «Сучасні ризики є наслідком рішень, прийнятих у процесі індустріального розвитку» [17]. Відходи, токсичні матеріали та забруднення довкілля є, за його логікою, системним продуктом індустріальної економіки. Рециклінг у цьому контексті виступає інструментом рефлексивної модернізації, тобто здатності суспільства критично осмислювати власний розвиток і коригувати його наслідки за

допомогою нових технологічних та інституційних рішень. У контексті євроінтеграційних трансформацій така філософська інтерпретація надає рециклінгу статусу не лише технологічного інструменту, а й фундаментальної цінності сучасної європейської цивілізації.

Євроінтеграційні процеси істотно впливають на трансформацію технологій рециклінгу, адже Європейський Союз сформував одну з найбільш розвинених нормативно-правових та інституційних систем у сфері циркулярної економіки. Впровадження європейських директив щодо управління відходами, енергоефективності та екодизайну стимулює держави-партнери до модернізації виробничих процесів, розвитку «зелених» технологій і впровадження інноваційних рішень у сфері переробки вторинної сировини. Таким чином, рециклінг стає ключовим інструментом технологічної адаптації до стандартів ЄС та інтеграції у спільний економічний і екологічний простір [18]. У широкому інноваційному вимірі рециклінг стає каталізатором структурних змін у технологічних системах. Він стимулює розвиток нових матеріалів, екотехнологій, бізнес-моделей та форм партнерства між державою, бізнесом і науковою спільнотою. Євроінтеграційні трансформації посилюють цей процес, оскільки орієнтують країни на впровадження високих стандартів якості, екологічної безпеки та інноваційності [19]. Філософський вимір концепції рециклінгу в контексті євроінтеграційних трансформацій і технологій розкривається передусім як переосмислення засадничих уявлень про взаємодію людини, техніки та природи. Сучасна філософія сталого розвитку, натомість, акцентує увагу на межах зростання та необхідності відповідального співіснування з природним середовищем, що безпосередньо актуалізує концепцію рециклінгу [20].

У філософії техніки концепція рециклінгу також пов’язана з критикою техноцентризму та ідеєю гуманізації технологічного розвитку. М. Гайдеґґер, аналізуючи сутність техніки, застерігав від перетворення природи на «ресурсний фонд» [21]. Отже, філософський вимір концепції рециклінгу в контексті євроінтеграційних трансформацій технологій полягає у формуванні

нової парадигми технічного розвитку, заснованої на відповідальності, цінності сталості та гармонії між людиною і природою. Рециклінг перестає бути суто технічним інструментом і набуває статусу філософсько-світоглядного принципу, що визначає напрям розвитку сучасної європейської цивілізації [22]. Складові концепції рециклінгу: 1) філософська – світоглядні засади відповідальності, сталості та гармонії з природою; 2) етична – принцип міжпоколінної справедливості; 3) технологічна – інноваційні методи переробки та повторного використання ресурсів; 4) економічна – формування циркулярної економіки; 5) екологічна – зниження навантаження на біосферу; 6) соціальна – формування екологічної культури суспільства; 7) інституційна – правові та управлінські механізми (політики ЄС).

Таблиця 1.1 – Концепція рециклінгу: філософські засади та практичні виміри

Компонент	**Зміст**	**Філософське підгрунтя**	**Значення**
Онтологічний	Переосмислення відходів як ресурсу	Вернадський (ноосфера)	Гармонія техносфери й біосфери
Етичний	Відповідальність за майбутнє	Йонас (принцип відповідальності)	Моральна легітимація рециклінгу
Соціальний	Формування екологічної культури	Гуманістична філософія	Зміна поведінкових моделей
Технологічний	Інноваційні рішення переробки	Філософія техніки	Підвищення ефективності
Ризик-менеджмент	Зменшення екологічних загроз	Бек (суспільство ризику)	Стабільність розвитку
Євроінтеграційний	Відповідність стандартам ЄС	Європейський екологічний дискурс	Інтеграція у спільний простір

Сформовано авторами

Реалізація концепції рециклінгу в умовах євроінтеграційних трансформацій потребує застосування комплексу взаємопов’язаних механізмів. Нормативно-правові механізми забезпечують обов’язковість екологічних

стандартів і відповідальність за їх порушення. Економічні механізми включають фінансові стимули, податкові пільги, «зелені» інвестиції та механізми розширеної відповідальності виробника. Технологічні механізми передбачають підтримку інновацій, цифровізацію процесів сортування та переробки, використання штучного інтелекту й smart-технологій. Соціально-комунікаційні механізми спрямовані на підвищення рівня екологічної освіти та залучення громадянського суспільства [24]. Попри значний потенціал, впровадження концепції рециклінгу в умовах євроінтеграції супроводжується низкою проблем. Серед них – фрагментарність нормативної бази, недостатній рівень технологічної оснащеності, обмежене фінансування та низький рівень екологічної свідомості населення.

Таблиця 1.2 – Євроінтеграційні умови реалізації концепції рециклінгу

Аспект	**Зміст**	**Проблеми**	**Шляхи вирішення**
Онтологічний	Переосмислення відходів як ресурсу	Вернадський (ноосфера)	Гармонія техносфери й біосфери
Нормативний	Гармонізація з директивами ЄС	Неповна імплементація	Системне оновлення законодавства
Технологічний	Інноваційні системи переробки	Зношена інфраструктура	Інвестиції, цифровізація
Економічний	Циркулярні бізнес-моделі	Низька мотивація бізнесу	Фінансові стимули, REP
Соціальний	Екологічна культура	Пасивність населення	Освіта, комунікаційні кампанії
Управлінський	Інституційна спроможність	Слабкий контроль	Посилення державного управління

Сформовано авторами

Аналіз засвідчує, що євроінтеграційні умови розвитку рециклінгу формують комплексну модель технологічної трансформації, у межах якої поєднуються нормативна гармонізація, інноваційні напрями розвитку та багаторівневі механізми забезпечення, спрямовані на подолання екологічних ризиків і досягнення сталого розвитку [25]. Європейський підхід до рециклінгу

ґрунтується на поєднанні технологічних інновацій із системним управлінням ресурсними потоками. Для країн, що проходять етап євроінтеграції, ключовим завданням стає формування цілісної технологічної екосистеми, у якій рециклінг інтегрується у промислову політику, міську інфраструктуру та цифрові платформи управління. Такий підхід дозволяє розглядати відходи не як побічний продукт виробництва, а як стратегічний ресурс економічного зростання [26]. Отже, адаптація європейських підходів до рециклінгу в умовах технологічних трансформацій спрямована на формування інноваційної, інституційно спроможної та соціально підтриманої моделі розвитку, у якій рециклінг виконує функцію інтегратора економічних, екологічних і технологічних процесів.

Таблиця 1.3 – Адаптаційні аспекти впровадження рециклінгу в євроінтеграційному контексті

Адаптаційний аспект	**Зміст**	**Очікуваний результат**
Стратегічний	Інтеграція рециклінгу в політику розвитку	Узгодженість реформ
Технологічний	Впровадження цифрових і smart-рішень	Підвищення ефективності
Інституційний	Координація держави, бізнесу, науки	Системність управління
Економічний	Стимулювання ринку вторинних ресурсів	Інвестиційна привабливість
Соціальний	Формування культури відповідального споживання	Суспільна підтримка
Інноваційний	Розвиток екотехнологій	Конкурентоспроможність

Сформовано авторами

У повоєнний період технологічна відбудова постає не лише як процес фізичного відновлення інфраструктури та виробничих потужностей, а як стратегічна трансформація моделі розвитку суспільства. В умовах євроінтеграції рециклінг набуває особливого значення як інструмент повоєнної технологічної відбудови, що поєднує економічну доцільність, екологічну

відповідальність та інноваційну модернізацію. Він дозволяє не просто відновити зруйноване, а сформувати нову, більш стійку та ресурсоефективну технологічну систему [27].

Повоєнна реальність характеризується масштабними обсягами будівельних, промислових та техногенних відходів, які за традиційної лінійної логіки сприймаються як проблема. У межах концепції рециклінгу ці матеріальні залишки трансформуються у стратегічний ресурс відбудови. Повторне використання металів, бетону, скла, композитних матеріалів та інших компонентів дозволяє скоротити залежність від імпорту сировини, знизити витрати на виробництво та прискорити відновлювальні процеси. У технологічному вимірі рециклінг стає основою для формування нових виробничих ланцюгів, орієнтованих на циркулярність і цифровізацію. Впровадження автоматизованих систем сортування, цифрового обліку матеріальних потоків, технологій індустрії 4.0 та штучного інтелекту створює передумови для переходу від екстенсивного відновлення до інноваційної реконструкції. Таким чином, повоєнна відбудова перетворюється на можливість технологічного стрибка, а не лише компенсації втрат. Євроінтеграційний контекст підсилює інструментальну роль рециклінгу, оскільки європейські політики сталого розвитку та циркулярної економіки орієнтують процеси відбудови на довгострокову ефективність, екологічну безпеку та відповідність стандартам ЄС. Рециклінг у цьому сенсі виконує функцію інтегратора між післявоєнними потребами та стратегічними цілями європейського розвитку, забезпечуючи узгодженість національних програм реконструкції з європейськими нормами [28]. Отже, рециклінг у повоєнний період постає як багатовимірний інструмент технологічної відбудови, що забезпечує перехід від відновлення до трансформації, від короткострокових рішень до стратегічного бачення сталого та євроінтегрованого розвитку.

Таблиця 1.4 – Рециклінг як інструмент повоєнної технологічної відбудови

Вимір	Інструментальна роль рециклінгу	Підвищення ефективності
Технологічний	Повторне використання матеріалів, інноваційні переробні технології	Прискорення відбудови
Економічний	Зменшення витрат і ресурсної залежності	Фінансова стійкість
Інфраструктурний	Використання вторинних матеріалів у будівництві	Модернізація інфраструктури
Євроінтеграційний	Відповідність стандартам ЄС	Інтеграція в європейський простір
Екологічний	Зменшення навантаження на довкілля	Екологічна безпека
Соціальний	Формування культури відповідального відновлення	Соціальна легітимність

Сформовано авторами

Рециклінг як інструмент повоєнної технологічної відбудови забезпечує перехід від відновлення зруйнованого до формування інноваційної, циркулярної та євроінтегрованої моделі розвитку, що поєднує технологічний прогрес із цінностями сталості та відповідальності. Практичні рекомендації для України щодо формування інструментарію повоєнної технологічної відбудови в умовах євроінтеграційних трансформацій. Повоєнна технологічна відбудова України потребує не лише масштабних інвестицій та відновлення інфраструктури, а й формування цілісного інструментарію розвитку, заснованого на європейських цінностях сталості, відповідальності, інноваційності та міжпоколінної справедливості. В умовах євроінтеграції технологічний розвиток набуває характеру цивілізаційного вибору, де кожне технічне рішення має оцінюватися з позицій довгострокового соціального, екологічного та гуманістичного ефекту [29]. Першочерговим практичним кроком має стати інституційна інтеграція принципів циркулярної економіки та рециклінгу у всі рівні післявоєнного відновлення. Такий підхід відповідає європейській політиці Green Deal і дозволяє Україні не відтворювати застарілі індустріальні моделі, а перейти безпосередньо до інноваційної фази розвитку

[30]. Другим ключовим інструментом є цифровізація управління відбудовою. Практично це означає впровадження єдиних цифрових платформ для моніторингу проєктів реконструкції, руху фінансових ресурсів, екологічних показників і соціального ефекту. Третій напрям практичних дій пов'язаний із розвитком технологічного суверенітету України в межах європейської кооперації. Євроінтеграція в цьому контексті не означає втрату автономії, а навпаки – включення України до спільного європейського простору інновацій як рівноправного учасника. Практичним механізмом тут мають стати спільні R&D-програми, трансфер технологій, підтримка стартап-екосистем і залучення українських університетів до європейських наукових мереж [31]. Особливої уваги потребує людський капітал як центральний інструмент повоєнної відбудови. Відновлення технологічного потенціалу неможливе без інвестицій у освіту, перекваліфікацію та розвиток цифрових і екологічних компетенцій. Практичні рекомендації в цьому напрямі включають модернізацію освітніх програм відповідно до європейських стандартів, розвиток освіти впродовж життя, а також підтримку повернення науковців і фахівців з-за кордону [32]. Окремим інструментом має стати екологічна та технологічна етика відбудови. Усі рішення – від вибору матеріалів до впровадження цифрових систем – мають проходити етичну експертизу з погляду впливу на довкілля, здоров'я населення та майбутні покоління. Нарешті, важливим практичним механізмом є залучення громад та місцевого самоврядування до технологічної реконструкції. Децентралізовані рішення, локальні енергетичні системи, муніципальні інноваційні проєкти та участь громадян у плануванні відбудови відповідають європейській моделі субсидіарності. Це сприяє формуванню культури спільної відповідальності та зміцнює соціальну стійкість у постконфліктному суспільстві [33].

Отже, інструментарій повоєнної технологічної відбудови України в умовах євроінтеграції має постати як багатовимірна система, що поєднує технології, цінності, інститути та людину. Його ефективність визначатиметься не лише швидкістю відновлення, а здатністю забезпечити сталий, етично

відповідальний і цивілізаційно конкурентоспроможний розвиток України в європейському просторі. Концепція рециклінгу виступає багатовимірною парадигмою сталого розвитку, яка поєднує технологічний, економічний, соціальний та філософський виміри. В умовах євроінтеграційних трансформацій технологічного розвитку вона набуває особливої значущості, формуючи нову модель управління ресурсами, що орієнтується на циркулярність економіки, інноваційні технології та відповідальність перед майбутніми поколіннями.

1.3. Комплексне використання відходів харчової промисловості в умовах інноваційних викликів

Комплексне використання відходів на всіх стадіях продовольчого ланцюгу «від виробництва до споживання» є перспективним вектором ресурсозбереження в аграрному секторі економіки. Трансформації, які відбулися в аграрному секторі України, сприяли впровадженню у виробництво найважливіших досягнень науково-технічного прогресу та світового досвіду з вторинного використання відходів. Такі зміни частково сприяли розв’язанню суперечностей між зростаючими потребами населення у високоякісних продуктах харчування і обмеженим виробництвом сільськогосподарської сировини; підвищенню економічної ефективності виробництва продукції; збільшенню її обсягу та асортименту; зниженню собівартості; зменшенню питомих капітальних вкладень в сировинну базу; запобіганню забруднення навколишнього середовища виробничими відходами тощо [12].

У площині комплексного використання сировини харчової промисловості перебуває ідея впровадження у виробництво не тільки маловідходних і безвідходних технологій в окремих технологічних процесах суб’єктів господарювання, але й використання відходів як вторинної сировини в інтегрованих підприємствах, їх об’єднаннях та інших галузях національної економіки. Застосування відходів у процесі виробництва продукції дає змогу

перетворювати їх у цінну, часом навіть дефіцитну сировину, що використовується у сільському господарстві найчастіше як корми у тваринництві та добриво у рослинництві; в інших галузях промисловості та для вторинної переробки на тому ж підприємстві, де вони отримані.

Розвитку наукової думки та практичного обґрунтування економічної ефективності щодо комплексного використання відходів присвячені праці вітчизняних дослідників, а саме роботи І.Д. Блажа, М.С. Герасимчука, Б.М. Данилишина, С.Б. Дуденкова, Л.В. Дейнека, О.О. Шеремета, Г.В. Черевка, А.Є. Ферсмана, та зарубіжних вчених, а саме напрацювання Й. Окада, С. Кавасакі, С. Катта, Р. Тарган. Вчені розглядають використання від ходів як резерв підвищення ефективності виробництва.

Зокрема, у харчовій промисловості, яка інтенсивно розвивається, раціональне використання сільськогосподарської сировини є важливим джерелом збільшення обсягів виробництва продуктів харчування та підвищення рівня економічної доступності населення до їх придбання. Проте пріоритети комплексного використання відходів харчової промисловості обумовлюються впровадженням інноваційних технологічних процесів їх вторинного використання не тільки в одногалузевих структурах (хлібопекарській, пивоварній, соковинній тощо), але й загалом в аграрному секторі економіки, коли використання відходів однієї галузі використовуються як сировина в іншій. Нині у системі аграрного виробництва спостерігається відсутність єдиних підходів щодо координації комплексного ресурсозбереження.

