МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю
Кафедра Екології та екоменеджменту

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту (декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Наталія ГРЕГІРЧАК	_____ Ігор ЯКИМЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)	(підпис) (прізвище та ініціали)
«09» червня 2026 р.	«09» червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 101 «Екологія»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Екологія та екоменеджмент»
на тему: Утилізація відходів ТОВ «Пивоварня Зіберта»

Виконав: здобувач IV курсу, групи ЕК-IV-3

Чорний Юрій Романович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Харченко В'ячеслав Валерійович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Інна КАРПОВИЧ
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2026 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю
Кафедра Екології та екоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 101 «Екологія»
(код і назва)
Освітньо-професійна програма «Екологія та екоменеджмент»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Ігор ЯКИМЕНКО

“ 30 ” березня 2026 року

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

Чорного Юрія Романовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Утилізація відходів ТОВ «Пивоварня Зіберта»
керівник роботи Харченко В’ячеслав Валерійович, кандидат географічних наук, доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від “30” березня 2026 року № 199-кс
2. Строк подання здобувачем роботи 04 червня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: маса утвореної мокрої дробини 2400 т/рік, концентрація пилу у викиді зі стадії сушіння дробини 1000 мг/м^3, концентрація пилу у викиді зі стадії подрібнення і упакування борошна із дробини 1200 мг/м^3, витрати ГПП зі стадії подрібнення і упакування 0,24 м^3/с
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Техніко-еколого-економічне обґрунтування вибору технології утилізації відходів та очищення газопилових викидів, Загальні відомості про ТОВ «Пивоварня Зіберта», Екологічна характеристика ТОВ «Пивоварня Зіберта» та оцінка його впливу на навколишнє середовище, Розробка і обґрунтування технології утилізації відходів та очищення газопилових викидів ТОВ «Пивоварня Зіберта», Економічне обґрунтування доцільності реалізації запропонованих рішень. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу: Генеральний план ТОВ «Пивоварня Зіберта», апаратурно-технологічна схема виробництва пива, апаратурно-технологічна схема утилізації пивної дробини, циклон СК-ЦН-34, показники економічної ефективності екологічного проекту

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ. Техніко – еколого – економічне обґрунтування рекомендованих технологій пиловловлювання на ТОВ «Пивоварня Зіберта»	30.03.2026 – 02.04.2026	Виконано
2.	Розділ 1. Загальна інформація про ТОВ «Пивоварня Зіберта»	03.04.2026 – 10.04.2026	Виконано
3.	Розділ 2. Загальна екологічна характеристика ТОВ «Пивоварня Зіберта», оцінка впливу підприємства на навколишнє середовище	11.04.2026 – 21.04.2026	Виконано
4.	Розділ 3. Розробка і обґрунтування технології утилізації відходів та очищення газопилових викидів ТОВ «Пивоварня Зіберта»	22.04.2026 – 01.05.2026	Виконано
5.	Розділ 4. Економічна ефективність доцільності реалізації запропонованих рішень	02.05.2026 – 13.05.2026	Виконано
6.	Розділ 5. Охорона праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта»	14.05.2026 – 19.05.2026	Виконано
7.	Висновки. Перелік використаних джерел	20.05.2026 – 24.05.2026	Виконано
8.	Графічна частина	25.05.2026 – 03.06.2026	Виконано

Здобувач _____ Юрій ЧОРНИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ В’ячеслав ХАРЧЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра виконана на тему: «Утилізація відходів ТОВ «Пивоварня Зіберта». У кваліфікаційній роботі проаналізовано технологічні, екологічні напрямки діяльності пивоварні. Нами запропоновані технології утилізації відходів пивоварні Зіберта та очищення газопилових викидів, які утворюються при цьому.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз джерел утворення відходів і розроблення ефективної схеми їх утилізації.

Об'єктом дослідження є відходи пивоварного виробництва, що утворюються в процесі діяльності підприємства.

Предметом дослідження є процес утилізації відходів із використанням сучасного природоохоронного обладнання.

Кваліфікаційна робота викладена на 108 сторінках, ілюстрована 29 таблицями та 3 рисунками. Графічна частина складається із 4 креслень формату А3 та одного А1. Використано 28 літературних джерел.

Ключові слова: ПИВЗАВОД, ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ, БОРОШНО ІЗ ПИВНОЇ ДРОБИНИ, ВИКИДИ, ЦИКЛОН, ФІЛЬТР РУКАВНИЙ, КАПІТАЛЬНІ І ПОТОЧНІ ВИТРАТИ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ, ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПИВОВАРНОМУ ЗАВОДІ.

ABSTRACT

The qualification work for obtaining a bachelor's degree was completed on the topic: "Waste utilization of Ziebert Brewery LLC". The qualification work analyzed the technological and environmental areas of the brewery's activities. We proposed technologies for the utilization of Ziebert Brewery waste and the purification of gas and dust emissions that are formed in this process.

The purpose of the qualification work is to analyze the sources of waste generation and develop an effective scheme for their utilization.

The object is brewery waste generated in the process of the enterprise's activities.

The subject is the process of waste utilization using modern environmental protection equipment.

The qualification work is presented on 108 pages, illustrated with 29 tables and 3 figures. The graphic part consists of 4 A3 and 1 A1 format drawings. 28 literary sources were used.