Незважаючи на певні позитивні зрушення в переробці відходів як вторинної сировини, протягом останнього десятиріччя зазначена проблема не втратила актуальності. У галузях харчової промисловості і досі використовується не більше третини найцінніших відходів. Триває нагромадження значних обсягів харчових відходів у всіх регіонах країни. В контексті цієї проблеми фундаментального значення набувають наукові і прикладні розробки з проблем комплексного використання ресурсів як

передумови формування основних положень комплексного підходу у використанні відходів як вторинних матеріальних ресурсів. Під «комплексним використанням відходів харчової промисловості» розуміється процес поєднання науково-технічних й організаційно-економічних заходів, які спрямовані на створення замкнутих систем виробництва та повернення відходів у систему на базі територіально-виробничих комплексів, тобто сукупності підприємств, пов'язаних між собою або спільним використанням сировинних ресурсів, або послідовністю етапів їхньої обробки. При цьому всередині таких комплексів налагодяться зворотні зв'язки, за яких відходи одних виробництв стануть ресурсами інших. Комплексне використання відходів харчової промисловості як суспільно-економічний процес залучення вторинних ресурсів до повторного використання у процесі виробництва спрямований на оптимізацію ресурсного потенціалу. Основними його рисами є найбільш повне економічно виправдане використання ресурсів, раціональна галузева структура аграрного сектора економіки, тісний взаємозв'язок міжгосподарських комплексів, виробничі зв'язки між підприємствами, що дасть змогу підвищити ступінь вилучення корисних речовин із відходів, знизити собівартість продукції та більш повно використовувати виробничу інфраструктуру.

Залежно від характеру технології та об'єднання у виробничому процесі окремих стадій у системі аграрного сектора комплексне використання відходів виконується в трьох основних формах: 1) послідовна переробка сировини до отримання готової продукції; 2) використання відходів виробництва для виробництва інших видів продукції; 3) комплексна переробка сировини (вироблення з одного виду сировини різних видів продуктів). Харчова промисловість є інтегрованою галуззю агропромислового комплексу, яка включає харчосмакову, м'ясо-молочну, рибну, борошномельну, круп'яну та комбікормову галузі. Кожна з основних галузей харчової промисловості об'єднує групу спеціалізованих з виробництва продовольчих товарів, як правило, із сировини рослинного та тваринного походження (рис. 1.1).

Специфічною особливістю галузевої структури харчової промисловості є наявність галузей, які здійснюють лише вторинне використання відходів для виробництва продовольчої продукції. Прикладом може слугувати виробництво казеїну з відходів виробництва молочних продуктів. У такому випадку відходи стають новими елементами виробництва. Ще К. Маркс зазначав, що в результаті суспільної праці «відходи утворюються в таких значних масах, що вони самі стають знову предметом торгівлі, а отже, новими елементами виробництва».



Рисунок 1.1 – Структурований ланцюг формування відходів у харчовій промисловості

Головними причинами загострення проблеми утворення і нагромадження відходів виробництва продовольчої продукції є зростання виробництва в умовах застарілих технологій переробки продовольчої сировини; відсутність економічної зацікавленості суб'єктів господарської діяльності в переробці відходів; збільшення обсягів утворення відходів і відсутність систем їх збору й

утилізації та низької ефективності роботи природоохоронного устаткування. У сучасних умовах одним зі шляхів інтенсифікації харчової промисловості є впровадження нових маловідходних і безвідходних технологій і виробництв [34, с. 5]. Це дасть змогу не тільки підвищити ступінь й повноту переробки сільськогосподарської сировини з більш повним витягом з неї корисних компонентів, але й залучити в харчову промисловість обіг відходів виробництва з метою додаткового одержання з них товарної продукції. Процес переробки відходів виробництва, які є недовикористаною частиною сировини, дає змогу у міжсезонний період створювати додану вартість. Створення такої вартості є економічно доцільним порівняно з витратами на використання більш досконалих систем очищення для локалізації викидів. Перспективним напрямом безвідходної технології використання рослинних залишків харчової промисловості є сушіння, яке в подальшому забезпечує їх використання як сировини для комбікормової, мікробіологічної, фармацевтичної та інших галузей національного господарства.

Отже, на сьогодні постає важлива проблема переробки та використання відходів пивоварного виробництва, в тому числі і переробка дробини. Існує досить широка варіація способів та методів здійснення даного процесу, що забезпечує ефективне використання дробини в різних технологічних процесах, зокрема і в інших галузях промисловості. Більшість пивоварних заводів після закінчення процесу фільтрування сусла та вивантаження дробини з фільтр-апарату чи фільтрпресу, зазвичай продають її на фермерські господарства для відгодівлі худоби. Існує ряд способів використання дробини як вторинної сировини, а саме: сушіння, консервування, використання в харчовій та будівельній промисловості, виготовлення органічних добрив та як джерело ксиліту та глутамату натрію.

Технологія пива доволі складна та енергозатратна і характеризується великою кількістю різноманітних процесів, які можна об’єднати в наступні стадії: підготовка сировини, приготування пивного сусла, зброджування пивного сусла, стабілізація готового пива. На кожному етапі утворюються

побічні продукти, які потребують утилізації. Нераціональне їх використання може привести до екологічного забруднення навколишнього середовища, тому останнім часом все більше науковців намагаються знайти нові способи їх застосування, які змінять традиційний підхід до відходів і зроблять їх побічними продуктами [34]. Переважну кількість вторинних продуктів, які утворюються на пивоварних підприємствах відправляють в комбікормові виробництва, де їх переробляють на корм тваринам. Але за результатами досліджень відомо, що пивна дробина, білковий відстій, залишкові дріжджі багатіцінними сполуками та поживними речовинами. Це ключові фактори для розробки різних рецептур, де вони можуть застосовуватися в якості сировини, при отриманні продуктів харчування.

Отже, новітні технології сушіння пивної дробини фокусуються на енергоефективності, збереженні поживних речовин та екологічності. Основні методи включають попереднє механічне зневоднення (до 60% вологи) з подальшим використанням вакуумних сушарок, інфрачервоного випромінювання або сушіння в киплячому шарі, що знижує витрати енергії та підвищує якість корму.

1.4. Теоретичні аспекти технології мокрого очищення газів: технологічні особливості, обладнання, різновиди газоочисних апаратів

В основу мокрого пиловловлення покладено контакт запиленого газового потоку з рідиною, яка захоплює зважені частинки та відносить їх з апарату у вигляді шламу [35 – 37]. Метод мокрого очищення газів від пилу досить простий і водночас ефективний. До переваг мокрих пиловловлювачів нами віднесено такі: порівняно невелика вартість виготовлення; висока ефективність уловлювання зважених частинок, наприклад, скрубери Вентурі можуть бути використані для очищення газів від частинок менше 1 мкм; можливість використання при високій температурі та підвищеній вологості газів, а також у разі небезпеки самозаймання або вибуху газів, що очищаються, або пилу, що

вловлюється; можливість одночасного здійснення очищення газів від зважених частинок (пиловловлення), вилучення газоподібних домішок (абсорбція) та охолодження газів (контактний теплообмін). До недоліків методу мокрого знепилення доцільно віднести такі: продукт, що уловлюється, виділяється у вигляді шламу, що пов'язано з необхідністю обробки стічних вод та, отже, з подорожчанням процесу очищення; у разі очищення агресивних газів апаратуру та комунікації необхідно виготовляти з антикорозійних матеріалів або застосовувати антикорозійні покриття.

У якості зрошуючої рідини в мокрих пиловловлювачах найчастіше застосовують воду; при спільному вирішенні питань пиловловлення та хімічного очищення газів вибір зрошуючої рідини (абсорбенту) обумовлюється процесом абсорбції. Основні фізичні параметри води наведено у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Фізичні параметри води [Щільність $\rho_ж$ = 1000 кг/м^3, питома масова теплоємність $c_ж$ = 4,187 кДж/(кг*К)]

t °С	$\mu_ж$ ·10^6, Па·с	$V_ж$·10^6, м^2/с	σ· 10^3, Н/м	t °С	$\mu_ж$ ·10^6, Па·с	$V_ж$ ·10^6, м^2/с	σ ·10^3, Н/м
0	1785	1,79	75,7	50	548	0,556	67,9
10	1300	1,3	74,2	60	470	0,479	66,2
20	1000	1,0	72,5	70	405	0,415	64,4
30	800	0,805	71,2	80	355	0,366	62,6
40	646	0,659	69,6	90	314	0,326	60,7

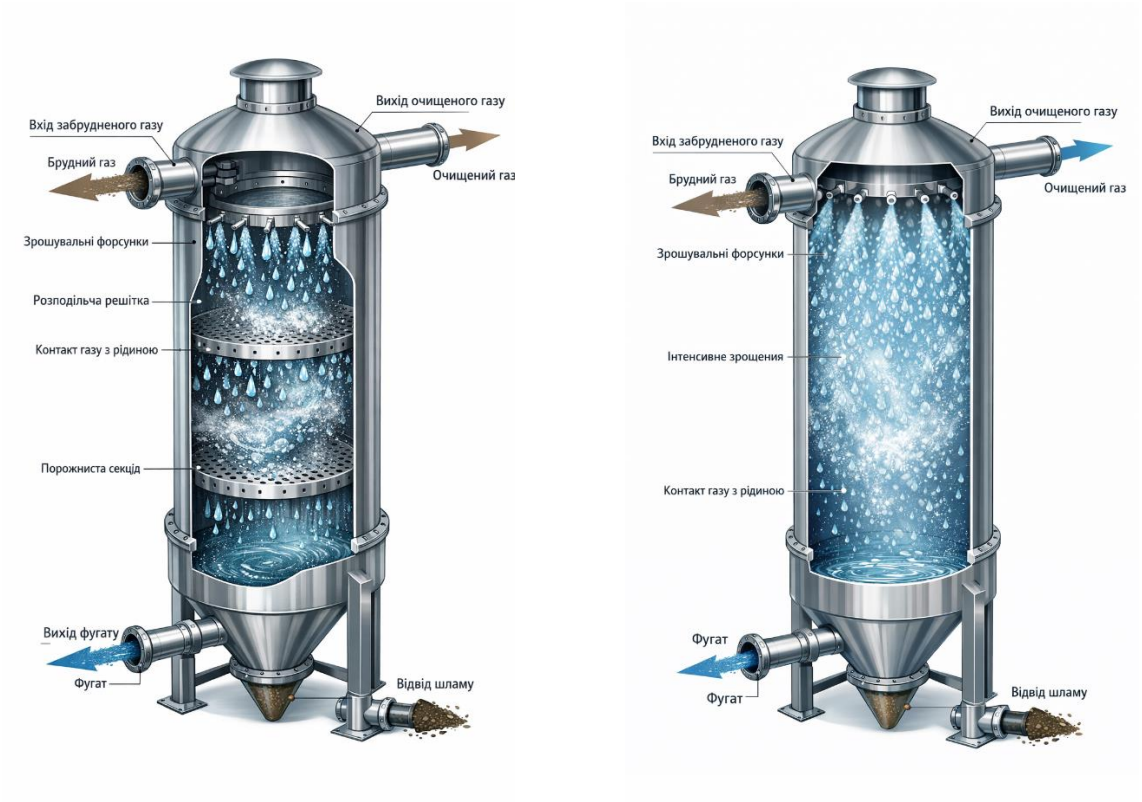
Крім перерахованих, до мокрих пиловловлювачів певною мірою можуть бути віднесені також мокрі електрофільтри, зрошувані волокнисті фільтри та апарати конденсаційної дії, але апарати конденсаційної дії не отримали широкого застосування у промисловості. Іноді мокрі пиловловлювачі поділяють за витратами енергії, тобто на низько-, середньо- і високонапірні. До низьконапірних апаратів відносять пиловловлювачі, гідравлічний опір яких не перевищує 1500 Па. У цю групу входять форсуночні скрубери, насадочні скрубери, відцентрові скрубери та ін. До середньонапірних мокрих пиловловлювачів з гідравлічним опором від 1500 до 3000 Па відносять деякі динамічні скрубери, скрубери ударно інерційної дії, ежекторні скрубери. Група високонапірних скруберів з гідравлічним опором більше 3000 Па включає в основному скрубери Вентурі та дезінтегратори. З метою зменшення кількості відпрацьованої рідини при роботі мокрих пиловловлювачів застосовують замкнуту систему зрошення.

Найбільш прийнята в технічній літературі [35 – 37] класифікація мокрих пиловловлювачів ґрунтується на способі дії і зазвичай включає такі групи: 1) порожнисті скрубери; 2) насадочні скрубери; 3) тарілчасті скрубери (пінні апарати); 4) скрубери з рухомою насадкою; 5) скрубери ударно-інерційної дії (ротоклони); 6) відцентрові скрубери; 7) механічні (динамічні) скрубери; 8) швидкісні скрубери (скрубери *Вентурі*); 9) ежекторні скрубери. Приклад промислового вертикального скрубера наведено на рис. 1.2.

Для з’ясування принципів роботи апаратів мокрого газоочищення важливо розуміти дві обставини: а) ефективність роботи апарату визначається значенням коефіцієнтом захоплення частки аерозолю $\eta_З$ краплею або плівкою рідини; б) коефіцієнт захоплення залежить від діаметра краплі, товщини плівки та властивостей рідини. Розглянемо більш детально декілька видів апаратів мокрого очищення газів.

Порожнисті форсуночні скрубери (рис. 1.3). Порожнисті скрубери форсунок являють собою колони круглого або прямокутного перерізу, в яких здійснюється контакт між газами і краплями рідини, що розпилюється

форсунками. У напрямку руху газів та рідини порожнисті скрубери діляться на протиточні, прямоточні та з поперечним підведенням рідини. При мокрому знепилюванні зазвичай застосовують апарати з протиспрямованим рухом газів та рідини та рідше – з поперечним підведенням рідини. Прямотувальні порожнисті скрубери широко використовуються при охолодженні газів. У протиточному скрубері краплі з форсунок падають назустріч запиленому потоку газів.



а) б)

Рисунок 1.2 – Промисловий вертикальний скрубер (а) та порожнистий форсуночний скрубер (б)

Вони повинні бути досить великими, щоб не бути забраними газовим потоком, швидкість якого зазвичай становить від 0,6 до 1,2 м/с. При вищих швидкостях газів після нього необхідна установка краплеуловлювача. Форсунки встановлюють в апараті в одному або кількох перерізах: іноді рядами (до 14 – 16 у перерізі), іноді тільки по осі апарату. Смолоскип розпилу форсунок може бути спрямований вертикально зверху донизу або під деяким

кутом до горизонтальної площини. При розташуванні форсунок у кілька ярусів можлива комбінована установка розпилювачів: частина смолоскипів спрямована по ходу газів, інша частина – у протилежному напрямку. Для кращого розподілу газів по перерізу апарата в нижній частині скрубера встановлюють газорозподільні грати.

Для прикладу розглянемо роботу протиточного скрубера, виділивши у ньому елементарний обсяг. Висота елементарного об'єму дорівнює *dh*, а площа поперечного перерізу – *s*. Загальна кількість газів, що проходять через елементарний обсяг в одиницю часу V_r (м^3/с), може бути визначена за формулою.

$$V_r = v_r s \qquad (1.1)$$

Кількість рідини, що «затримується» в цьому обсязі, позначимо через $V_{ж}'$. Очевидно, величина $V_{ж}'$ відповідає об'ємній витраті всіх крапель рідини, що містяться в елементарному обсязі, і можна записати таку рівність:

$$V_{ж} = v_k V_{ж}' s, \qquad (1.2)$$

де $V_{ж}$ – об'ємна витрата рідини, м^3/с;

$v_к$ – швидкість крапель щодо стінок апарату, м/с.

Якщо ефективність захоплення краплями частинок певного діаметра позначити через $\eta_З$, то загальна кількість пилу, що осіла на краплях при контакті запилених газів з рідиною в елементарному обсязі $m_ч$ (кг/с), складе:

$$m_ч = z \eta_З v_c \quad V'_{ж} \quad \pi d_k^2/4 \cdot 6/(\pi d_k^3) dhs = z \eta_З v_c \quad V'_{ж} \cdot 3/(2d_k) dhs \qquad (1.3)$$

де z – концентрація частинок на вході елементарний об'єму, кг/м^3;

V_e – швидкість осадження частинок, м/с ($v_e = v_t + v_к$):

Добуток $V'_{ж}\pi d_k^2/4 \cdot 6/(\pi d_k^3)dhs$ у виразі (1.3) характеризує поперечний переріз крапель розміром d_k «затримуваних» в елементарному обсязі. Позначимо концентрацію частинок у газах на виході з елементарного об'єму через *(z - dz)*. Тоді рівняння матеріального балансу для частинок набуде наступного вигляду:

$$zv_{\text{т}}c - v_r s(z-dz) - z\eta_3 v_c V'_{ж} \frac{3}{2d_k} dhs = 0, \qquad (1.4)$$

Звідки отримаємо:

$$\frac{dz}{z} = \frac{3}{2} \cdot (\eta_3 V'_{ж} v_c dh)/(d_k \cdot v_r) \qquad (1.5)$$

Після підстановки величин V_t *і* $V_{ж}$ і інтегрування отримаємо:

$$\ln(z''/z') = \frac{3V_{ж} v_c \eta_3}{2V_r d_k v_k} H \qquad (1.6)$$

де z', z'' – початкова та кінцева концентрації частинок пилу в газах, кг/м^3; H – загальна висота зони контакту газів з рідиною, м.

Потенціюючи, знаходимо

$$\eta_{\text{пр}} = 1 - \exp\left(-\frac{3V_{ж} v_c \eta_3}{2V_r d_k v_k} H\right), \qquad (1.7)$$

де $\eta_{пр}$ – ступінь очищення газів у протиточному апараті.

У скрубері з поперечним зрошенням рідина вводиться під прямим кутом до напряму газового потоку. Ефективність очищення в скрубері зростає зі зменшенням розміру крапель та зі збільшенням різниці швидкостей між краплями та газами. Вплив розміру крапель на інерційне осадження пилу у порожнистих скруберах (інерційне осадження) ґрунтується на тому, що

частинка пилу через свою масу не встигає обтікати краплю разом із газовим потоком і стикається з нею. Ключовий параметр при цьому явищі – *критерій Стокса (Stk)* (Stk = $d_ч$ $^2\rho_ч v_{г\text{-}ж} C_к/18\mu_г d_к$ – число Стокса), який зростає: зі збільшенням діаметра частинок пилу; зі збільшенням швидкості відносного руху; зі зменшенням діаметра крапель (до певної межі). Тобто <u>*загальна закономірність*</u> виявляється в наступному: чим менший розмір крапель, тим вища ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу, чим більший пил – тим менша залежність від розміру крапель (рис. 1.3).

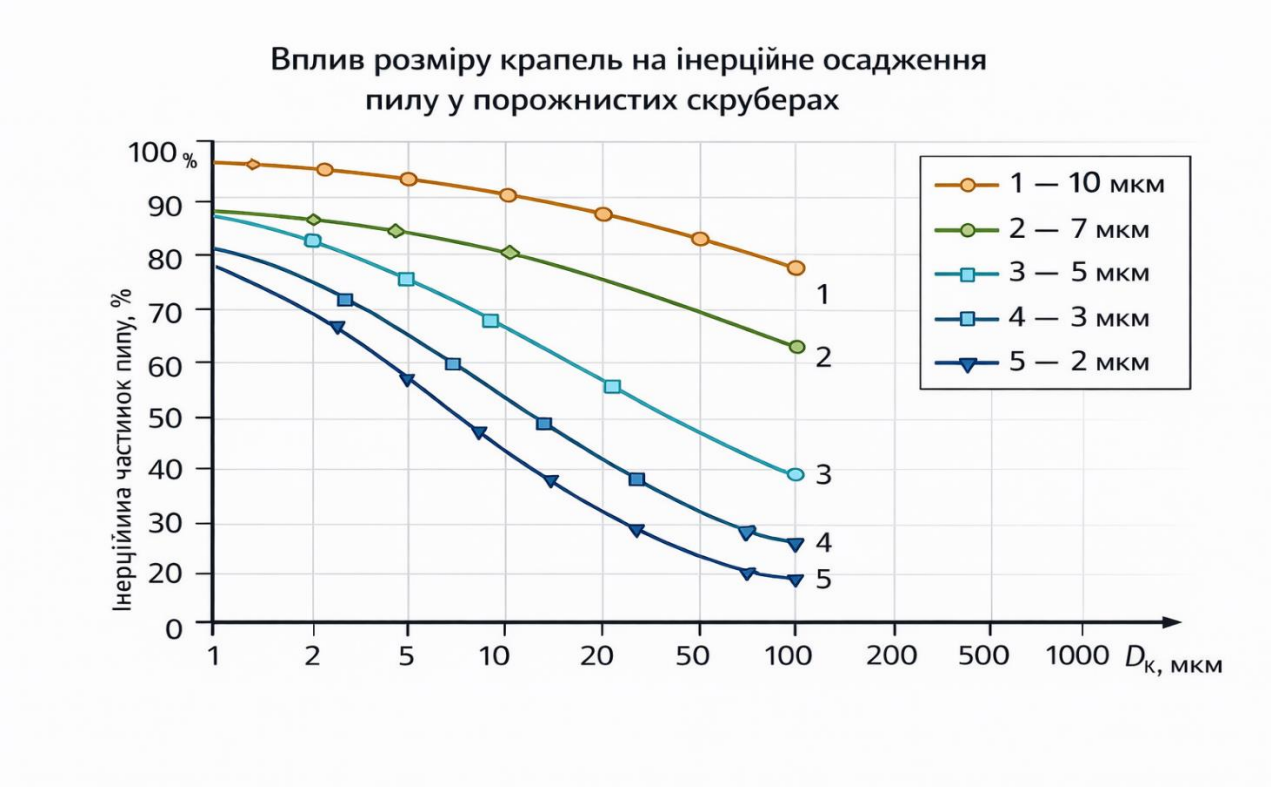


Рисунок 1.3 – Графічне зображення впливу розміру крапель на інерційне осадження пилу у порожнистих скруберах

Інтерпретація кривих (рис. 1.3) наступна: по осі *X* – діаметр крапель рідини; по осі Y – ступінь інерційного осадження (ефективність уловлювання); криві для різних діаметрів частинок пилу характеризуються таким:

1 – 10 мкм: висока інерція частинок; осадження ефективне навіть при великих краплях; крива розташована вище за всі інші; зменшення крапель дає помірний приріст ефективності;

2 – 7 мкм: добре вловлюються; ефективність помітно зростає при зменшенні крапель; оптимальні краплі: 200–500 мкм;

3 – 5 мкм: середньодисперсний пил; сильна залежність від розміру крапель; потрібні дрібнодисперсні форсунки; крива має крутий підйом при зменшенні діаметра крапель;

4 – 3 мкм: межа ефективності інерційного механізму; великі краплі практично не працюють; значний ефект лише при краплях < 200 мкм;

5 – 2 мкм: дуже дрібний пил; інерційне осадження малоефективне; крива майже «лежить» унизу.

Таблиця 1.6 – Узагальнення впливу розміру крапель на ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу

Діаметр пилу, мкм	**Залежність від розміру крапель**	**Ефективність у порожнистому скрубері**
10	Слабка	Висока
7	Помірна	Висока
5	Значна	Середня–висока
3	Дуже сильна	Обмежена
2	Критична	Низька

Отже, порожнисті форсуночні скрубери ефективні для пилу > 5 мкм, а для пилу < 3 мкм потрібне різке збільшення енерговитрат на розпил або перехід до скруберів Вентурі, саме тому у промисловості часто застосовують каскад: порожнистий скрубер → Вентурі → краплевловлювач.

Ефективність очищення в скрубері зростає зі зменшенням розміру крапель та зі збільшенням різниці швидкостей між краплями та газами. Оскільки ці умови виключають одне одного, необхідно дотримуватися певного оптимального режиму. Максимальна ефективність при інерційному осадженні частинок пилу на краплях (падають під дією сили тяжіння через нерухоме повітря (поза залежністю від розміру частинок)), спостерігається при d_k = 0,8 мм. Краплі такого розміру можуть бути отримані за

допомогою звичайних відцентрових форсунок грубого розпилу (що працюють під тиском $3 \cdot 10^5$-$4 \cdot 10^5$ Па). Порожнисті скрубери форсунок забезпечують високий ступінь очищення тільки при уловлюванні частинок розміром $d_ч > 10$ мкм і малоефективні при уловлюванні частинок розміром $d_ч < 5$ мкм. Для уловлювання частинок розміром $d_ч < 5$ мкм використовуються насадкові скрубери з різними типами насадок.

Механічні форсунки мають досить великий діапазон зміни кута конусності струменя – від 8 до 180°. Найменший кут конусності – у струминної форсунки з одиночним отвором. Механічні форсунки розрізняються характером заповнення факела. При однаковій для більшості форсунок конічної формі факел, залежно від типу форсунки, може бути або порожнім, з кільцевим розподілом крапель у січній площині, або повністю заповненим з розподілом крапель по колу. Іноді застосовують форсунки з плоским або віяловим смолоскипом. Рівномірність заповнення смолоскипа розпилу залежить від типу форсунки. Максимальну рівномірність розподілу рідини по перерізу забезпечують відцентрово-струменеві форсунки. У струменевих форсунок щільність зрошення різко зменшується від осі смолоскипа до його периферії. У пневматичних форсунках потік рідини дробиться, стикаючись із високошвидкісним потоком газів або пари. Рідина або подається в пневматичні форсунки під невеликим тиском, зазвичай не вище $4 \cdot 10^5$ Па, або засмоктується інжектуючою дією газового потоку.

Отже, сушіння рідких пивних дріжджів у скрубері є ключовим технологічним етапом їх підготовки до подальшої переробки у кормову продукцію для сільського господарства. Зниження вологості біомаси забезпечує стабілізацію фізико-хімічних та мікробіологічних показників дріжджів, запобігає розвитку небажаної мікрофлори та підвищує термін зберігання готового продукту. Застосування скруберного сушіння дозволяє інтенсифікувати процес тепло- і масообміну за рахунок диспергування рідкої фази, що сприяє ефективному видаленню вологи при помірних температурних режимах та збереженню поживної цінності білково-вітамінного комплексу

дріжджів. Сушіння у скрубері створює необхідні передумови для подальшого гранулювання, фасування та використання продукту як високобілкової кормової добавки.

Процес сушіння рідких дріжджів у скрубері відіграє визначальну роль у технологічному ланцюгу виробництва кормів. Він забезпечує зменшення масової частки вологи до значень, що відповідають вимогам транспортування, зберігання та подальшої механічної обробки. Скрубер як апарат інтенсивного контакту газ–рідина дозволяє реалізувати ефективне випаровування вологи з дрібнодисперсних крапель дріжджової суспензії, що знижує енерговитрати процесу та мінімізує теплову деструкцію білків, амінокислот і біологічно активних компонентів. У результаті формується напівсухий або сухий продукт, придатний для використання у кормовиробництві.

Сушіння рідких пивних дріжджів у скрубері є необхідною стадією, що забезпечує перехід від відходу пивоварного виробництва до вторинного ресурсу кормового призначення. Реалізація цього процесу дозволяє не лише зменшити об’єм і масу матеріалу, але й підвищити його стабільність, безпечність та технологічну придатність. Завдяки інтенсивному тепло- і масообміну у скрубері досягається оптимальне поєднання ефективності сушіння та збереження поживної цінності дріжджової біомаси, що є критично важливим для подальшого виробництва кормів для сільського господарства.

Багатьма дослідниками встановлено, що ефективність роботи мокрих пиловловлювачів визначається насамперед витратами енергії на процес очищення газу. При цьому повинна бути врахована як енергія, витрачена на рух газу через пиловловлювач, так і енергія, витрачена на подачу та диспергування рідини. В обох випадках слід враховувати тільки енергію, витрачену в межах апарату. Енергетичний підхід надзвичайно спрощує розрахунок ефективності мокрих пиловловлювачів та дає результати, що підтверджуються досвідом роботи промислових апаратів. Ефективність очищення визначається переважно корисними енерговитратами. вирішальним фактором при проведенні процесу пиловловлення в мокрому апараті є витрати енергії. Конструкція апарату

відіграє другорядну роль, причому вибір конструкції в кожному конкретному випадку мають визначатися капітальними витратами, а також механічними та експлуатаційними показниками пиловловлювача. Застосовність енергетичного методу розрахунку для мокрих пиловловлювачів різних палив, очевидно, пояснюється тим, що в основі уловлювання зважених частинок у кожному з них переважає той самий механізм – інерційне осадження. Тому в тих випадках, коли на уловлювання пилу в мокрих апаратах починають діяти крім чисто механічних сили, наприклад дифузійні (при конденсації), сили електричного поля та інші, спостерігаються суттєві відхилення від енергетичної залежності.

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПП «СЛАВУТИЧ -ТАРА»

2.1. Характеристика ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» – провідного підприємства з переробки рідких промислових відходів пивного виробництва

Приватне підприємство «СЛАВУТИЧ-ТАРА» є суб'єктом господарювання аграрно-промислового комплексу України, що спеціалізується на виробництві та реалізації кормової продукції для тваринництва. Підприємство здійснює свою діяльність відповідно до чинного законодавства України та зареєстроване в Єдиному державному реєстрі юридичних осіб і фізичних осіб-підприємців під кодом ЄДРПОУ 33652465. ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» – компанія-лідер на ринку вторинної сировини з розгалуженою інфраструктурою в Центральних та Південно – Східних областях України. За роки роботи компанія здобула репутацію відповідального та надійного партнера. Перевагами є професійний підхід до збору та глибокої переробки вторинної сировини. Постійними довгостроковими партнерами компанії є «Carlsberg Ukraine», «САН ІнБев Україна», «Перша Приватна броварня» та інші. Основні показники діяльності ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» представлені на рис. 2.1.

Також ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» з 2014 року займається виробництвом кормових добавок на основі відходів пивоваріння (пивні дріжджі, пивна дробина). На сьогодні компанія є одним з успішних українських виробників кормових добавок. Наша продукція добре себе зарекомендувала і користується постійним попитом, як на ринку України, так і в країнах Євросоюзу (Польща, Німеччина, Нідерланди і т.д.). Нашими постачальниками є найбільші українські пивоварні заводи. Щомісяця наше підприємство реалізує до 6500 тонн продукції, якість якої підтверджується випробуваннями акредитованих

українських і європейських лабораторій. Готова продукція характеризується високим вмістом протеїну - це було досягнуто за рахунок розробки та впровадження нами власної технології сушіння пивних дріжджів і пивної дробини.

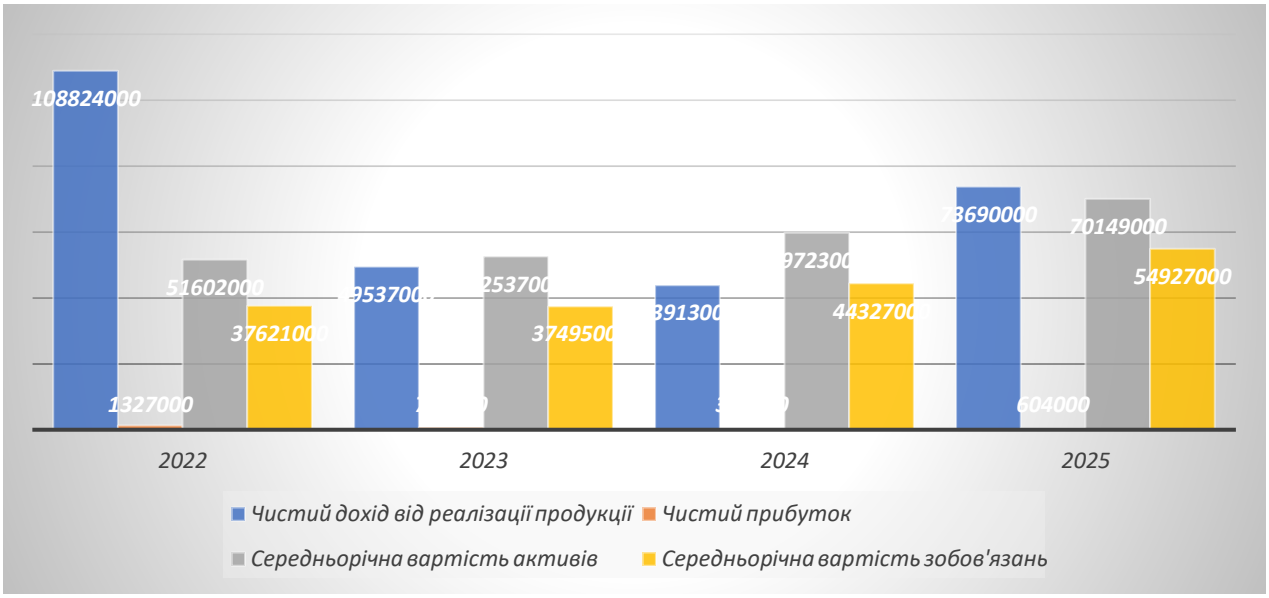


Рисунок 2.1 – Динаміка основних показників діяльності ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» у 2022 – 2025 рр.