Keywords: BREWERY, WASTE, WASTE DISPOSAL, BEER GRAIN FLOUR, EMISSIONS, CYCLONE, HAND FILTER, CAPITAL AND CURRENT COSTS, ECONOMIC EFFICIENCY OF DISPOSAL TECHNOLOGY, LABOR PROTECTION AT A BREWERY.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ…… 8
ВСТУП……. 9
ТЕХНІКО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ……... 12
РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА»..... 14
1.1 Характеристика підприємства ……... 14
1.2 Опис основної продукції ТОВ «Пивоварня Зіберта»……. 15
1.3 Сировинна база, водні й енергетичні ресурси ТОВ «Пивоварня Зіберта»…… 17
1.4 Вимоги до якості та безпечності основної сировини для виробництва пива……. 21
1.4.1 Показники якості основної сировини……. 22
1.4.2 Показники безпечності основної сировини…… 33
1.5 Вимоги до якості та безпечності пива світлого Zibert……. 38
1.5.1 Вимоги до показників якості пива світлого Zibert ……. 39
1.5.2 Вимоги до показників безпечності пива світлого Zibert …… 40
1.6 Опис процесу виробництва пива світлого Zibert …..... 40
1.6.1 Принципова технологічна схема виробництва пива світлого Zibert …… 40
1.6.2 Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва пива…… 43
РОЗДІЛ 2
ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА» ТА ОЦІНКА ЙОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ……. 49

2.1 Джерела утворення та перелік відходів на пивзаводі……..….. 49
2.2 Характеристика відходів на ТОВ «Пивоварня Зіберта»…… 50
2.3 Аналіз існуючих способів утилізації відходів на підприємстві….. 52
2.4 Характеристика інших екологічних проблем…….. 54
2.4.1 Джерела утворення та характеристика стічних вод……. 54
2.4.2 Рекомендовані способи очищення стічних вод…… 57
2.4.3 Джерела утворення та характеристика викидів……. 60
2.4.4 Рекомендовані способи очищення викидів…… 61
РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ НА ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА»……. 64
3.1 Обґрунтування технології утилізації відходів пивоварного заводу 64
3.2 Принципова технологічна схема утилізації пивної дробини пивоварного заводу……. 66
3.3 Опис апаратурно-технологічної схеми утилізації пивної дробини пивоварного заводу…… 68
3.4 Матеріальний баланс пиловловлювальних апаратів……. 69
3.5 Обгрунтування вибору і розрахунок обладнання…….. 70
3.5.1 Розрахунок шнекового транспотреру……. 70
3.5.2 Розрахунок барабанної сушарки……. 72
3.5.3 Розрахунок барабаннного млина……. 74
3.5.4 Показники, які характеризують роботу очисного устаткування..……. 76
3.5.5 Розрахунок циклона…… 77
3.5.6 Розрахунок рукавного фільтра……. 81
3.5.7 Розрахунок ГДВ…….. 82
РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ РІШЕНЬ…… 84

4.1 Розрахунок капітальних витрат для реалізації природоохоронного проєкту…… 84
4.2 Розрахунок зміни поточних витрат…… 88
4.3 Розрахунок екологічного податку за розміщення відходів та викиди полютантів в атмосферне повітря…… 91
4.4 Розрахунок річного прибутку від реалізації борошна із пивної дробини та уловленого пилу…….. 92
4.5 Розрахунок показників економічної ефективності природоохоронної технології……... 93
РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ……. 95
5.1 Організація служби охорони праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта» 95
5.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на ТОВ «Пивоварня Зіберта» ……. 97
5.3 Пожежна безпека на ТОВ «Пивоварня Зіберта» …… 99
5.4 Нормативно-правова база з охорони праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта»…….. 101
ВИСНОВКИ…….. 104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

БАД	Біологічно активні добавки
БСК	Біологічне споживання кисню
ГДВ	Гранично допустимий викид
$ГДК_{м.р.}$	Гранично допустима концентрація максимальна разова
ГПВ	Газопиловий викид
ДБН	Державні будівельні норми
ДСН	Державні санітарні норми
ДСТУ	Державний стандарт України
ДСанПіН	Державні санітарні правила і норми
МЧ	Масова частка
НПАОП	Нормативно-правові акти з охорони праці
КУО	Колонієутворюючі одиниці
СЗ	Сухий залишок
СР	Сухі речовини
ТМ	Торгова марка
ТОВ	Товариство з обмеженою відповідальністю
ХСК	Хімічне споживання кисню
ЦКТ	Циліндрично-конічні танки

ВСТУП

Пивоварна галузь є однією з ресурсомістких складових харчової промисловості, оскільки для виробництва продукції потребує значних обсягів сировинних матеріалів, води та енергії. Водночас технологічні процеси супроводжуються утворенням різноманітних відходів, які можуть негативно впливати на довкілля. Хоча більшість таких відходів має органічне походження, їх неналежне збирання, зберігання або утилізація здатні спричиняти забруднення ґрунтів, водних ресурсів і атмосферного повітря.

У процесі виробництва пива формуються відходи у твердому, рідкому та газоподібному станах. Найбільшу частку серед твердих побічних продуктів займає пивна дробина, що утворюється після відокремлення сусла від затору. Крім неї, до цієї групи належать надлишкові пивні дріжджі, білково-хмельові осади та використані фільтрувальні матеріали. Рідкі відходи представлені переважно виробничими стічними водами, для яких характерний підвищений вміст органічних забруднювачів, а також високі значення біохімічного та хімічного споживання кисню. До газоподібних викидів належать діоксид вуглецю, що утворюється під час бродіння, пил, який виникає на окремих етапах механічної обробки сировини, а також димові гази від спалювання палива в енергетичному обладнанні.

Питання управління відходами пивоварних підприємств є багатогранним і потребує комплексного підходу. З одного боку, такі відходи характеризуються високим вмістом органічних речовин і можуть бути використані як вторинні матеріальні ресурси. З іншого боку, значна вологість, обмежений термін зберігання та схильність до мікробіологічного псування створюють додаткові труднощі під час їх накопичення, транспортування та подальшої переробки.