Основні види продукції ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»:

1) Дріжджі сухі;

Сухі пивні дріжджі – унікальний продукт, що містить до 50% високоякісного, повноцінного, легкозасвоюваного білка, у який входять 17 найважливіших амінокислот, більшість з яких незамінні. У складі є вітаміни D, F, E, K, групи B, біотин, мінерали та метали (магній, натрій, кальцій, калій, мідь, цинк, марганець, залізо, хром, селен, сірка, фосфор) різні вуглеводи та жири, а також РНК – рибонуклеїнова кислота, що запобігає руйнуванню клітин і передчасному старінню (табл. 2.1). Пивні дріжджі використовують під час виробництва широкої лінійки кормів для тварин, харчової промисловості та фармакології. За біологічною цінністю та вмістом амінокислот значно перевершують рослинні корми. Поступаються тільки рибному борошну в концентрації лізину в порівнянні амінокислотного складу кормів.

Таблиця 2.1 – Вміст деяких мікроелементів у сухих пивних дріжджях

	Мікроелементи, мг на кг							
	кальцій	марганець	калій	натрій	фосфор	сірка	йод	хлор
Пивні дріжджі	2376,0	32,0	34245,0	2165,0	200,0	138,0	1,6	1680,0

Багатий зміст вітамінів групи «В» та інших, участь макро- і мікроелементів, а також високий рівень білка сприяють створенню однієї з самої високоефективної і цінної кормової добавки, що сприяє очищенню крові, зміцненню організму тварини після важкої хвороби та профілактичному підвищенню імунної системи (імунотерапія). Зокрема, застосовується: як харчова добавка у виробництві корму для домашніх улюбленців / собаки, кішки, рибки та ін.; як компонент в концентрованому фуражі для насичення його дріжджами; добавка в фураж для маленьких поросят / комбікорм /, у курей-несучок – збільшує несучість; цінна добавка до фуражу для корів і інших тварин – для збільшення надою молока; добавка в корм для акваріумних рибок; 5% добавка в протеїнових кульках для коропа і ін. промислових видів риб; сезонна підгодівля для бджіл. Підприємство використовує обладнання, яке дозволяє сушити пивні дріжджі, не втрачаючи при цьому поживних властивостей продукту. Пріоритетом компанії є виробництво екологічного продукту, який відповідає міжнародним критеріям якості (додаток А. Додаток Б).

2) Дробина суха;

Пивна дробина широко застосовується в тваринництві – є натуральною добавкою, продуктом екологічно чистим. До її складу не входять гормони та стимулятори росту. Для великої рогатої худоби пивна дробина часто входить до складу комбікормів. На голову в день максимально можна застосовувати для годування до 5 кг. У процентному співвідношенні прикорму пивною дробиною з іншими кормами: 25% від концентрованих та 50% від протеїнових кормів. У раціоні корів дробина, є дуже цінною, протеїн, що входить до її складу, розщеплюється на 50% (в той час як в соєвому шроті цей показник становить ~

35%). Численні дослідження показують, що бички на відгодівлі, яким додавали в раціон дробину, додавали у вазі на 14% більше, ніж ті тварини, які харчувалися звичайним кормом. Застосування дробини відповідно до рекомендованих норм не впливає на стан здоров'я тварин. Встановлено, що на ~ 9% знижується вартість збільшення ваги поголів'я при введенні в корм худоби пивної дробини, що дозволяє досягти значної економії на комбікормах. За рахунок бродіння, ферментації і синтезу пивна дробина складається на 30% з сирого протеїну, крім того, в її склад входять незамінні амінокислоти (більше 17), такі, як метіонін, лізин. Вони повинні надходити з кормом тому, що не виробляються тваринами, у яких шлунок однокамерний (птиці, свині). Дробина багата на вміст вітамінів (B1, B2, B4, B5, E) і каротином. Позитивними сторонами додавання пивної дробини до складу кормів жуйних тварин і великої рогатої худоби є такі: стимулювання розвитку рубця і рубцевої флори; за рахунок приємного смаку стимулює апетит, збільшуючи споживання корму; здійснює благотворний вплив на стан здоров'я; рекомендована до використання в фермерських та приватних підсобних господарствах, для молочних корів, корів на відгодівлі, телят, свиней на відгодівлі, поросят, овець, коней, кроликів.

3) Дробина суха (гранула) (рис. 2.2);



Рисунок 2.2. Товарний вигляд дробини сухої (гарунла)

Пивна дробина утворюється в результаті процесу варіння пива. Це те, що залишається від ячмінної сировини, коли з нього вже було вироблено сусло. У неї густий склад, світло-коричневий колір і солодкуватий присмак. У зв'язку з тим, що дробина містить в собі велику кількість білка і інших елементів, вона широко використовується в годуванні худоби, птиці та навіть риби. У своєму звичайному стані пивна дробина містить близько 80% води. Зберігати її в такому вигляді більше трьох діб не можна. Після закінчення певного часу (в залежності від температури повітря) дробина закисає і втрачає свої корисні властивості. Більше того, в ній починають накопичуватися різного роду токсини, тому транспортувати цей продукт на далекі відстані недоцільно. Для того, щоб уникнути закисання і знизити вагу призначеної для перевезення дробини, її попередньо висушують, після чого її можна також гранулювати з метою зниження транспортних витрат при перевезенні. Термін зберігання сухої пивної дробини становить до 12 місяців.

Суха дробина є високоякісним кормом. За вмістом білків вона наближається до бобових, крохмальних речовин в ній більше, ніж у висівках. Поживна цінність сухої пивної дробини становить 0,91 к.е., обмінна енергія – 10,3 МДж / кг. Згодовування пивної дробини коровам в кількості 6 – 8 кг на добу підвищує молочну продуктивність на 15 – 20%, при цьому жирність, смак і запах молока не змінюються. Застосування пивної дробини збагачує раціон корів протеїном і сприяє поліпшенню його обміну в організмі тварин. Дробина збільшує засвоєння організмом тваринного кальцію і фосфору. Практика показує, що в раціон корів можна вводити до 20% (від загальної маси кормів) пивної дробини. Введення до 11% (по живильній цінності) пивної дробини в раціон свиней підвищує їх добові прирости в середньому на 8 – 10%. Але свині перетравлюють дробину лише на 60%, а жуйні тварини – на 70 – 75 %. Засвоюваність без азотистих екстрактивних речовин становить 60%, жиру 88%, клітковини 40%. Крім білків і клітковини суха дробина містить необхідні для організму речовини – кальцій, фосфор, магній, калій, натрій, йод, каротин, вітаміни: Е, В1, В2, В4, В5. Застосування

пивної дробини значно знижує витрати фермерських господарств на придбання комбікормів, а також істотно збільшує приріст і надої. Використовується суха пивна дробина при вирощуванні не тільки сільськогосподарських тварин, а й птахів. Згодовування її курям-несучкам дозволяє підвищити несучість, а при підмішуванні пивної дробини в корм бройлерам збільшується вихід м'яса.

4) Дробина сира;

Сира пивна дробина – продукт, отриманий у процесі пивовиробництва, після варіння та віджимання сусла. Вона застосовується як корм для сільськогосподарських тварин. До складу дробини входять оболонки та подрібнені частки ячменю та солоду. Вона має густу консистенцію зі структурою грубо розмеленого зерна. Дробина має світло-коричневий колір, солодкуватий смак та запах солоду. Пивна дробина є цінною високопротеїновою кормовою добавкою з рівнем протеїну 26 – 30% (в перерахунку на абсолютно сухі речовини), а також найважливіші мікроелементи: фосфор, кальцій, магній, мідь, залізо, жирні кислоти та вітаміни Е та F. Для згодовування тваринам існують наступні рекомендовані добові норми у вигляді компонента корму: молочним коровам – 8-15 кг/добу; свиням – до 5 кг/добу; вівцям, коням – 1-2 кг/добу. Достовірні результати експериментів показують, що при згодовуванні її бичкам на відгодівлі, їх приріст у вазі збільшувався до 14%. Вживання рекомендованих доз не приводить до будь-яких відхилень у здоров'ї тварин. Вона дозволяє заощаджувати на споживаних комбікормах: включення в раціон худоби дробини знижує собівартість зростання приросту поголів'я до 9%.

5) Силосування (консервування) пивної дробини;

Пивна дробина є цінним кормом для великої рогатої худоби, тому що містить високий рівень протеїну, повільно розщеплюється в рубці, має високе співвідношення Р/Са та характеризується порівняно низьким вмістом розчинних у воді вуглеводів. Проблема використання дробини в якості корму ускладнюється, тим, що вона містить досить багато вологи, що збільшує вартість її перевезення (в розрахунку на одиницю маси сухої речовини), а також

ускладнює її зберігання. Пік виробництва пива (та отримання побічних продуктів пивоваріння, головним з яких в кількісному відношенні є дробина) припадає на літній період, коли потреба у дробині сезонно знижується, тоді як взимку, при дефіциті кормів, середньодобові обсяги вироблення дробини падають в 3 – 4 рази. Виходячи з цих міркувань, в літній період дробину доцільно консервувати, з тим, щоб взимку згодовувати. Спосіб консервування дробини, що отримав найбільше поширення в світі, є її сушка. Суху дробину легше перевозити і зберігати. Проте, в країнах Західної Європи свіжу, сиру або частково зневоднену пресуванням дробину завозять з пивоварних заводів і згодовують худобі. Державам, розташованим поблизу від пивоварних заводів, також цілком доцільно використовувати консервування та зберігання вологої дробини.

В останні десятиліття проводилися дослідження з метою пошуку способів силосування сирої дробини, крім її сушіння. Одним з альтернативних методів консервування пивної дробини є її силосування. Ускладнюється цей спосіб низьким вмістом в ній сухої речовини (близько 12 – 25 %) і низьким (близько 1% в розрахунку на суху речовину) вмістом цукрів, здатних порівняно швидко зброджувати при силосуванні з утворенням молочної кислоти. Згідно сталим поглядам, для отримання високоякісного силосу найважливішими є наступні умови: швидке зниження величини pH соку маси, що силосується до 4,0 – 4,2 та нижче; наявність сухої речовини в масі, що силосується не менше 30% і забезпечення температури маси, що силосується в межах 20 – 30 ^{0}C, а при зберіганні силосу – не вище 15^{0}C. Крім того, для запобігання розвитку в масі, що силосується, цвілі і гнильних бактерій, слід виключити доступ в неї кисню. У той же час слід враховувати, що анаеробні умови не перешкоджають розвитку більшості видів маслянокислих бактерій, що є факультативними анаеробами.

Рівень pH легко може регулюватися при зброджуванні цукрів, що входять до маси, що силосується, а також внесенням кислот: органічних – мурашиної, пропіонової, оцтової і неорганічних – фосфорної і сірчаної. Слід, однак,

враховувати, що тварини неохоче поїдають силос, приготований із застосуванням неорганічних кислот. При відносно низькій величині pH, яка створюється внаслідок внесення кислот, бродіння може продовжуватися (апріорі можна припустити, що це буде молочнокисле бродіння, тоді як інші види бродіння будуть загальмовані, внаслідок того, що молочнокислі бактерії в анаеробних умовах витримують найбільш низькі значення pH – до 3,2; нижня межа pH – 3,0) або буде пригнічено – в залежності від кількості доданої кислоти.

Оскільки згадані кислоти, як органічні, так і мінеральні – дуже агресивні рідини, а низькомолекулярні органічні кислоти, крім того, дуже летючі та мають різкий неприємний запах, на предмет використання в цілях консервування були випробувані та знайшли практичне застосування кислоти, що володіють бактеріостатичною дією вже в порівняно низьких концентраціях, і, крім того, нелеткі: бензойна і саліцилова, а також солі низькомолекулярних органічних кислот.

Очевидно, що найбільш доцільним є використання консервантів неагресивних, нелетких, екологічно безпечних та тих, що можуть бути використаними в організмі тварин в якості елементів живлення. Такими є найдавніші консерванти: цукор і кухонна сіль (обидва використовуються для підвищення осмотичного тиску в рідинах продукту, що консервується). Однак при силосуванні (сквашуванні) цукор (у т.ч. присутній в кормі) перетворюється в інший консервант, не менш древній і ще більш ефективний, оскільки володіє сильною бактеріостатичною дією – в молочну кислоту.

Важливо, що перетворення цукру в молочну кислоту супроводжується втратами вільної енергії, яка становить всього лише близько 5% від енергії, що міститься в глюкозі і виділяється при аеробному її розщепленні. Крім того, молочна кислота в порівнянні з цукром є більш «зручним» елементом харчування, оскільки в рубці при певних умовах вона може перетворюватися в пропіонат, що витрачається на синтез глюкози (остання є єдиним попередником лактози і взагалі незамінним метаболітом в організмі ссавців), тоді як з

сахарози, що надходить в рубець, утворюється досить багато масляної кислоти, в стінці рубця, що метаболізується до 3-гидроксибутирата, головного з кетонових тіл у жуйних.

У 2025 р. ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» успішно провело модернізацію виробничих потужностей – це важливий крок, який дозволяє задовольняти зростаючі потреби клієнтів, скорочувати терміни виконання замовлень і впевнено реалізовувати масштабні проєкти. Успішно пройдено сертифікацію за стандартом GMP+ Feed Safety Assurance (Модуль 2020) – міжнародно визнаним стандартом, що підтверджує безпечність і якість процесів у виробництві кормової продукції. Ці досягнення зміцнюють позиції підприємства як надійного, відкритого та далекоглядного партнера. Підприємство залишається вірним своїм принципам: дотримання міжнародних стандартів; прозорість у бізнесі; довгострокове партнерство на основі довіри та спільного розвитку (Додаток А, Додаток Б).

Технології, що застосовуються на виробництві, забезпечують високий рівень якості і стабільні показники продукції, що випускається. Виробництво успішно пройшло сертифікацію за міжнародним стандартом ISO 9001:2015, ISO 22000:2019. Сировинною базою підприємства є співпраця з великими пивоварними заводами України, що забезпечує стабільні обсяги постачання та безперервність виробничого процесу. Завдяки ефективній логістичній системі ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» здатне оперативно здійснювати транспортування сировини та готової продукції, що є важливим чинником у кормовій галузі. Щомісячні обсяги реалізації кормових продуктів свідчать про значний виробничий потенціал підприємства та його вагому частку на відповідному ринку. Продукція підприємства реалізується як на внутрішньому ринку України, так і за її межами. Значна частина кормових продуктів експортується до країн Європейського Союзу, що підтверджує відповідність продукції міжнародним стандартам якості та попит з боку іноземних споживачів. Орієнтація на експорт сприяє підвищенню фінансової стабільності підприємства та розширенню ринків збуту.

2.2. Обладнання та технологія, що використовується для сушіння рідких відходів виробництва у скрубері (мокре очищення газів)

На підприємстві ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» відбувається переробка рідких відходів пивного виробництва, яка переслідує декілька цілей: сушіння рідких відходів для подальшої переробки та використання продукції у сільському господарстві; удосконалення технологічних процесів з метою забезпечення енергоефективності та екологічності виробництва. Одним із основних видів обладнання є одновальцева атмосферна сушарка (рис. 2.3).

Одновальцева атмосферна сушарка – це апарат, що використовується для висушування рідких, пастоподібних або суспензійних матеріалів шляхом нанесення їх тонким шаром на поверхню обертового барабана (вальця), що нагрівається зсередини (найчастіше парою) при атмосферному тиску. Продукт висихає за один оберт і знімається ножем. Основні приклади включають моделі з приводом (наприклад, ВС – 2011) або насосним валиком (С – 237).



Рисунок 2.3 – Одновальцева атмосферна сушарка ВН 08–2НУ–01

Одновальцева атмосферна сушарка ВН 0,8-2НУ-01 призначена для безперервного сушіння рідких або пастоподібних продуктів, зокрема пивних дріжджів, шляхом контактного теплообміну з нагрітою поверхнею обертового

вальця. Рідкі пивні дріжджі після попередньої сепарації або згущення подаються на зовнішню поверхню обертового вальця тонким рівномірним шаром за допомогою форсунки або розподільчого пристрою. Всередину вальця подається насичена водяна пара. Пара конденсується на внутрішній поверхні вальця, передаючи тепло металу. Таким чином, валець нагрівається до робочої температури (зазвичай 120–160 °C). Сушіння продукту (рідкої сировини – дріжджів) відбувається під час обертання вальця, а саме: тонкий шар дріжджів швидко прогрівається; волога інтенсивно випаровується в атмосферу; утворюється суха плівка продукту. Сушіння відбувається: при атмосферному тиску, за дуже короткий час контакту (секунди), що мінімізує термічне руйнування білків та поживних речовин. На певному куті обертання вальця встановлено ніж-скребок, який: механічно знімає висушений продукт з поверхні; перетворює його на пластівці або порошок.

Відведення пари та готового продукту відбувається таким чином: волога у вигляді пари відводиться через вентиляційну систему (може додатково очищатися у скрубері); сухий продукт збирається в бункер або транспортується далі на подрібнення, грануляцію, фасування як кормову добавку.

Перевагами використання зазначеного обладнання для сушіння рідких відходів пивного виробництва пояснюється необхідністю збереження поживних речовин, що забезпечується інтенсивним випаровуванням вологи; коротким часом термічного впливу; збереженням білка, амінокислот, вітамінів групи В; низькими експлуатаційними витратами; придатністю для переробки відходів у цінний продукт. Алгоритм технологічного процесу сушіння рідких відходів пивного виробництва (дріжджів) представлений на рис. 2.4.

Рідкі дріжджі → тонкий шар → контактний нагрів → випаровування вологи → сухий кормовий продукт

Рисунок 2.4 – Узагальнена формула процесу сушки рідких відходів пивного виробництва

Тепловий баланс сушарки відображає розподіл підведеної теплоти між корисним використанням (випаровування вологи з продукту) та втратами. Загальне рівняння теплового балансу:

$$Q_п = Q_{вип} + Q_{нагр} + Q_{вт} \quad (2.1)$$

де $Q_п$ – теплота, підведена з водяною парою, кДж;

$Q_{вип}$ – теплота, витрачена на випаровування вологи з дріжджів;

$Q_{нагр}$ – теплота на нагрів сухої речовини та залишкової вологи;

$Q_{вт}$ – теплові втрати (з відпрацьованим повітрям, через корпус, конденсат).

Корисна складова теплового балансу складається з таких елементів:

– *теплота на випаровування вологи:*

$$Q_{вип} = G_в \cdot r \quad (2.2)$$

де $G_в$ – маса випаруваної вологи, кг/год; r – питома теплота пароутворення (≈ 2250 кДж/кг);

– теплота на нагрів продукту:

$$Q_{нагр} = G_{ср} \cdot c_{ср} \cdot (t_{кін} - t_{поч}) \quad (2.3)$$

де $G_{ср}$ – маса сухих речовин дріжджів;

$c_{ср}$ – середня теплоємність продукту;

$t_{кін}, t_{поч}$ – кінцева та початкова температури.

Теплота надходить із насиченою водяною парою, що подається всередину вальця:

$$Q_п = G_п \cdot (i_п - i_к) \quad (2.4)$$

де $G_п$ – витрата пари, кг/год;

$i_п, i_к$ – ентальпія пари та конденсату.

Коефіцієнт корисної дії сушарки розраховується за таким алгоритмом:

$$\eta = Q_{вип} / Q_п \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Для одновальцевих сушарок ККД зазвичай становить 60–75 %, що вважається високим показником для атмосферних сушильних установок.

Аналіз теплового балансу одновальцевої атмосферної сушарки ВН 0,8-2НУ-01 показує, що основна частка підведеної теплоти використовується на випаровування вологи з пивних дріжджів. Висока інтенсивність теплопередачі при контактному нагріві та мала тривалість процесу забезпечують задовільний тепловий ККД установки та економне використання енергоресурсів.

Технічні переваги використовуваного обладнання такі: безперервний режим роботи; висока інтенсивність сушіння; компактність установки; простота автоматизації; стабільна якість готового продукту. Особливо важливо, що сушарка адаптована до переробки відходів, а не лише харчових напівфабрикатів. Використання одновальцевої атмосферної сушарки ВН 0,8-2НУ-01 у технології переробки рідких відходів пивоваріння є технічно доцільним та економічно обґрунтованим. Процес сушіння дозволяє перетворити проблемні відходи на цінну кормову продукцію, зменшуючи екологічне навантаження та підвищуючи ресурсну ефективність виробництва, що відповідає принципам циркулярної економіки та Європейського зеленого курсу.

Розглядаючи інші варіанти обладнання для забезпечення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва, вважаємо, що одновальцеві сушарки мають такі переваги: у 1,5 – 2 рази менше питомі витрати теплоти; простіша конструкція і нижче експлуатаційні витрати (табл. 2.2). Ефект виникає за рахунок контактного нагріву, а не нагріву великих об’ємів повітря.

Таблиця 2.2 – Узагальнююча порівняльна таблиці варіантів обладнання для забезпечення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва

Обладнання	**Капітальні витрати**	**Енерговитрати**	**Придатність для дріжджів**
Розпилювальна сушарка	дуже високі	високі	обмежена
Камерна сушарка	середні	високі	низька
Вакуумна сушарка	дуже високі	високі	висока
Одновальцева ВН 0,8-2НУ-01	помірні	низькі	висока

Технічні характеристика використовуваної сушарки ВН 0,8-2НУ-01наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики одновальцевої атмосферної сушарки ВН 0,8-2НУ-01

№ п/п	Найменування характеристики	Рівень
1	Продуктивність по сухому продукту з вологістю 5-6%	20 кг/год
2	Робочий тиск пари у вальці	5 кгс/см^2
3	Робоча температура вальця	до 158°С
4	Витрата пари на обігрів вальця	150-200 кг/год
5	Частота обертання сушильного вальця	3,2; 4,7; 6,2; 9,5 об / хв
6	Частота обертання шнека вивантажувача	13,5; 20; 26; 40 об / хв
7	Поверхня нагріву вальця	3,6 м^2
8	Привід	електродвигун, редуктор
9	Маса апарату	4150 кг
10	Габаритні розміри	4540х1255х1640 мм

Економічний ефект від застосування одновальцевої атмосферної сушарки ВН 0,8-2НУ-01 формується у порівнянні з розпилювальними, камерними та вакуумними сушильними установками, а також з альтернативною схемою утилізації рідких пивних відходів без стадії сушіння. Завдяки контактному способу теплопередачі, безперервному режиму роботи та простоті конструкції дана сушарка забезпечує зниження питомих енерговитрат, експлуатаційних витрат і екологічних платежів при одночасному отриманні товарної кормової продукції.

На наступному етапі технологічного процесу відбувається випарення через зонт одновальцевої атмосферної сушарки газоподібної суміші, яка поступає на скрубер (опис обладнання в п.1.4 магістерського дослідження), де і відбувається омивання суміші водою і уловлювання дрібних частин дріжджової субстанції.

2.3. Розрахунок витрат на процес очищення газоподібної суміші при двоступеневій системі очищення рідких відходів пивного виробництва

Експериментальні дослідження полягали в тому, щоб за рахунок удосконалення конструкції скрубера проаналізувати ефективність двоступеневого очищення газоповітряної суміші: очищення до скрубера (інерційне в одновальцевій атмосферній сушарці); очищення у скрубері (порожнистий скрубер). Експериментальні дослідження проводились впродовж 3-х місяців 2025 року (червень – серпень 2025 р.).

Таблиця 2.4 – Результати спостережень двоступеневого очищення після одновальцевої атмосферної сушарки та скрубера (червень 2025 р.)

Дата, червень 2025 р.	Витрати газу, $м^3$/добу	Вхідна концентрація пилу, $г/м^3$	Середній розмір частинок, мкм	Густина частинок $кг/м^3$	І ступінь очищення (сухе),	Концентрація пилу після І ступеня очищення, $г/м^3$	Концентрація пилу після ІІ ступеня очищення, $г/м^3$
1	12,6	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
2	13,4	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
3	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
4	14,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
5	12,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
6	-	-	-	-	-	-	-
7	13,6	2,2	5	1100	0,6	0,88	0,242
8	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
9	12,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
10	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	13,8	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
13	13,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
14	12,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
15	14,1	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
16	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-
18	12,6	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
19	13,2	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
20	13,5	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
21	13,6	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
22	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-

25	13,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
26	13,1	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
27	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
28	13,9	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
29	14,0	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
30	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-

Вихідні дані для розрахунку:

– фактичні заміри витрат газу (щодобові), м^3/добу;

– вхідна концентрація пилу C_0 (досліджувалась сировина від одного постачальника) – вона коливається в залежності від партії в діапазоні 2,0 – 2,1 г/м^3;

– середній розмір частинок становить ≈ 5 мкм;

– густина частинок – 1100 кг/м³;

– за результатами роботи встановлено стійкість І ступеня очищення і вона становить 0,6 (η_1);

– концентрація пилу після першого ступеня розраховується за формулою $C_1=C_0\cdot(1-\eta_1)$;

– концентрація пилу після другого ступеня очищення у скрубері та після удосконалення конструкції скрубера (що дозволило забезпечити ступінь очищення $\eta_2=0,725$ розраховується за формулою $C_2=C_1\cdot(1-\eta_2)$;

– загальний ступінь очищення системи розраховується за формулою $\eta\Sigma=1-(1-\eta_1)(1-\eta_2)$ і становить $\eta\Sigma=0,89$.

Таблиця 2.5 – Результати спостережень двоступеневого очищення після одновальцевої атмосферної сушарки та скрубера (липень 2025 р.)

Дата, липень 2025 р.	Витрати газу, м^3/добу	Вхідна концентрація пилу, г/м^3	Середній розмір частинок, мкм	Густина частинок кг/м^3	І ступінь очищення (сухе),	Концентрація пилу після І ступеня очищення, г/м^3	Концентрація пилу після ІІ ступеня очищення, г/м^3
1	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
2	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
3	13,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
4	13,6	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
5	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
6	13,8	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22

7	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
8	12,9	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
9	13,6	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
10	13,8	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
11	-	-	-	-	-	-	-
12	13,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
13	13,1	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
14	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
15	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
16	13,8	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
17	12,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
18	13,1	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
19	12,9	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
20	13,6	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
21	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
22	13,8	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
23	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-
25	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
26	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
27	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
28	13,6	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
29	13,9	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
30	12,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
31	13,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22

Результати дослідження впродовж трьох місяців дозволяють стверджувати, що якість сировини, які отримує підприємство від постачальника (м. Запоріжжя) є стабільною, що спрощує розрахунки ефективності загального ступеня очищення. Також, конструкційні удосконалення, які були здійснені, виправдовують їх доцільність і забезпечують достатній рівень очищення газоподібної суміші для більш безпечних викидів в атмосферу.

Таблиця 2.6 – Результати спостережень двоступеневого очищення після одновальцевої атмосферної сушарки та скрубера (серпень 2025 р.)

Дата, серпень 2025 р.	Витрати газу, $м^3$/добу	Вхідна концентрація пилу, $г/м^3$	Середній розмір частинок, мкм	Густина частинок $кг/м^3$	І ступінь очищення (сухе),	Концентрація пилу після І ступеня очищення, $г/м^3$	Концентрація пилу після ІІ ступеня очищення, $г/м^3$
1	12,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
2	12,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
3	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231

4	13,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
5	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
6	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
7	13,0	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
8	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
9	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
10	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
13	13,5	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
14	13,5	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
15	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
16	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-
18	13,1	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
19	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
20	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
21	13,1	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
22	12,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
23	13,9	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
24	13,7	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
25	13,7	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
26	13,0	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
27	13,5	2,1	5	1100	0,6	0,84	0,231
28	13,5	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
29	12,5	2,0	5	1100	0,6	0,8	0,22
30	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-

Узагальнення результатів досліджень представлено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Узагальнені результати дослідження двоступеневого очищення газоповітряної суміші

Етап очищення	**Ступінь очищення**	**Концентрація, г/м^3**
До очищення	**-**	**2,0 – 2,1**
Після сухого апарата	**0,6**	**0,8 – 0,84**
Після скрубера	**0,725**	**0,22 – 0,231**
Загальний ефект	**0,89**	

За умов здійснення господарської діяльності ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» в режимі, який відбувався впродовж періоду спостережень, витрати газу

щомісяця становлять в середньому 13,41 м^3/добу; на місяць ці витрати дорівнюють 415,71 м^3/місяць і 4988,52 м^3/рік.

До впровадження запропонованої технології річний обсяг витрат на газ становив (в минулому році) фактично за лічильніком 6256 м^3/рік, отже розрахункова економія витрат газу після впровадження двоступеневого очищення газоповітряної суміші становить 1267,48 м^3/рік (- 20,26%); економія витрат газу на місяць становить – 105,62 м^3/місяць; економія витрат газу на добу становить – 8,8 м^3/добу.

Отже, досягнення загального ступеня очищення 0,89 (89 %) свідчить про високу ефективність двоступеневої системи очищення, у якій кожен етап виконує свою функціональну роль та взаємно підсилює дію іншого. Перший ступінь очищення (інерційне в одновальцевій атмосферній сушарці): ефективно видаляє крупнодисперсні та інерційні частинки; знижує пилове навантаження на другий ступінь; запобігає перевантаженню скрубера та зменшує його енерговитрати. Другий ступінь очищення (скрубер): забезпечує уловлювання дрібнодисперсних частинок дріжджів; працює ефективніше за рахунок попереднього очищення газу; дозволяє досягти нормативних показників викидів. Сумарний ефект 0,89 не є простим додаванням, а результатом мультиплікативної дії ступенів, що підтверджує доцільність каскадного очищення.

РОЗДІЛ 3
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»

3.1. Вимоги до розміщення огородження

Охорона праці на підприємстві з переробки рідких відходів пивоваріння ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» спрямована на: забезпечення безпечних умов праці персоналу; запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням; мінімізацію впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів; дотримання вимог чинного законодавства України та стандартів ЄС. Організація охорони праці здійснюється відповідно до: Закону України «Про охорону праці» [38]; ДСТУ, ДБН, НПАОП; директив ЄС (у контексті євроінтеграції); внутрішніх інструкцій підприємства.

Усі рухомі частини обладнання, що знаходяться на висоті менш ніж 2,5 м від підлоги та можуть бути випадково доторкнуті, повинні бути огороджені. Огорожа може бути виготовлена з суцільних або сітчастих матеріалів (розмір осередку не більше 20х20 мм) або у вигляді поручнів на відстані не менше 1 м від рухомих частин. Місця розміщення огороджень, наявність хвірток, отворів, знімних секцій чи блокувань мають бути вказані на кресленнях устаткування. Усі хвіртки та отвори, призначені для доступу обслуговуючого персоналу, повинні бути позначені попереджувальними знаками безпеки. Під час експлуатації обладнання з рухомими частинами, доступ обслуговуючого персоналу до цих деталей за огородження або виконання робіт на них забороняється.

Якщо окремі небезпечні для людей рухомі частини машин чи агрегатів неможливо огородити під час обслуговування, ці машини та агрегати можна огородити загальним огородженням.

Передачі зубчастими, пасовими або ланцюговими механізмами, а також муфти повинні мати суцільне огородження знімними кожухами, кріплення яких

можна зняти лише за допомогою спеціального інструменту, незалежно від їхнього розташування та швидкості обертання.

Противаги, розташовані за межами обладнання, повинні бути огороджені або розміщені в закритих направляючих пристроях (колодязях, трубах, шахтах), що виключають доступ людей до небезпечних зон.

Для проведення ремонтних робіт, налаштування обладнання та спостереження за технологічними процесами в огородженнях можуть бути передбачені вікна та люки. Вони повинні мати механізм закривання, щоб запобігти випадковому падінню людини, та бути з'єднані з пусковим пристроєм обладнання, машин або механізмів.

В кожному цеху має бути розроблений та затверджений роботодавцем список елементів обладнання, для яких знімні огородження повинні мати блокування. Для нових і реконструйованих об'єктів блокування повинні бути передбачені в проєкті.

Огорожа повинна бути частиною обладнання та відповідати проєктним вимогам. Робота обладнання або механізмів з пошкодженими огородженнями або без них заборонена. Перевірка стану огороджень повинна здійснюватися на кожній зміні. Виявлені пошкодження повинні бути усунені негайно. Під час роботи обладнання заборонено проводити ремонт, очищення вручну та закріплення частин чи огороджень. Знімати огородження для ремонту обладнання можна тільки після повної зупинки механізмів. Пуск після ремонту, огляду та очищення дозволяється лише після установки огорожі та надійного закріплення її частин [39].

3.2. Вимоги до розміщення майданчиків та сходів

Для обслуговування запірної, регулюючої арматури та систем опалення і вентиляції, що знаходяться на висоті понад два метри від підлоги, необхідно встановлювати спеціальні стаціонарні платформи. Використання приставних драбин для цих цілей не допускається. Якщо у проєкті передбачено дистанційне

керування арматурою, то спеціальні майданчики встановлювати не потрібно. У цьому випадку слід застосовувати мобільні платформи, підвісні колиски чи спеціальну техніку з телескопічними підйомниками для огляду та ремонту арматури.

Сходи та майданчики повинні відповідати вимогам [39] «Маршові сходи, майданчики та сталеві огородження. Технічні умови». Конструкція настилу переходів, майданчиків та сходів має бути такою, щоб запобігти ковзанню людей під час руху. Майданчики, а також технологічні та монтажні отвори мають бути огороджені поручнями, висота яких не менше 1 метра, із додатковою горизонтальною перекладиною на висоті 0,5 метра, а також суцільним обшивом знизу до висоти 0,14 метра. Всі приямки, люки, зумпфи, колодязі, дренажні канави та інші відкриті конструкції повинні бути оснащені таким огородженням, або бути закритими міцними кришками чи настилами, що знаходяться на рівні підлоги.