Особливо гостро ця проблема проявляється у випадку пивної дробини, яка через високий вміст вологи швидко зазнає мікробіологічних змін і вже невдовзі після утворення втрачає цінні споживчі та технологічні характеристики.

Додатковим викликом є необхідність одночасного вирішення питань утилізації відходів і очищення викидів, що супроводжують процеси їх переробки. Зокрема, під час висушування та подальшого подрібнення пивної дробини в повітряне середовище можуть надходити дрібнодисперсні органічні частинки, які утворюють пилогазову суміш. За відсутності належних систем очищення такі викиди потрапляють в атмосферу, негативно впливаючи як на стан довкілля, так і на санітарно-гігієнічні умови праці персоналу. У зв’язку з цим заходи з переробки відходів мають супроводжуватися застосуванням ефективного газоочисного обладнання.

Сучасна концепція ресурсоефективного виробництва передбачає розгляд відходів не лише як потенційного джерела екологічної небезпеки, а й як цінного ресурсу для повторного використання. Такий підхід сприяє зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє середовище, скороченню витрат на видалення відходів та підвищенню економічної результативності діяльності підприємства. Для пивоварних виробництв одним із найбільш перспективних напрямів є переробка пивної дробини після попереднього зневоднення або сушіння з подальшим використанням як кормової добавки чи сировини для інших технологічних процесів.

Обґрунтування способу поводження з відходами повинно здійснюватися з урахуванням їхнього хімічного складу, фізичних властивостей та масштабів утворення. Водночас важливо оцінювати не лише технологічну доцільність запропонованих рішень, а й їх екологічні наслідки, зокрема обсяги вторинних викидів, рівень енергоспоживання та можливості подальшого використання продуктів переробки. Комплексне врахування зазначених чинників дає змогу забезпечити ефективне функціонування виробництва відповідно до принципів екологічної безпеки та сталого розвитку.

Актуальність кваліфікаційної роботи визначається потребою вдосконалення системи поводження з виробничими відходами на досліджуваному підприємстві та впровадження сучасних екологічно орієнтованих технологічних рішень. Особливого значення набуває розроблення заходів, спрямованих не лише на ефективну утилізацію відходів, а й на мінімізацію негативного впливу супутніх викидів на компоненти навколишнього природного середовища.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз джерел утворення відходів і розроблення ефективної схеми їх утилізації.

Об'єктом дослідження є відходи пивоварного виробництва, що утворюються в процесі діяльності підприємства.

Предметом дослідження є процес утилізації відходів із використанням сучасного природоохоронного обладнання.

У межах роботи передбачено дослідження складу та властивостей відходів, аналіз існуючих способів їх утилізації, обґрунтування вибору технології переробки пивної дробини, а також розроблення системи очищення пилогазових викидів, що утворюються у процесі її обробки.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи є у тому, що для об'єктного підприємства запропонована ефективна схема утилізації відходів із використанням і технології їх сушіння, і очищення викидів, які утворюються при такій утилізації.

Практичне значення – впровадження представлених у роботі заходів на ТОВ «Пивоварня Зіберта» дасть можливість істотно покращити екобезпечність підприємства і матиме значний соціальний ефект.

ТЕХНІКО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

Сучасне пивоварне виробництво супроводжується утворенням значних обсягів відходів, стічних вод та газоподібних викидів, що формують комплексний вплив на навколишнє середовище. Основними джерелами екологічного навантаження є процеси затирання, фільтрації, бродіння, миття обладнання, а також операції, пов’язані з утилізацією побічних продуктів виробництва (*1*).

У структурі відходів пивоварного підприємства домінують органічні компоненти, зокрема пивна дробина, дріжджові залишки та білково-хмельові осади. Високий вміст вологи та поживних речовин зумовлює їх швидке псування, що створює ризик вторинного забруднення довкілля при неналежному поводженні (*2*).

Існуючі способи поводження з відходами пивоварного виробництва не завжди забезпечують достатній рівень екологічної безпеки. Використання пивної дробини у свіжому вигляді обмежується умовами транспортування та швидким псуванням, а її сушіння супроводжується значними енерговитратами та утворенням пилогазових викидів. Аналогічно, очищення стічних вод потребує багатоступеневих технологічних рішень, що підвищує складність експлуатації очисних споруд (*3*).

Тому виникає необхідність вибору ефективних природоохоронних заходів, які забезпечують зменшення негативного впливу підприємства на довкілля та одночасно є технологічно і економічно доцільними. До таких заходів відносяться впровадження систем утилізації пивної дробини з попереднім зневодненням, застосування сучасних методів очищення стічних вод, а також використання ефективних систем газоочищення (*2*).

Обґрунтування вибору природоохоронних заходів базується на аналізі складу відходів, їх фізико-хімічних властивостей та обсягів утворення, а також на оцінці ефективності існуючих технологічних рішень. Перевага надається таким методам, які дозволяють не лише зменшити рівень забруднення, але й забезпечити раціональне використання вторинних ресурсів.

Представленим проєктом запропоновано схему виготовлення борошна з пивної дробини, яке рекомендовано використовувати для виробництва дієтичних хлібопекарських продуктів. Таке борошно істотно покращує технологічні і якісні показники хлібних виробів.

Технологічні операції щодо утилізації пивної дробини (сушіння, подрібнення, пакування) призводять до утворення газопилових викидів, які слід очищувати. У кваліфікаційній роботі запропоноване сухе очищення викидів – із використанням циклона і рукавного фільтра.

Циклон забезпечує ефективність очищення викидів після сушіння відходів на 85,5 %. Рукавний фільтр видаляє пил із ГПП у ході доочищення на 99,8 %.

Розрахунки економічної ефективності запропонованої природоохоронної технології засвідчили, що капітальні витрати становлять 288 920 грн., річні поточні витрати 2 950 492 гривень, термін окупності капітальних витрат 1,01 року, коефіцієнт економічної ефективності 0,99 грн./ грн.

РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА»

1.1 Характеристика підприємства

ТОВ «Пивоварня Зіберта» належить до сучасних підприємств харчової промисловості, діяльність яких спрямована на виробництво широкого асортименту пивної продукції, включаючи світлі та темні сорти пива, а також спеціалізовані види напоїв. У своїй роботі підприємство керується вимогами чинного законодавства України та використовує сучасні технологічні рішення, що забезпечують високу якість продукції та ефективність виробничих процесів *(4)*.

Виробничий комплекс підприємства охоплює всі основні стадії виготовлення пива - від підготовки сировинних компонентів до фасування та реалізації готової продукції. До складу технологічної інфраструктури входять варильне відділення, цехи бродіння і доброджування, дільниці фільтрації та розливу. Структура управління підприємством включає виробничі, допоміжні, складські та адміністративні підрозділи, які забезпечують безперервність технологічного процесу та функціонування підприємства в цілому *(5)*.

Свою діяльність підприємство здійснює в умовах високої конкуренції на ринку пивоварної продукції, приділяючи значну увагу якості використовуваної сировини, технічному оснащенню виробництва та системам контролю готової продукції. Виробничі процеси організовані відповідно до санітарно-гігієнічних вимог і сучасних стандартів безпечності харчових продуктів, зокрема із застосуванням принципів системи аналізу небезпечних чинників та контролю у критичних точках (HACCP) *(4)*.

Важливою особливістю підприємства є поєднання традиційних підходів до пивоваріння із сучасними засобами автоматизації технологічних операцій.

Використання автоматизованих систем управління дозволяє підтримувати стабільність технологічних параметрів, забезпечувати незмінність органолептичних характеристик готової продукції та більш раціонально використовувати матеріальні й енергетичні ресурси підприємства *(4)*.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика ТОВ «Пивоварня Зіберта» *(6)*

Показник	Характеристика
Повна назва	Товариство з обмеженою відповідальністю «Пивоварня Зіберт»
Скорочена назва	ТОВ «Пивоварня Зіберт»
Код ЄДРПОУ	00377929
Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю
Дата реєстрації	1996 р
Юридична адреса	Україна, Київська область, Фастівський район
Основний вид діяльності (КВЕД)	11.05 – Виробництво пива
Статутний капітал	понад 10 млн. грн.
Керівник	Генеральний директор
Кількість працівників	понад 200 осіб
Форма власності	Приватна
Основна продукція	Світле пиво, темне пиво, спеціальні сорти
Ринки збуту	Україна, частково експорт

1.2 Опис основної продукції ТОВ «Пивоварня Зіберта»

Для ТОВ «Пивоварня Зіберта» основним видом продукції є пиво, яке виробляється із застосуванням традиційної технології низового бродіння. Провідне місце в асортименті займають світлі лагерні сорти, що вирізняються

стабільністю якісних показників та характерними смаковими властивостями *(5).*

Світлі сорти пива характеризуються прозорістю, золотистим відтінком і відсутністю сторонніх домішок. Їхній смак поєднує помірну хмелеву гіркоту з приємними солодовими нотами, а аромат відзначається свіжістю та гармонійністю. Досягнення таких властивостей забезпечується ретельним добором сировинних компонентів і суворим дотриманням технологічних режимів на всіх етапах виробничого процесу *(5).*

Для виготовлення продукції використовують традиційний набір сировини, до якого входять ячмінний солод, хміль, вода та пивні дріжджі. Солод є основним джерелом екстрактивних речовин, необхідних для формування сусла, хміль надає напою характерної гіркоти та аромату, дріжджі забезпечують перебіг спиртового бродіння, а вода суттєво впливає на смакові та технологічні характеристики готового продукту *(1).*

Поряд із класичними лагерними сортами підприємство також може виготовляти спеціальні види пива. До них належить нефільтроване пиво, яке відзначається більш повним смаковим профілем і наявністю природного дріжджового осаду, а також пастеризоване пиво, для якого характерний триваліший термін зберігання завдяки проведенню термічної обробки *(1).*

Якість готового продукту значною мірою залежить від дотримання технологічних параметрів виробництва. Важливими чинниками є температура та режими затирання, тривалість кип’ятіння сусла, умови головного бродіння і доброджування. Сукупність цих параметрів визначає вміст етилового спирту, ступінь зброджування екстракту, а також смакові, ароматичні та інші органолептичні характеристики пива *(1).*

Готова продукція повинна відповідати встановленим вимогам нормативної документації щодо якості та безпечності. Контроль охоплює фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники, що гарантує відповідність продукції чинним стандартам і вимогам харчової безпеки.

1.3 Сировинна база, водні та енергетичні ресурси ТОВ «Пивоварня Зіберта»

Технологічний процес виробництва пива на ТОВ «Пивоварня Зіберта» ґрунтується на використанні комплексу сировинних матеріалів та енергетичних ресурсів, які забезпечують безперервність виробничого циклу і безпосередньо впливають на якість готової продукції. Раціональний підбір сировини та ефективне використання енергоносіїв є важливими чинниками забезпечення стабільності технологічних процесів і конкурентоспроможності підприємства.

До основних видів сировини, що використовуються у виробництві пива, належать ячмінний солод, вода, хміль та пивні дріжджі. Саме ці компоненти формують хімічний склад, смакові властивості, аромат і зовнішній вигляд готового напою. Якість вихідної сировини значною мірою визначає перебіг технологічних процесів та кінцеві показники продукції, тому до неї висуваються високі вимоги щодо безпечності та відповідності встановленим стандартам *(1)*.