На робочих майданчиках необхідно встановити таблички, що вказують максимально допустиме загальне та зосереджене навантаження. Опорні конструкції сходів і майданчиків повинні витримувати навантаження не менше 2000 Н/м² (200 кгс/м²).

Металеві сходи повинні бути встановлені під кутом 45° для постійного використання та 60° - для періодичного (два рази протягом зміни), з шириною сходів не менше 0,6 м. Висота сходинок не повинна перевищувати 0,3 м. Сходи повинні мати поручні з обох боків висотою не менше 1 метра. Для сходів висотою до 1,5 м дозволяється встановлювати поручні з одного боку. Якщо сходи мають висоту понад 10 м, то через кожні 5 м мають бути встановлені майданчики для відпочинку.

Для доступу в приямки та колодязі можна використовувати вертикальні сходи або скоби з відстанню 0,3 м між ними по висоті. Вертикальні сходи заввишки понад 2 м повинні бути оснащені огородженнями у вигляді дуг або хомутів, щоб захистити людину ззаду.

На даху резервуара, на відстані не менше 1,8 м від сходів, що ведуть до резервуара, повинні бути встановлені поручні висотою не менше 1 метра. На обгородженій частині покрівлі має бути люк для вимірювання рівня рідини, а також арматура та вимірювальні пристрої. Якщо арматура або клапани розташовані на різних ділянках покрівлі, до них повинні бути підведені майданчики з огородженнями. Не дозволяється ставати безпосередньо на покрівлю резервуара.

Майданчики для обслуговування устаткування, сходи та перехідні містки повинні перебувати в належному стані та своєчасно ремонтуватися [39].

3.3. Особливості техніки безпеки при обслуговуванні та ремонті електрофільтрів

Електрофільтри є складними високовольтними пристроями, що мають багато точок обслуговування. Тому при обслуговуванні таких систем необхідно суворо дотримуватись вимог «Правил технічної експлуатації електроустаткування» [40], а також «Правил технічної експлуатації електроустаткування споживачів і вимог техніки безпеки під час його використання» [41], а також проводити навчання персоналу згідно з актуальними нормами та інструкціями. Основні умови для забезпечення безпеки під час експлуатації електрофільтрів зводяться до наступного.

1. Для запобігання випадковому контакту з електричними частинами, що знаходяться під напругою, дверці ізоляційних коробок повинні бути оснащені блокуючим заземлюючим пристроєм. Поблизу люків мають бути встановлені заземлюючі гвинти для приєднання переносного заземлення. Без належного заземлення вхід до електрофільтру заборонений, навіть якщо блокуючі пристрої присутні.

2. Внутрішні огляди та ремонт електрофільтрів повинні проводитись лише під наглядом або за участі особи, відповідальної за експлуатацію. Вони допускаються лише після виконання таких умов:

– відключення електрофільтрів від газу за допомогою надійного обладнання;

– зняття напруги і заземлення живлення та кородуючої системи;

– провітрювання корпусу до повного очищення від газу, якщо використовуються токсичні чи вибухонебезпечні гази, перевірка їх відсутності за допомогою газоаналізатора;

– охолодження обладнання до температури 50°С;

– постійний нагляд за персоналом, що працює в середині пристрою, з наявністю можливості швидкої евакуації.

3. Керівництво експлуатацією має здійснювати кваліфікований працівник, який має групу з техніки безпеки не нижче IV, відповідно до зазначених правил. До обслуговування може бути допущений працівник, що пройшов навчання на місці, має кваліфікаційну групу не нижче III і пройшов атестацію з безпеки праці на цьому обладнанні. Перевірки знань безпечного обслуговування мають проводитись не рідше ніж один раз на рік, результати фіксуються у журналі.

4. У приміщенні для обслуговуючого персоналу мають бути наступні документи:

– інструкції з експлуатації електрофільтра;

– норми та правила техніки безпеки і виробничої санітарії;

– інструкції з поведінки під час аварій або пожеж;

– інструкція надання першої допомоги;

– електрична схема обладнання;

– схеми газо- і пилових комунікацій;

– список осіб, яким дозволено перебувати на території підстанції та біля електрофільтра.

Також в приміщенні мають бути в справному стані: спецодяг і захисне обладнання; попереджувальні знаки; засоби пожежогасіння; аптечка.

5. Під час експлуатації необхідно контролювати стан: ізоляційних коробок, де повинні бути справні замки, механізми блокування, що не дозволяють відкривати дверцята без попереднього заземлення; контурів заземлення; теплоізоляції корпусів та газоходів; огороджень механізмів, що знаходяться поза електрофільтром; клапанів безпеки; площадок, сходів та огороджень; електричного освітлення; шатра та будівлі.

6. Забороняється: вмикати електрофільтр без закритих ізоляційних коробок, люків або при несправному блокуванні; обслуговувати механізми під час їх роботи; вмикати механізми без захисту або з непотрібно закріпленими огородженнями; стояти на бар'єрах майданчиків або кришках муфт; перебувати в перетворювальній підстанції при відсутності вентиляції; дозволяти стороннім особам знаходитися на обладнанні без супроводу відповідальної особи.

7. При роботі всередині електрофільтру необхідно використовувати каски, спецодяг, окуляри, респіратори і протигази.

8. Заборонено використовувати переносні лампи напругою понад 12 В всередині електрофільтру.

9. Під час чергування одна особа не має права: виконувати роботи, не передбачені інструкцією; самостійно відкривати ізоляційні коробки або люки; виконувати поточний ремонт, окрім заміни запобіжників або налаштування контактів при вимкненому обладнанні.

10. Друга особа (крім чергового) повинна бути присутньою: при обслуговуванні ізоляторів; при роботі з перемикачами, кабельними муфтами та іншими елементами; при обслуговуванні механізмів струшування та інших елементів; під час роботи всередині електрофільтру та газоходів [42].

3.4. Особливості безпечного обслуговування скрубера на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» та дотримання правил охорони праці та техногенної безпеки

Принцип роботи скрубера наступний: аспіраційне повітря поступає в трубу Вентурі, в горловині якої досягає найвищих швидкостей. Краплі зрошуючої води, що розбризкуються форсункою, дробляться повітряним потоком і прискорюються. У конфузорі і горловині труби Вентурі повітря придбаває відносно велику швидкість порівняно з водою, внаслідок чого має місце його фільтрація крізь краплі, на яких здійснюється інерційне осадження пилових часток. Цьому також сприяє безіскрове заряджання води під дією електричного поля электрета, якою являється сопло форсунки з фторопласту. Краплі з частками пилу сепарують в каплеуловлювач за рахунок тангенціального введення повітря, що створює їх закручування, осідають на змоченій внутрішній поверхні корпусу і змиваються рухливою плівкою води.

У комплект скрубера Вентурі входить запобіжна, регулююча арматура, комплекс пристроїв, що забезпечують автоматичне керування котлоагрегатом і захист від аварійних ситуацій, засоби контролю та сигналізації. Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з вимогами [42] і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва. В цьому розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики. Скрубери у складі установок знепилювання повітря підлягають реєстрації в регіональній інспекції по охороні атмосферного повітря з метою їх обліку.

Персонал, обслуговуючий скрубери, призначається начальником паливно-транспортного цеху і затверджується керівництвом електростанції; для нього мають бути розроблені посадові інструкції, організовано технічне навчання і перевірку знань.

Персонал, відповідальний за експлуатацію і обслуговування скруберів, зобов'язаний забезпечити дотримання вимог нормативно-технічних документів і посадових інструкцій.

Скрубери повинні працювати надійно, безперебійно, з показниками, що відповідають проектним або отриманим в результаті налагоджувальних робіт і погодженими з організацією-розробником проекту. Скрубери мають бути забезпечені запасними частинами і матеріалами в кількості, достатній для їх нормальної експлуатації і своєчасного ремонту. Не рідше за один раз в півріччя скрубери повинні піддаватися огляду для оцінки їх технічного стану комісією, що призначається керівництвом електростанції.

При оглядах слід звертати увагу: стан устаткування, наявність і справність приладів і засобів автоматизації; відхилення від оптимальних режимів роботи; герметичність скруберів і відсутність в них відкладень пилу; чистоту (візуально) повітря, що викидається вентилятором в атмосферу; справність видалення шламу. За результатами огляду складається акт і при необхідності розробляються заходи по усуненню виявлених недоліків. Акт додається до технічного паспорта установки, до складу якої входить скрубер.

Не рідше за один раз в рік, а також у випадках роботи технологічного устаткування на зміненому режимі більше 3 місяців або при переведенні його на новий постійний режим роботи, після капітального ремонту або реконструкції скрубери повинні піддаватися перевірці відповідності фактичних параметрів (подання аспірації повітря, гідравлічний опір, міра очищення) проектним відповідно до типової методики експлуатаційних випробувань установок знепилювання повітря. При невідповідності параметрів роботи скрубера проектним повинні вживатися необхідні заходи для його наладки, реконструкції або заміни.

Зміна конструкції і модернізація скруберів без узгодження з організацією-розробником проекту забороняються. Заходи по модернізації скруберів, що дозволяють підвищити їх надійність і міру очищення, повинні виконуватися, як правило, при проведенні капітального ремонту.

Кожен випадок технічної несправності скруберів або порушення режиму роботи, що привів до зниження їх ефективності, зупинку установки знепилювання повітря або відмови, має бути розслідуваний, мають бути розроблені заходи по приведенню пиловловлювачів в справний стан і попередженню повторень аналогічних дефектів.

Вказівки заходів безпеки. Персонал, зайнятий обслуговуванням скруберів, зобов'язаний знати їх пристрій і інструкцію з експлуатації, забезпечувати дотримання оптимальних режимів і встановлених параметрів роботи пиловловлювачів, підтримувати їх в справному стані, виключати випадки травмування людей і відмови устаткування. Перевірку знань персоналу, обслуговуючого скрубери, слід робити при складанні іспитів за правилами техніки безпеки і технічної експлуатації.

Скрубери мають бути оснащені задовільним (не менше 50 лк) освітленням майданчиків обслуговування; приєднаний до них повітропровід всмоктування має бути обладнаний вибуховими клапанами, встановленими в місцях найбільш вірогідного відкладення пилу.

Обслуговування, ремонт і внутрішній огляд скруберів слід робити тільки після відключення електродвигуна установки від мережі, вивіски на пусковій апаратурі заборонного плакату «Не включати – працюють люди!» і повного зупинку частин, що обертаються. При оглядах не допускається користуватися переносними лампами напругою понад 12 В.

Обслуговування електромагнітного клапана повинне робитися тільки персоналом цеху теплової автоматики і вимірів. Підтримка оптимального тиску води, що поступає у форсунку труби Вентурі і сопла каплеуловлювач, є умовою ефективної і надійної роботи скруберів.

При падінні тиску води, що поступає в трубу Вентурі, нижче 0,3 МПа (3 кгс/см^2), а в каплеуловлювач - нижче 0,02 МПа (0,2 кгс/см^2) різко знижується міра очищення скрубера і з’являється небезпека засмічення каплеуловлювача. При тиску води, що поступає в трубу Вентурі, вище 0,5 МПа (5 кгс/см^2), а в каплеуловлювач вище 0,04 МПа (0,4 кгс/см^2) виникає підвищений каплезбір

(великий зміст крапель води у вентиляційному повітрі), що викликає корозію вентилятора установки, а в зимовий час обмерзання нагнітального повітропроводу. Крім того, при цьому зростають експлуатаційні витрати на пиловловлювання.

Контроль тиску води, що поступає в каплеуловлювач, здійснюється за допомогою манометра ОБМ-1 [межа вимірів 0 – 0,1 МПа (0 – 1 кгс/см^2)]; у трубу Вентурі – ЭКМ – IV [межа вимірів 0 – 0,6 МПа (0 – 6 кгс/см^2)]. Крім того, манометр ЭКМ – IV відключає електродвигун установки при падінні тиску води нижче допустимої межі [0,3 МПа (3 кгс/см^2)] щоб уникнути засмічення скрубера і виведення із ладу устаткування установки.

Контроль витрати води здійснюється с допомогою водолічильника ВСКМ (межа вимірів 0,001 – 16,0 м^3 /год).

Розміщувати скрубери слід в місцях, доступних для їх огляду і обслуговування, монтувати в строгій відповідності з технічною документацією організації-розробника проекту і вимогами до монтажу заводу-виготовлювача устаткування, що входить до складу пиловловлювачів, а також.

Робити установку скруберів потрібно строго вертикально на заздалегідь підготовлені опори, постаменти, кронштейни, перекриття.

Слід перевірити герметичність, створивши при гідравлічних випробуваннях тиск в скрубері до 2500 Па (2,5 · 10-2 кгс/см^2). Вважати скрубер герметичним, якщо впродовж 1 ч тиск знизиться не більше ніж на 200 Па (2,0 · 10-3кгс/см^2).

Необхідно стежити, щоб зварні з'єднання повітропроводів із скруберами були герметичними.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Перевірити після монтажу і капітального ремонту скрубера (рис. 3.1): установку фільтру 13 для води (правильне положення фільтру – вертикальне зливною пробкою вниз; стан елементу, що фільтрує, очищений від бруду, шлам видалений); установку електромагнітного клапана 19, яка повинна задовольняти наступним умовам: монтаж клапана – на горизонтальній ділянці водопроводу електромагнітним

приводом вгору; рух води – в напрямі, вказаному стрілкою на корпусі клапана; розміщення клапана – в місці, доступному для огляду і обслуговування; відсутність сторонніх предметів (електродів та ін.) усередині труби Вентурі 1, каплеуловлювача 2 і гідрозасува 22; стан внутрішньої поверхні труби Вентурі 1 і каплеуловителя 2 (відсутність незачищених зварних з'єднань, нерівностей і виступів, особливо в зоні зрошування); наявність форсунки 7, відрегулювати її співвісну з трубою Вентурі 1 і висоту розташування, при якій при тиски води 0,3 МПа (3 кгс/см^2) зрошуючий факел перекриває середню зону конфузора; наявність сопла 8, відсутність засмічення, правильність їх установки, при якій струмінь води тиском 0,04 МПа (0,4 кгс/см^2) торкається корпусу каплеуловлювач на мінімальній відстані від сопла і спрямована вниз під кутом 10° по ходу обертання аспіраційного повітря; відсутність засмічення муфтових клапанів 15 і 20; наявність і працездатність манометрів 16 і 17, водолічильник 18; правильність установки: манометра ЭКМ – IV на трубопроводі подання води в трубу Вентурі, манометра ОБМ-1 на трубопроводі подання води в каплеуловлювач, водолічильник на горизонтальній ділянці водопроводу циферблатом вгору (ділянки трубопроводу, що підводять і відводять, на яких монтується лічильник, повинні знаходитися на загальній прямолінійній осі; напрям, вказаний стрілкою на корпусі, повинен співпадати з напрямом потоку води в трубопроводі); облаштування гідрозасува (щільність прилягання до зрізу труби 1).

Найбільш ефективним є режим роботи скруберів, при якому їх характеристика відповідає технічним даним проекту або отриманим в результаті налагоджувальних робіт і погодженим з організацією-розробником проекту.

Не допускається підвищення тиску води, що поступає в трубу Вентурі, більше 0,5 МПа (5 кгс/см^2), в каплеуловлювач - більше 0,04 МПа (0,4 кгс/см^2) оскільки це приведе до підвищеного каплевиносу і витрат на пиловловлювання.

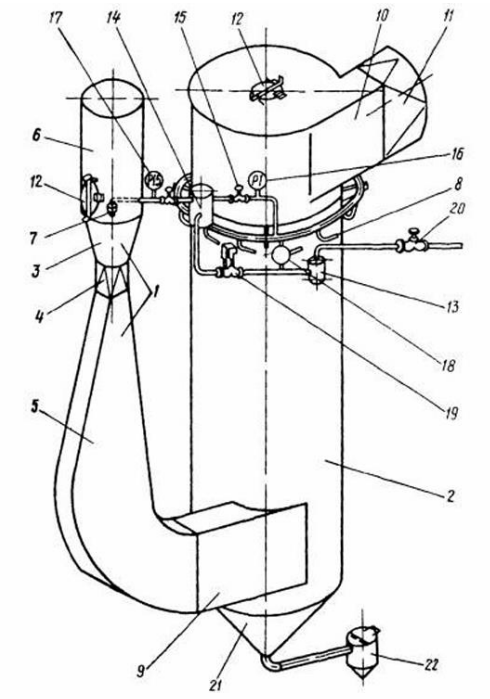


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд скрубера

Умовні позначення:

1 - труба Вентурі; 2 - каплеуловлювач; 3 - конфузор; 4 - горловина; 5 - дифузор; 6 - труба; 7 - форсунка; 8 - сопло; 9 - вхідний патрубок; 10 - вихідний патрубок; 11 - перехід; 12 - оглядовий люк; 13 - фільтр; 14 - розподільник; 15 і 20 - муфтові клапани; 16 - манометр ОБМ- 1; 17 - манометр ЭКМ- IV; 18 - водолічильник; 19 - електромагнітний клапан; 21 - днище; 22 – гідрозасув.