Ячмінний солод є основним джерелом екстрактивних речовин, необхідних для формування сусла та подальшого перебігу процесу бродіння. Хміль використовується для надання пиву характерної гіркоти, аромату та підвищення його колоїдної стійкості. Вода становить найбільшу частку у складі готового продукту та суттєво впливає на його органолептичні характеристики. Пивні дріжджі забезпечують перетворення цукрів сусла на етиловий спирт і вуглекислий газ, а також беруть участь у формуванні смако-ароматичного профілю пива *(1)*.

У таблиці 1.2 наведено базові характеристики основної сировини для виробництва пива.

Ячмінний солод є ключовим компонентом пивоварного виробництва, оскільки від його якості значною мірою залежать екстрактивність сусла та інтенсивність біохімічних процесів під час затирання. Серед основних показників, що характеризують солод, особливе значення мають ферментативна активність, вміст вологи та ступінь розчинення зерна, які визначають ефективність переробки сировини та вихід готового продукту.

Таблиця 1.2 – Характеристика основної сировини для виробництва пива

Сировина	Основні показники	Призначення
Ячмінний солод	Вологість ≤ 5%, екстрактивність – 75-82%	Джерело ферментів та екстрактивних речовин
Хміль	Вміст α-кислот 3-10%	Формування гіркоти аромату
Вода	Відповідає вимогам питної	Основний компонент
Пивні дріжджі	Висока бродильна активність	Забезпечення бродіння

Хміль виконує важливу роль у формуванні смако-ароматичних властивостей пива, надаючи йому характерної гіркоти та специфічного аромату. Крім того, хмелеві речовини сприяють підвищенню мікробіологічної стійкості напою завдяки своїм природним антисептичним властивостям. Якість хмелю оцінюється насамперед за вмістом гірких речовин і ефірних олій, які визначають його технологічну цінність.

Особливе місце серед сировинних компонентів займає вода, яка становить переважну частину об’єму готового пива. Саме тому до її якості висуваються жорсткі вимоги. Вода, що використовується у виробництві, повинна відповідати санітарно-гігієнічним нормам для питної води та характеризуватися оптимальним мінеральним складом, оскільки від її властивостей значною мірою залежать смак, аромат і стабільність продукції.

Пивні дріжджі є біологічним агентом, який забезпечує перебіг спиртового бродіння. У процесі їх життєдіяльності цукри сусла перетворюються на етиловий спирт і діоксид вуглецю, а також утворюються численні побічні сполуки, що впливають на органолептичні характеристики пива. Для забезпечення стабільності технологічного процесу важливими є висока активність дріжджових культур та їх здатність зберігати необхідні виробничі властивості протягом тривалого часу.

До допоміжної сировини та матеріалів, які застосовуються у пивоварному виробництві, належать фільтрувальні засоби, мийні та дезінфекційні препарати, а також додаткові зернові компоненти, що можуть використовуватися для

регулювання складу сусла та коригування окремих характеристик готової продукції *(1)*.

Таблиця 1.3 – Характеристика допоміжних матеріалів

Найменування сировини	Призначення
Кізельгур	Фільтрація пива
Мийні засоби	Очищення обладнання
Дезінфікуючі засоби	Санітарна обробка
Рис, кукурудза	Регулювання складу сусла

Важливою складовою функціонування пивоварного підприємства є забезпечення його необхідними енергетичними ресурсами, без яких неможливе здійснення основних технологічних операцій. У виробничому процесі використовуються теплова та електрична енергія, а також штучно створений холод, що забезпечує підтримання необхідних технологічних режимів.

Теплова енергія витрачається під час підготовки сировини, проведення процесів затирання, кип’ятіння сусла, миття технологічного обладнання та інших операцій, які потребують нагрівання. Електрична енергія використовується для роботи насосного обладнання, транспортерів, систем автоматизованого управління, освітлення виробничих приміщень та допоміжних механізмів. Значну роль у технології пивоваріння відіграє холод, який необхідний для швидкого охолодження сусла після кип’ятіння, підтримання оптимальних температурних умов під час бродіння та доброджування, а також для зберігання готової продукції. Раціональне використання енергетичних ресурсів сприяє підвищенню ефективності виробництва, зниженню експлуатаційних витрат і мінімізації негативного впливу підприємства на навколишнє середовище. Електропостачання ТОВ «Пивоварня Зіберта» здійснюється від централізованої міської електромережі. Для забезпечення надійного та безперебійного електропостачання на території підприємства функціонують три трансформаторні підстанції, через

які електрична енергія розподіляється між виробничими та допоміжними об’єктами підприємства.

Забезпечення виробництва тепловою енергією здійснюється за рахунок власної котельні, яка використовує природний газ як паливо. Котельне обладнання забезпечує виробничі підрозділи необхідною кількістю тепла та технологічної пари, що використовуються на різних стадіях виготовлення пива.

Найбільші обсяги теплової енергії споживаються у варильному цеху, де тепло необхідне для проведення процесів затирання та кип’ятіння сусла. Водночас основними споживачами електричної енергії є варильне відділення, холодильний цех та цех розливу. Значне енергоспоживання цих підрозділів пов’язане з роботою насосного обладнання, холодильних установок, автоматизованих систем керування технологічними процесами та ліній фасування продукції. Така структура енергоспоживання є характерною для підприємств пивоварної галузі та потребує постійного контролю з метою підвищення енергоефективності виробництва. Основні енергетичні ресурси ТОВ «Пивоварня Зіберта» наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні енергетичні ресурси виробництва

Вид ресурсу	Використання
Теплова енергія	Затирання, кип’ятіння
Електрична енергія	Робота обладнання
Вода	Технологічні потреби
Холод	Охолодження та бродіння

Ефективне управління матеріальними та енергетичними ресурсами є одним із ключових чинників успішної діяльності пивоварного підприємства. Оптимізація використання сировини, води, теплової та електричної енергії сприяє підвищенню виходу готової продукції, зменшенню питомих витрат на її виробництво та скороченню обсягів утворення відходів. Водночас раціональне ресурсоспоживання дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити економічну

ефективність діяльності підприємства та зміцнити його позиції на ринку. У сучасних умовах господарювання впровадження ресурсозберігаючих технологій розглядається як один із важливих напрямів підвищення конкурентоспроможності та забезпечення сталого розвитку підприємства *(7)*.