Не допускається зниження тиску води, що поступає в трубу Вентурі, нижче 0,3 МПа (3 кгс/см^2), в каплеуловлювач – нижче 0,02 МПа (0,2 кгс/см^2) оскільки це спричинить зменшення міри очищення скрубера і небезпеку засмічення каплеуловлювача і гідрозасува шламом і пилом. Регулювання тиску і подання води робиться вручну муфтовими клапанами 15 (див. рис. 3.1), контроль тиску – за свідченнями манометрів 16 і 17, подання – за свідченнями водолічильника 18.

Стежити під час роботи скрубера періодично, але не рідше за два рази в зміну за: відсутністю течі корпусу; тиском води (за свідченнями манометра 17), що поступає у форсунку 7 труб Вентурі 1, яке має бути в межах 0,3 - 0,5 МПа (3 – 5 кгс/см^2); тиском води (за свідченнями манометра 16), що поступає в сопла 8

каплеуловлювач 2, яке має бути в межах 0,02 - 0,04 МПа (0,2 - 0,4 кгс/см^2); забезпеченням рівномірного витікання шламу з гідрозасува 22; чистотою (візуально) повітря, що викидається вентилятором в атмосферу (при нормальній роботі скрубера відсутній сіро-чорний шлейф).

Робота скруберів в аварійному режимі забороняється. Аварійним вважається режим, при якому: - несправний один або декілька вузлів скрубера; в скрубер не поступає вода або її тиск нижче 0,3 МПа (3 кгс/см^2); з гідрозасува каплеуловлювач не стікає шлам.

Скрубер як апарат мокрого очищення газоподібних сумішей належить до обладнання підвищеної небезпеки, оскільки його експлуатація пов’язана з одночасною дією механічних, хімічних, теплових та гідродинамічних факторів. Тому безпечне обслуговування скрубера потребує суворого дотримання вимог охорони праці та техногенної безпеки на всіх етапах його роботи. Дотримання вимог охорони праці та техногенної безпеки при експлуатації скрубера є обов’язковою умовою його ефективної та безпечної роботи. Комплексне поєднання інженерних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів дозволяє мінімізувати ризики для персоналу, запобігти аварійним ситуаціям і забезпечити стабільне функціонування системи очищення газоподібних викидів у пивному виробництві.

РОЗДІЛ 4
ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО – ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВІД УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОКРОЇ ОЧИСТКИ ГАЗІВ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РІДКИХ ВІДХОДІВ ПП «СЛАВУТИЧ -ТАРА»

4.1. Еколого – економічний ефект від удосконалення технології сушіння рідких відходів на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»

Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 р. № 2697 – VIII [43] окреслено першопричини екологічних проблем України, до яких, зокрема, віднесено такі: підпорядкованість екологічних пріоритетів економічній доцільності; фізичне і моральне зношення основних засобів; недосконалість системи екологічної освіти; незадовільний контроль за дотриманням природоохоронного законодавства та незабезпечення невідворотності відповідальності за його порушення; недостатнє фінансування з державного та місцевих бюджетів природоохоронних заходів, фінансування таких заходів за залишковим принципом.

Спираючись на системний підхід до формування безпеки промислового підприємства, ми можемо стверджувати, що економічна та екологічна компоненти виступають підсистемами, тому важливим є досконале розуміння елементної структури підприємства як системи, яке всебічно розкриває її внутрішню динаміку, пріоритети та взаємозв’язки. Синергетичний ефект від взаємодії економічної та екологічної підсистем або надає змогу підтримувати стабільність внутрішнього середовища (збалансованість функціонування підприємства та адаптація до зміни зовнішніх факторів), або приведе систему до дестабілізації і руйнації.

Розробники стратегії сталого розвитку «Україна – 2030» Леонід Руденко, Геннадій Марушевський, Тетяна Тимочко [44, с.20] наголошують на тому, що сьогодні більшість населення планети усвідомлюють негативні наслідки впливу

діяльності суспільства на природу, що показує необхідність розпочати складний процес формування нової світоглядної парадигми розвитку, котра у документі ООН «Порядок денний на XXI століття» (Ріо де Жанейро, 1992 р.) означена як парадигма сталого розвитку. Як стверджують автори, перехід на засади сталого розвитку вимагатиме глибоких структурних змін в управлінні та нових методів роботи в різних галузях економічного, соціального та політичного життя. З управлінського погляду соціальна та демократична держава має бути також і природозберігальною [44, с. 22].

Початком екологізації економіки та інших сфер в Україні слід вважати прийняття Верховною Радою в 1991 р. Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [45], а стартом для екологічного оподаткування в країні стало запровадження в 1999 р. збору за забруднення навколишнього природного середовища у відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору» [46]. З дати набрання чинності Податковим кодексом України (з 01.01.2011 р.). до вітчизняної податкової системи було включено (замість збору за забруднення навколишнього природного середовища) і до сьогоднішнього дня адмініструється екологічний податок (механізм його адміністрування змінено на період повномасштабної війни).

Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачає цілу низку інструментів відносно стимулювання раціонального використання природних ресурсів та охорони середовища (ст. 48), а саме:

а) надання пільг при оподаткуванні підприємств, установ, організацій і громадян в разі реалізації ними заходів щодо раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища, при переході на маловідходні і ресурсо- і енергозберігаючі технології, організації виробництва і впровадженні очисного обладнання і устаткування для утилізації та знешкодження відходів, а також приладів контролю за станом

навколишнього природного середовища та джерелами викидів і скидів забруднюючих речовин, виконанні інших заходів, спрямованих на поліпшення охорони навколишнього природного середовища;

б) надання на пільгових умовах короткострокових і довгострокових позичок для реалізації заходів щодо забезпечення раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища;

в) встановлення підвищених норм амортизації основних виробничих природоохоронних фондів… [45].

Враховуючи економіко-екологічний вектор міжнародної політики, найближчі роки для нашої країни мають стати періодом об'єднання екологічних і економічних цілей як на рівні керівництва держави, уряду, так і для підприємств і громадян. Екологічна складова в нашій країні має бути визначальною в процесі реалізації основного завдання найближчих років – стати державою з сильною економікою, оскільки не можна побудувати успішну економіку і, головне, інтегрувати її у світову, якщо не дотримуватися загальновстановленого порядку. Саме тому слід говорити про необхідність якнайшвидшого внесення відповідних змін до законодавства країни, що має «забезпечити стійке зростання економіки екологічно невиснажливим способом».

ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА» впроваджує у свою господарську діяльність принцип забезпечення стійкого зростання економіки підприємства екологічно невиснажливим способом через такі економіко-екологічні заходи:

1) за рахунок удосконалення конструкції скрубера та застосування двоступеневого очищення газоповітряної суміші: очищення до скрубера (інерційне в одновальцевій атмосферній сушарці); очищення у скрубері (порожнистий скрубер) забезпечено економію витрат газу в обсязі 1267,48 $м^3$/рік;

Наведемо розрахунок економічного ефекту у вигляді енергоефективності від запропонованої технології:

– енерговитрати після впровадження технології: 4988,52 х 9,5=47 390,94 кВт\год на рік; де 9,5 – унормована теплота згорання природного газу;

– енерговитрати до впровадження технології: 6256,0 х 9,5= 59432 кВт\год на рік;

– *річна економія електроенергії становить: 12041,06 кВт\год на рік.*

Впровадження технології сушіння та очищення рідких пивних дріжджів із застосуванням двоступеневого очищення дозволяє знизити споживання природного газу на 26,26% і складає 12041,06 кВт/год на рік. Це свідчить про високу енергоефективність запропонованого технічного рішення та доцільність його впровадження з позицій техніко-економічної та екологічної ефективності.

До економічних та експлуатаційних висновків також ми відносимо такі: зменшення зносу обладнання та витрат на обслуговування (це опосередковані чинники впливу); підвищення ресурсу роботи скрубера; можливість утилізації уловлених дріжджів як вторинної сировини; відповідність принципам циркулярної економіки та Європейського «зеленого» курсу.

2) екологічний ефект від впровадження двоступеневого очищення газоповітряної суміші полягає у наступному: для природного газу за Європейськими та українськими методиками приймають, що 1 м^3 природного газу $\rightarrow$1,9 кг CO_2; така співставність використовується в інвентаризаціях парникових газів та енергетичних балансах; отже, річні витрати газу до проведення експерименту утворюють викиди в атмосферу CO_2 в обсязі 6256,0 х 1,9 = 11866,4 кг CO_2 на рік або 11,9 т CO_2 на рік; річні витрати газу після впровадження двоступеневого очищення газоповітряної суміші утворюють викиди CO_2 в атмосферу в обсязі 4988,52 х 1,9 = 9478,19 кг CO_2 на рік або 9,48 т CO_2. Тобто скорочення викидів CO_2 на рік становить ΔCO_2 = 2388,2 кг або Отже, впровадження технології очищення та сушіння рідких пивних дріжджів із застосуванням скрубера дозволяє не лише знизити енерговитрати, а й забезпечити істотний екологічний ефект. За рахунок скорочення споживання природного газу досягається зменшення викидів парникових газів Це

відповідає принципам Європейського «зеленого» курсу та сприяє декарбонізації промислових процесів у пивоварній галузі.

До екологічних висновків доцільно також віднести такі: зменшення концентрації твердих частинок у викидах порівняно з неочищеним газом (див. табл. 2.4 – 2.7); скорочення вторинного забруднення атмосфери дріжджовим пилом; опосередковане зниження викидів CO_2 за рахунок меншого споживання палива на компенсацію втрат; повторного використання уловленої біомаси (кормовий продукт).

Попереднє зневоднення рідких відходів (сепарація, сушка, скруберна обробка) дозволяє суттєво знизити витрати теплової енергії, оскільки зменшується маса випаровуваної вологи; скорочується тривалість процесу сушіння; підвищується тепловий ККД сушильного обладнання. В даному випадку (за експертними дослідженнями інших підприємств) економія енергії може становити навіть до 40 % порівняно з прямим сушінням рідких відходів. Сушіння рідких пивних відходів із дотриманням технологічних режимів забезпечує отримання сухих кормових дріжджів; білково-вітамінних добавок; вторинної сировини для комбікормової промисловості, що створює додану вартість та зменшує витрати на утилізацію відходів. Зменшення обсягів відходів переводить рідкі відходи в стабільну тверду форму, що зменшує їх об’єм у 5–10 разів; спрощує зберігання і транспортування; мінімізує ризик вторинного забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Також удосконалена технологія сушіння дозволяє суттєво знизити ХСК і БСК стічних вод; концентрацію завислих речовин; біологічне навантаження на міські очисні системи, що сприяє стабільній роботі очисних споруд і зменшує ризик аварійних скидів; забезпечує скорочення утворення метану при анаеробному розкладанні; призводить до покращення вуглецевого балансу підприємства.

В табл. 4.1 узагальнено економіко-екологічні ефекти від удосконалення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва.

Таблиця 4.1 – Економіко-екологічні ефекти від удосконалення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва

№	Напрям впливу	Сутність ефекту	Економічний результат	Екологічний результат
1	**Енергоефективність процесу**	Попереднє зневоднення та оптимізація режимів сушіння	Зменшення витрат теплової енергії на 20–40 %, зниження собівартості сушіння	Скорочення споживання викопного палива та непрямих викидів CO_2
2	**Зменшення обсягів відходів**	Перехід рідких відходів у суху стабільну форму	Зниження витрат на зберігання та транспортування відходів	Зменшення ризику забруднення ґрунтів і водних ресурсів
3	**Скорочення навантаження на очисні споруди**	Зменшення ХСК, БСК і завислих речовин у стічних водах	Зниження експлуатаційних витрат на очищення стоків	Покращення якості очищених стічних вод
4	**Підвищення ресурсоцінності відходів**	Отримання сухих кормових дріжджів і білкових добавок	Формування додаткового доходу від реалізації вторинної продукції	Реалізація принципів повторного використання ресурсів
5	**Зниження експлуатаційних витрат обладнання**	Менше зношування сушильних елементів і допоміжних систем	Скорочення витрат на ремонт і технічне обслуговування	Зменшення кількості відпрацьованих матеріалів і запчастин
6	**Скорочення викидів забруднюючих речовин**	Підвищення ефективності газоочистки (скрубери, сепарація)	Уникнення штрафів за перевищення ГДК	Зменшення викидів пилу, аерозолів дріжджів і запахових сполук
7	**Зменшення парникового навантаження**	Скорочення енергоспоживання та утилізації замість захоронення	Підвищення енергоекономічної ефективності підприємства	Зниження сумарних викидів CO_2 та CH_4
8	**Покращення умов праці**	Зменшення вологого пилу та аерозолів у виробничій зоні	Зниження витрат на охорону праці та лікарняні	Поліпшення санітарно-гігієнічних умов
9	**Відповідність європейським вимогам**	Впровадження НДТМ та принципів циркулярної економіки	Підвищення інвестиційної привабливості підприємства	Узгодження з Європейським зеленим курсом
10	**Соціальний ефект**	Формування екологічно відповідального виробництва	Зміцнення ринкової позиції та репутації бренду	Позитивний вплив на місцеві громади

Отримані економіко-екологічні ефекти свідчать про доцільність удосконалення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва як складової інтегрованої системи поводження з відходами. Отже, удосконалення

технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва забезпечує синергетичний економіко-екологічний ефект, що проявляється у зниженні енергоспоживання, скороченні витрат на утилізацію відходів, мінімізації негативного впливу на довкілля та формуванні вторинної корисної продукції. Реалізація таких технологічних рішень відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, циркулярної економіки та екологічної політики ЄС.

4.2. Соціальний ефект від впровадження технології двоступеневого сушіння рідких відходів на ПП «СЛАВУТИЧ-ТАРА»

Впровадження удосконаленої технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва забезпечує не лише екологічний та економічний ефекти, а й вагомий соціальний ефект, що проявляється у покращенні умов життя населення, підвищенні рівня безпеки праці, зменшенні екологічних ризиків і створенні передумов для сталого розвитку територій.

Поліпшення умов праці та охорони здоров'я персоналу підприємства, а саме: зниження контакту працівників із високоорганічно забрудненими середовищами (зниження ХСК, БСК, завислих речовин); зниження рівня біологічних та хімічних ризиків; скорочення кількості ручних операцій та аварійних втручань; покращення санітарно-гігієнічних умов праці. В результаті досягається зниження професійної захворюваності, зменшення виробничого травматизму, підвищення рівня трудової безпеки.

Поліпшення якості життя населення прилеглих територій через зменшення неприємних запахів; запобігання забрудненню ґрунтів і поверхневих вод; зниження навантаження на міські очисні споруди; покращення санітарно-епідеміологічної ситуації. В результаті досягається підвищення комфортності проживання населення, зменшення соціальної напруги у промисловому регіоні.

Створення нових робочих місць та розвиток людського капіталу. Впровадження сучасних сепараційних технологій потребує кваліфікованих

операторів, інженерів, екологів; стимулює підвищення кваліфікації персоналу; сприяє розвитку технічної освіти та прикладної науки. В результаті відбувається поступове створення робочих місць з вищим рівнем оплати праці, зростання людського капіталу та професійної мобільності.

Соціальна відповідальність бізнесу та довіра суспільства. Застосування екологічно орієнтованих технологій формує позитивний імідж пивоварних підприємств та переробних підприємств; підвищує рівень довіри з боку громади та органів влади; демонструє дотримання принципів ESG та корпоративної соціальної відповідальності. Відбувається зміцнення партнерства між бізнесом, громадою та державою.

Значення для післявоєнної відбудови України у контексті повоєнного відновлення – технологія сепарації знижує навантаження на інфраструктуру; забезпечує раціональне використання водних ресурсів; сприяє інтеграції українських підприємств у європейський ринок. В результаті досягається підвищення соціальної стабільності, екологічної безпеки та конкурентоспроможності економіки.

Реалізація удосконаленої технології сприяє досягненню цілей сталого розвитку: ЦСР 3 «Міцне здоров’я і благополуччя»; ЦСР 8 «Гідна праця та економічне зростання»; ЦСР 11 «Сталий розвиток міст і громад»; ЦСР 12 «Відповідальне споживання і виробництво».

Отже, соціальний ефект від удосконалення технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва проявляється у покращенні умов праці, збереженні здоров’я персоналу, підвищенні соціальної стабільності та зміцненні взаємодії підприємства з місцевими громадами, що є важливою складовою сталого промислового розвитку.

ВИСНОВКИ

Досягнення загального ступеня очищення 0,89 (89 %) свідчить про високу ефективність двоступеневої системи очищення, у якій кожен етап виконує свою функціональну роль та взаємно підсилює дію іншого. Перший ступінь очищення (інерційне в одновальцевій атмосферній сушарці): ефективно видаляє крупнодисперсні та інерційні частинки; знижує пилове навантаження на другий ступінь; запобігає перевантаженню скрубера та зменшує його енерговитрати. Другий ступінь очищення (скрубер): забезпечує уловлювання дрібнодисперсних частинок дріжджів; працює ефективніше за рахунок попереднього очищення газу; дозволяє досягти нормативних показників викидів. Сумарний ефект 0,89 не є простим додаванням, а результатом мультиплікативної дії ступенів, що підтверджує доцільність каскадного очищення.

Отримані економіко-екологічні ефекти свідчать про доцільність удосконалення технології сушіння рідких відходів пивного виробництва як складової інтегрованої системи поводження з відходами. Отже, удосконалення технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва забезпечує синергетичний економіко-екологічний ефект, що проявляється у зниженні енергоспоживання, скороченні витрат на утилізацію відходів, мінімізації негативного впливу на довкілля та формуванні вторинної корисної продукції. Реалізація таких технологічних рішень відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, циркулярної економіки та екологічної політики ЄС. Соціальний ефект від удосконалення технології двоступеневого сушіння рідких відходів пивного виробництва проявляється у покращенні умов праці, збереженні здоров’я персоналу, підвищенні соціальної стабільності та зміцненні взаємодії підприємства з місцевими громадами, що є важливою складовою сталого промислового розвитку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України: постанова Кабінету Міністрів України від 27.09.2022 р. № 1073. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text (дата звернення: 01.12.2025).

2. Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів: постанова Кабінету Міністрів України від 20.10.2023 р. № 1102. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text (дата звернення: 12.12.2025).

3. Національний перелік відходів. URL: https://eco.gov.ua/registers/natsionalnyi-perelik-vidkhodiv (дата звернення: 24.12.2025).

4. Уряд схвалив Стратегію реформування державного екологічного контролю в Україні до 2029 року. URL: https://mepr.gov.ua/uryad-shvalyv-strategiyu-reformuvannya-derzhavnogo-ekologichnogo-kontrolyu-v-ukrayini-do-2029-roku/ (дата звернення: 10.12.2025).

5. Про реалізацію експериментального проекту щодо впровадження заходів державного контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямованих на запобігання порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання, відтворення і охорону природних ресурсів. Постанова КМУ від 25.09.2025 р. № 1212. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1212-2025-%D0%BF#Text (дата звернення: 10.12.2025).

6. Vergara V. & Jammi R. (2022). Towards a circular economy: Addressing the waste management threat. URL: https://ieg.worldbankgroup.org/blog/towards-circular-economy-addressing-waste-management-threat (дата звернення: 15.12.2025).

7. Ковтун Т. А. Логістика ресурсозбереження як інструмент оптимізації поводження з відходами в рамках концепції сталого розвитку. Науково-технічний журнал. 2020. No 1 (21). С. 79–90. DOI: https://doi.org/10.31471/2415-3184-2020-1(21)-79-90.

8. Колодійчук І. А. Формування територіально збалансованих систем управління відходами: регіональний вимір : монографія. Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долішнього НАН України», 2020. 524 с.

9. Програма «Європейський союз для довкілля» підтримує українську промисловість на шляху до «зеленої» відбудови та відновлення. URL: http://www.recpc.org/novyny/ce-benefits-national-conference-2022-ukraine-recovery-reconstruction-ua (дата звернення: 24.12.2025).

10. Європейська зелена угода. Прагнення стати першим кліматично нейтральним континентом. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 12.04.2025).

11. Європейське кліматичне право. URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en (дата звернення: 28.12.2025).

12. Інноваційні технології поводження з відходами [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів другого магістерського рівня вищої освіти спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньої програми «Екоефективне повоєнне відновлення забруднених територій» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : О. В. Кофанова, О. Я. Тверда, К. К. Ткачук, О. Є. Кофанов. Електронні текстові дані (1 файл). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 196 с. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/12e91fc2-99e7-40ca-862c-0f5afdef2f7d/content (дата звернення: 01.01.2026).

13. Про управління відходами. Закон України № 2320-IX від 20.06.2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text (дата звернення: 28.12.2025).

14. Україна на шляху до сталої моделі управління відходами: міжнародний досвід та перспективи. URL: https://mindev.gov.ua/news/ukraina-na-

shliakhu-do-staloi-modeli-upravlinnia-vidkhodamy-mizhnarodnyi-dosvid-ta-perspektyvy (дата звернення: 15.12.2025).

15. Вернадський В. І. Наукова думка як планетне явище. Київ: Наукова думка, 1991.

16. Йонас Г. Принцип відповідальності. Етика для технологічної цивілізації. Київ: Лібра, 2001.

17. Beck U. Risk Society: Towards a New Modernity. London: Sage Publications, 1992.

18. Андрюкайтене Регіна, Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Практичні аспекти формування ефективного менеджменту в умовах цифровізації: основні проблеми та виклики в країнах ЄС. Інновації в обліково-фінансовій сфері та інженерії різних галузей економіки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (3-4 грудня 2025 р., м. Запоріжжя) / за ред. Макаренка А. П., Меліхової Т. О. Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2025. 404 с.

19. Венгер О. М., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Філософія сталого розвитку та управління екологічними ризиками на місцевому рівні Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2025. С.143 – 145.

20. Воронкова В.Г., Метеленко НГ., Нікітенко В.О., Ажажа М.А., Венгер О.М. Цифрові технології як чинник сталого розвитку екологічного менеджменту, екологічної безпеки та зеленої економіки в умовах глобальних викликів. Modern aspects of science and education : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. C.95-118. DOI: 10.51587/9798-9917-51926-2025-023-119-123.

21. Heidegger M. The Question Concerning Technology. New York: Harper & Row, 1977.

22. Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Метеленко Н.Г. Зелена цифрова трансформація як драйвер сталого розвитку регіонів у повоєнному відновленні. Educational discourse : collection of scientific papers / Chief Editor O. P. Kyvliuk, D. B. Svyrydenko – Kyiv : LLC “Scientific Information Agency “Science-technologies-information”, 2025. Volume 52(1-2). С.22-30. DOI 10.33930/ed.2019.5007.52(1-2)-3.

23. Екологічний менеджмент у системі цифрових інновацій сталого розвитку: стратегії для зеленої економіки, металургії та бізнесу / За ред. д.філософ.н., проф. Воронкової В. Г., д.е.н., проф. Метеленко Н. Г. : Львів – Торунь : Liha-Pres, 2025. 742 с. DOI https://doi.org/10.36059/978-966-397-542-9.

24. Метеленко Н. Г., Воронкова В.Г., Попова А. О., Оглобліна В.О., Сіліна І. В. Регіональна екологічна політика в умовах повномасштабної війни в контексті руйнівних наслідків для навколишнього середовища. Modern innovative strategies in education and science : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2024. С. 5-24. DOI: 10.51587/9798-9895-14670-2024-020

25. Метеленко Н.Г., Белоконь К.В., Воронкова В.Г. Оглобліна В.О., Нікітенко В.О. Нова парадигма розвитку технологій захисту навколишнього середовища в умовах глобальних екологічних викликів та кліматичних змін. Природнича наука та освіта. 2025 №3. С. 96-106. DOI https://doi.org/10.32782/NSER/2025-3.14.

26. Метеленко Н.Г., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Інформаційно-комунікаційні технології як інструмент сталого екологічного моніторингу та управління природними ресурсами в сільському господарстві Інноваційні технології в аграрному секторі: тенденції та напрямки- 2025 [Електронний ресурс]: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 21-22 травня 2025 р.) / Одеський державний аграрний ун-т. Одеса, 2025. С.27-33.

27. Метеленко Н.Г., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О., Оглобліна В.О., Бєлоконь К.В. Синергія цифровізації та екологічної стійкості: моделі впровадження зелених технологій у регіональний розвиток. Education and science: theory&praxis : collective monograph / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2025. С.50-68. DOI: 10.51587/9798-9917-51919-2025-022-50-68

28. Метеленко Наталя, Воронкова Валентина, Оглобліна Вікторія. Європейські практики управління відходами: інновації та сталий розвиток. HUMANITIES STUDIES: збірник наукових праць / Голов. ред. В. Г. Воронкова. Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2025. Випуск 25 (102). С. с.230-244.https://doi.org/10.32782/hst-2025-25-102-25.

29. Метеленко Н.Г., Воронкова В.Г., Бєлоконь К.В. Європейський досвід децентралізованого екологічного управління та можливості його адаптації в Україні (порівняльний аналіз моделей еко-адміністрування в ЄС). Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2025. С.160 – 162.

30. Метеленко Н.Г., Воронкова В.Г., Нікітенко В.О. Міжнародний досвід упровадження концепцій зеленої економіки та зеленого менеджменту для сталого розвитку. Менеджмент та маркетинг як фактори розвитку бізнесу : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції 23-24 квітня 2025 р [Електронне видання]у 2 т. / відп. ред. та упоряд. В. В. Храпкіна, К. В. Пічик – Київ: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2025. Т.1. С.117 – 120.

31. Метеленко Н. Г., Воронкова В.Г., Оглобліна В. О. Концепції «зеленої демократії» та їх впровадження на рівні громад: досвід країн ЄС та України. Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження,

менеджменту та економіки». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2025. С. 156 – 159.

32. Метеленко Н., Воронкова В., Оглобліна В. Фактори стримування модернізації галузі в контексті реформування стратегії поводження з відходами. Вплив штучного інтелекту на розвиток людини, суспільства, освіти, культури, економіки в умовах війни і поствоєнного відновлення : Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції 21–22 листопада 2025 року / ред.-упорядник: д.філософ.н., проф., В. Г. Воронкова, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2025. С.440 – 446.

33. Метеленко Н., Бєлоконь К., Воронкова В. Використання ШІ для моніторингу екологічних наслідків війни та розробки стратегій екологічного відновлення. Вплив штучного інтелекту на розвиток людини, суспільства, освіти, культури, економіки в умовах війни і поствоєнного відновлення : Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції 21–22 листопада 2025 року / ред.-упорядник: д.філософ.н., проф., В. Г. Воронкова, д.е.н., проф. Н. Г. Метеленко. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2025. С.446 – 451.

34. Лебединский Ю.П.Комплексное использование сырья в пищевой пр омышленности / Ю.П. Лебединский. – К. : Техника, 1983. – 10 с.

35. Бєкєтов В. Є. Технології гідромеханічної очистки газів : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / В. Є. Бєкєтов, О. С. Ломакіна ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 75 с.

36. Благодатний В.В. Апарати для очищення повітря від забруднень : методичні вказівки / Б68 В.В. Благодатний, Н.І. Магась, Ю.М. Харитонов. – Миколаїв : НУК 2019. — 52 с.

37. Крусір Г.В., Мадані М.М., О.Л. Гаркович Техніка та технології очищення газових викидів. Навчальний посібник. – Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. – 207 с. https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c25eec0b-557e-4966-8714-b3eeda960062/content (дата звернення: 15.01.2026).

38. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text (дата звернення: 12.01.2026).

39. ДСТУ Б В.2.6-52:2008. Конструкції будинків і споруд. Сходи маршеві, площадки та огорожі сталеві. Технічні умови. На заміну ГОСТ 23120-78 ; чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ : Нац. стандарт України, 2010. 24 с.

40. Про затвердження правил технічної експлуатації електроустановок споживачів: наказ М-ва палива та енергетики України від 27 липня 2006 р. № 258. Офіційний вісник України. 2006. № 44. 227 с.

41. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : веб-сайт. URL: https://dnaop.com (дата звернення: 22.12.2025).

42. Про затвердження «Правил будови та безпечної експлуатації парових котлів, що працюють під тиском не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см2), водогрійних котлів та водопідігрівачів з температурою води не вище 115^0С». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0655-96#Text (дата звернення: 01.01.2026).

43. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України від 28 лютого 2019 року № 2697 – VIII (із змін. і доп.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19 (дата звернення 11.12.2025).

44. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року: розробка і шлях до визнання. URL: https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2017-12-1/svitoglyad-2017-1-05-marushevsky.pdf (дата звернення 07.01.2026).

45. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII (із змін. і доп.). URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/page) (дата звернення 14.12.2025).

46. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного

середовища і стягнення цього збору» від 01.03.1999 р. № 303 (із змін. і доп.). URL: http:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-99-п (дата звернення 14.12.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А



ТОВ «НПП МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ І СИСТЕМИ»

СЕРТИФІКАТ
на систему управління якістю

Зареєстрований у Реєстрі
Органу з сертифікації
«11» квітня 2025 р.
№ 80108.СУЯ.161-25
Дійсний до
«10» квітня 2028 р.

80108
Сертифікація
систем менеджменту

***Цим сертифікатом посвідчується**, що система управління якістю стосовно*
Надання послуг з сушіння рідких пивних дріжджів; оптової торгівлі сухими пивними дріжджами, сирою пивною дробиною, ячменем, коди КВЕД 10.89, 10.91, 46.21, 46.38 напрямки галузей економіки № 3, № 29,
які надаються

ПРИВАТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ
«СЛАВУТИЧ-ТАРА»,
Юридична адреса: вул. Саксаганського, буд. 41, місто Київ, 01033, Україна, код ЄДРПОУ 33652465;
Адреса реєстрації потужності: вул. Василя Стуса, буд. 6, м. Запоріжжя, 69076, Україна,

згідно з **чинними в Україні нормативними документами відповідає вимогам**
ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT)

Контроль відповідності сертифікованої системи управління якістю вимогам зазначеного стандарту здійснюється шляхом наглядового аудиту, періодичність і процедури якого регламентуються програмою.
Сертифікат виданий ТОВ «НПП МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ І СИСТЕМИ», 61058, м. Харків, вул. Клочківська, 99А, кімн. 509, код ЄДРПОУ 34953219, як Органом з сертифікації систем менеджменту, на підставі результатів перевірки та оцінки системи управління якістю.

Заступник керівника
Органу з сертифікації — Руслан ГОРЛОВ

Печатка

Чинність сертифіката можна перевірити в Реєстрі Органу з сертифікації за тел. (057) 744-08-68

Додаток Б

INTSAS

ТОВ «НПП МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ І СИСТЕМИ»

СЕРТИФІКАТ

на систему керування безпечністю харчових продуктів

Зареєстрований у Реєстрі
Органу з сертифікації
«11» квітня 2025 р.
№ 8О108.СКБХП.009-25
Дійсний до
«10» квітня 2028 р.

8О108
Сертифікація
систем менеджменту

***Цим сертифікатом посвідчується**, що система керування безпечністю харчових продуктів стосовно*

сушіння рідких пивних дріжджів; оптової торгівля сухими пивними дріжджами, сирою пивною дробиною, ячменем, коди КВЕД 10.89, 10.91, 46.21, 46.38, категорія- C, F, підкатегорія харчових продуктів – CVI, FI,

(назва продукції, коди ДКПП/КВЕД, категорія, підкатегорія харчового ланцюга)

які здійснює

ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО «СЛАВУТИЧ-ТАРА»

юридична адреса: пров. Саксаганського, буд. 41, м. Київ, 01033, Україна; адреса реєстрація потужності: вул. Василя Стуса, буд. 6, м. Запоріжжя, 69076, Україна, код ЄДРПОУ 33652465,

(назва підприємства, адреса, ЄДРПОУ)

згідно з **чинними в Україні нормативними документами відповідає вимогам**

ДСТУ ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT)
«Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі»

Контроль відповідності сертифікованої системи керування безпечністю харчових продуктів вимогам зазначеного стандарту здійснюється шляхом наглядового аудиту, періодичність і процедури якого регламентуються програмою.

Сертифікат виданий ТОВ «НПП МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ І СИСТЕМИ», Україна, 61058, м. Харків, вул. Клочківська, 99 А, кімн. 509, код ЄДРПОУ 34953219, як Органом з сертифікації систем менеджменту на підставі результатів перевірки та оцінки системи керування безпечністю харчових продуктів.

Заступник директора
Органу з сертифікації **Руслан ГОРЛОВ**

Печатка Чинність сертифіката можна перевірити в Реєстрі Органу з сертифікації за тел. (057) 744-08-68