Водопостачання ТОВ «Пивоварня Зіберта» здійснюється за рахунок підземних вод Сеноманського водоносного горизонту. Перед використанням вода проходить комплексну підготовку із застосуванням сучасного фільтраційного обладнання німецького виробництва, що забезпечує її високу якість та відповідність встановленим нормативним вимогам. Крім забезпечення власних виробничих потреб, підприємство надає в оренду п’ять свердловин, які використовуються для часткового постачання мешканців м. Фастів якісною питною водою *(4)*.

Вода, що безпосередньо використовується у технологічному процесі виробництва пива, відповідає вимогам чинних стандартів щодо якості питної води. Враховуючи те, що вода є основним компонентом готового продукту, контроль її показників має важливе значення для забезпечення стабільності смакових і технологічних характеристик пива.

На підприємстві вода використовується не лише як сировинний компонент під час приготування сусла та виробництва пива, а й для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб. Значні її обсяги витрачаються на миття технологічного обладнання, трубопроводів, ємностей та виробничих приміщень, а також на господарсько-побутові потреби персоналу. Раціональне використання водних ресурсів і контроль їх якості є важливими складовими ефективної діяльності підприємства та забезпечення екологічної безпеки виробництва.

1.4 Вимоги до якості та безпечності основної сировини для виробництва пива

Процес виробництва пива належить до складних багатостадійних технологій, що потребують використання спеціалізованого обладнання, суворого дотримання технологічних режимів та контролю якості на кожному етапі

виробничого циклу. Отримання продукції з високими споживчими властивостями можливе лише за умови застосування безпечної та якісної сировини, яка відповідає встановленим вимогам щодо екологічної чистоти та технологічних показників.

Важливою умовою забезпечення стабільної якості готового продукту є належне зберігання сировинних матеріалів. Для кожного виду сировини повинні підтримуватися визначені технологічним регламентом параметри температури, вологості та умов зберігання. Недотримання цих вимог може призводити до погіршення фізико-хімічних властивостей сировини, порушення перебігу технологічних процесів і, як наслідок, до зниження якості готового пива.

Як основна, так і допоміжна сировина, що використовується у виробництві, повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів і стандартів. Контроль якості сировинних компонентів є необхідною передумовою забезпечення безпечності продукції, стабільності технологічного процесу та відповідності готового пива встановленим показникам якості.

1.4.1 Показники якості основної сировини

Головною сировиною для виробництва пива є пивоварний ячмінь, який перед використанням у технологічному процесі проходить стадію солодорощення. У результаті спеціальної обробки зерна отримують солод, що є основним джерелом ферментів та екстрактивних речовин, необхідних для формування пивного сусла.

Поряд із солодом у пивоварній промисловості широко застосовуються несолоджені зернові матеріали, які використовують як додаткову сировину для коригування складу сусла та окремих характеристик готового напою. До таких компонентів належать рис, кукурудза, сорго та пшениця. Їх використання дає змогу впливати на смакові властивості пива, підвищувати ефективність виробництва та формувати асортимент продукції з різними органолептичними показниками.

Якість пивоварного ячменю визначається сукупністю органолептичних та фізико-хімічних характеристик, які впливають на придатність зерна до солодорощення та подальшого використання у виробництві пива. Основні вимоги до зазначених показників регламентуються ДСТУ 3769:98 «Ячмінь. Технічні умови». Органолептичні та фізико-хімічні показники пивоварного ячменю наведено в табл. 1.5 відповідно до вимог зазначеного стандарту *(8)*.

Таблиця 1.5 – Органолептичні та фізико-хімічні показники пивоварного ячменю *(8)*

№ п/п	Показники ячменю пивоварного	I клас	II клас
1	2	3	4
1.	Колір	Світло-жовтий чи жовтий	Світло–жовтий, сірувато–жовтий чи жовтий
2.	Маса 1000 зерен, г не менше	40,0	38,0
3.	Вологість, % не більше	14,5	15,0
4.	Натура, г/дм^3, не менше	не регламентується	
5.	К-сть зернової домішки, % не більше	2,0	5,0
6.	К-сть нешкідливої домішки, % не більше	0,2	0,2
7.	К-сть дрібних зерен, % не більше	5,0	7,0
8.	МЧ білку, у перерахунку на абсолютно суху речовину, % не більше	11,0	11,6

Закінчення таблиці 1.5

1	2	3	4
9.	К-сть сміттєвих домішок, % не більше	1,0	2,0
10.	Здатність до проростання, % не менше	95,0	92,0
		для зерна, що поступило менш ніж за 45 днів після його збирання	
11.	Крупність, % не більше	85,0	70,0
12.	Життєздатність, % не менше	95,0	95,0
		для зерна, що поступило менш ніж за 45 днів після його збирання	
13.	Зараженість шкідниками	не допускається, окрім зараженості кліщем (не вище 1 ступеня)	

Пивоварний ячмінь, який використовується для виробництва солоду, повинен бути доброякісним, без ознак самозігрівання, проростання чи пошкодження внаслідок порушення режимів сушіння. Важливим показником якості зерна є його запах, який має бути характерним для здорового ячменю без сторонніх відтінків, зокрема пліснявого, затхлого або іншого небажаного запаху.

Основною сировиною для отримання пива є солод, якість якого регламентується вимогами ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови» *(9).* Саме солод забезпечує перебіг основних біохімічних процесів, необхідних для утворення пивного сусла та подальшого бродіння.

Виробництво солоду здійснюється шляхом контрольованого пророщування зерна злакових культур у спеціально створених умовах. У процесі проростання активізуються ферментні системи зерна, які надалі беруть участь у перетворенні складних органічних сполук на більш прості форми. Особливе значення мають амілолітичні ферменти, які забезпечують розщеплення крохмалю до простих цукрів, придатних для засвоєння дріжджами. У подальшому під час бродіння ці

цукри перетворюються на етиловий спирт, діоксид вуглецю та інші сполуки, що формують смак, аромат і властивості готового пива. Саме тому якість солоду значною мірою визначає ефективність технологічного процесу та показники готової продукції.

У табл. 1.6 представлено органолептичні показники солоду пивоварного ячмінного.

Таблиця 1.6 – Органолептичні показники солоду пивоварного ячмінного *(9)*.

Показник	Характеристика		
Зовнішній вигляд	солоду світлого, темного	солоду карамельного, паленого	
	Однорідна зернова маса, яка не містить запліснявілих та/або пошкоджених	Однорідна зернова маса, яка не містить запліснявілих зерен та шкідників зерна	
Смак, аромат	солоду світлого, темного	солоду карамельного	солоду паленого
	Солодовий, більш концентрований у темного солоду. Не дозволяється кислий, пліснявій чи інші не властиві солоду запахи	Солодовий. Не дозволяється пригорілий, пліснявій, затхлий чи інші не властиві запахи. солодовому	Запах, який нагадує каву. Не дозволяється пригорілий запах.
Колір	солоду світлого, темного	солоду карамельного	солоду паленого
	Світло - жовтий, жовтий, сірувато-жовтий	Від світло жовтого до брунатного з глянцевим відтінком	Темно-коричневий, не дозволяється чорний

Основні фізико-хімічні показники якості ячмінного солоду, які визначають його придатність для використання у пивоварному виробництві, наведено в табл. 1.7. Ці показники характеризують технологічні властивості солоду та його здатність забезпечувати ефективне протікання процесів приготування сусла.

Транспортування солоду може здійснюватися як у спеціальній тарі, зокрема в мішках, так і насипним способом. При цьому для перевезення використовують виключно криті транспортні засоби, що забезпечують захист продукції від атмосферних впливів, забруднення та зволоження. Зберігання солоду здійснюють у чистих складських приміщеннях, силосах або зерносховищах, обладнаних системами вентиляції. Важливою умовою є захист сировини від атмосферних опадів, надмірної вологості та сторонніх запахів, які можуть негативно впливати на її якість і технологічні властивості.

Таблиця 1.7 – Основні фізико-хімічні показники якості ячмінного солоду *(9)*.

Показник	Солод ячмінний
МЧ екстрактивних речовин у перерахунку на СР, % не менше	75,0
МЧ вологи, %, не більше	8,0
МЧ сміттєвих домішок, %, не більше	0,3
Колірність, $см^3$ розчину йоду (концентрацією 0,1 моль/$дм^3$) на 100 $см^3$ сусла	0,4
Тривалість оцукрення, хв., не більше	30,0
Кислотність, $см^3$ розчину NaOH (концентрацією 1 моль/ $дм^3$) на 100 $см^3$ сусла	0,8-1,3
Прозорість лабораторного сусла	Прозоре, але допускається слабка опалесценція

Серед усіх компонентів, що використовуються у виробництві пива, найбільшу частку становить вода. Вона бере участь практично на всіх стадіях технологічного процесу та значною мірою визначає якість готового напою. Вода використовується під час солодорощення, приготування затору, отримання сусла, миття обладнання та інших виробничих операцій. Крім того, вона є основним компонентом готового продукту, формуючи його фізико-хімічні та органолептичні характеристики. Саме тому до якості води, що застосовується у пивоварінні, висуваються підвищені вимоги щодо її хімічного складу, мікробіологічної безпечності та стабільності показників.

Оскільки вода є основною складовою пивного сусла та готового продукту, до її якості висуваються підвищені вимоги. Вона повинна бути свіжою, безпечною в санітарному відношенні, не містити сторонніх домішок і характеризуватися оптимальним мінеральним складом. Особливе значення для пивоварного виробництва має показник жорсткості води, оскільки надмірний вміст солей може негативно впливати на перебіг технологічних процесів та органолептичні властивості пива.

За органолептичними та хімічними показниками вода, що використовується у виробництві пива, повинна відповідати вимогам чинних санітарних норм щодо питної води. Основні нормативні показники якості наведено в табл. 1.8 та 1.9 відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 *(10).*

Таблиця 1.8 – Органолептичні показники якості питної води *(10)*

№ п/п	Назви показників	Одиниці вимірювання	Нормативні показники для	
			води систем централізованого питного водопостачання	води нецентралізованого питного водопостачання, в тому числі доочищеної, нефасованої та фасованої
1	2	3	4	5
1.	Кольоровість	градуси	20	5

Закінчення таблиці 1.8

1	2	3	4	5
2.	Запах при 20 °С	бали	2	0
	Запах при нагріванні до 60 °С	бали	2	1
3.	Смак / присмак	бали	2	0
4.	Каламутність	мг/дм^3	1,5	0,5

Таблиця 1.9 – Хімічні показники якості питної води *(10)*

№	Назва показника	Одиниці вимірювання	Нормативи	
			вода систем централізованого питного водопостачання	вода нецентралізованого питного водопостачання
1	2	3	4	5
1.	Водневий показник (pH)	одиниці pH	6,5…8,5	6,5…8,5
2.	Жорсткість загальна *оптимальна величина	ммоль/дм^3	7	7 *1,5…4
3.	СЗ (мінералізація загальна) *оптимальний вміст	мг/дм^3	1000	1000 *200…500
4.	Лужність загальна *оптимальна величина	ммоль/дм^3	6,5	6,5 *0,5…5

Закінчення таблиці 1.9

1	2	3	4	5
5.	Сульфати	мг/дм^3	250	150
6.	Залізо загальне	мг/дм^3	0,2	не допускається
7.	Хлориди	мг/дм^3	250	150
8.	Цинк (Zn)	мг/дм^3	1	не допускається
9.	Мідь (Cu)	мг/дм^3	1	
10.	Марганець (Mn)	мг/дм^3	0,05	
11.	Натрій (Na) *оптимальна величина	мг/дм^3	200	200 *20
12.	Магній (Mg) *оптимальна величина	мг/дм^3	30	30 *6…15
13.	Кальцій (Ca) *оптимальна величина	мг/дм^3	100	100 *20…60
14.	Калій (K) *оптимальна величина	мг/дм^3	20	20 *2…20
15.	Нафтопродукти	мг/дм^3	0,05	не допускається
16.	Метил трет–бутиловий ефір	мг/дм^3	0,015	
17.	Хлорфеноли	мг/дм^3	0,0003	

Однією з найважливіших складових сировинного комплексу пивоварного виробництва є хміль. Для виготовлення пива використовують висушені жіночі незапліднені суцвіття культурного хмелю, які містять комплекс біологічно активних речовин, що формують характерні властивості напою.

Технологічна цінність хмелю визначається насамперед вмістом гірких речовин, дубильних сполук та ефірних олій. Гіркі речовини забезпечують формування характерного смаку та приємної гіркоти пива. Дубильні речовини сприяють підвищенню колоїдної стійкості напою та позитивно впливають на його стабільність під час зберігання. Ефірні олії, своєю чергою, відповідають за утворення специфічного хмелевого аромату, який є важливою складовою органолептичного профілю готової продукції *(1)*.

Хміль є не лише джерелом гірких та ароматичних речовин, а й містить широкий спектр біологічно активних компонентів. До його складу входять токофероли, фітогормони, вітаміни групи В, аскорбінова кислота та нікотинова кислота. Крім того, у хмелі виявлено значну кількість поліфенольних сполук і велику різноманітність компонентів ефірних олій, які впливають на формування смаку, аромату та антиоксидантних властивостей готового напою.

На ТОВ «Пивоварня Зіберта» хміль надходить у висушеному вигляді з вологістю в межах 11–13 %. Для забезпечення мікробіологічної безпечності сировини під час сушіння застосовують сульфітацію, що передбачає оброблення хмелю сірчистими сполуками з метою пригнічення розвитку небажаної мікрофлори.

Пресований сульфітований хміль повинен відповідати вимогам нормативної документації за низкою показників якості. Для нього характерне забарвлення від світло-жовтого до золотисто-зеленого кольору, допускається наявність шишок із незначним почервонінням кінчиків пелюсток. Вміст вологи не повинен перевищувати 13 %, масова частка α-кислот у перерахунку на суху речовину має становити не менше 3,5 %, а залишкова кількість сірчистого ангідриду - не перевищувати встановлених нормативних значень *(11)*.

До використання у пивоварному виробництві не допускається хміль із ознаками псування або сторонніми запахами. Непридатною вважається сировина із затхлим, прілим, димним чи будь-яким іншим запахом, не характерним для якісного хмелю. Також бракуванню підлягає хміль, уражений шкідниками, пліснявими грибами, хворобами або забруднений сторонніми домішками.

На внутрішній поверхні хмелевих пелюсток можуть розвиватися різні мікроорганізми, зокрема маслянокислі бактерії, спороутворювальні бактерії та мікроскопічні гриби. Продукти їхньої життєдіяльності негативно впливають на якість сировини, викликаючи появу неприємних запахів і погіршуючи ароматичні властивості хмелю. Такі дефекти можуть передаватися готовому пиву та знижувати його споживчі характеристики.

Разом з тим під час кип'ятіння сусла відбувається термічне знезараження, у результаті якого більшість мікроорганізмів повністю гине. Основні показники якості хмелю, що використовуються для оцінювання його придатності до пивоварного виробництва, наведено в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Основні показники якості хмелю *(11)*

Назва показника	Величина
Кондуктометричний показник гіркоти, % у СР, не більше	2,5
МЧ насіння, %, не більше	3,0
МЧ сірчистого ангідриду, % у СР, не більше	0,5
МЧ води, %, не більше	12,0
МЧ хмельових домішок, %, не більше	5,0
МЧ золи, % у сухій речовині, не більше	13,0
Наявність плісняви	не допускається
Вміст нехмельових домішок	не допускається

За своїми морфологічними та фізіологічними властивостями пивні дріжджі належать до мікроскопічних грибів роду *Saccharomyces*. У пивоварній промисловості використовують дві основні групи дріжджів - верхового та низового бродіння, які відрізняються особливостями перебігу процесу ферментації, температурними режимами та властивостями отриманого продукту.

Для виробництва більшості сучасних сортів пива застосовують дріжджі низового бродіння. Вони характеризуються здатністю ефективно та глибоко зброджувати екстрактивні речовини сусла, забезпечуючи високий ступінь його зброджування. Процес бродіння за участю таких дріжджів відбувається переважно за нижчих температур, а після завершення ферментації клітини осідають на дно бродильних ємностей.

Використання дріжджів низового бродіння сприяє формуванню напою з чистим смаковим профілем, м'яким гармонійним смаком та добре вираженим ароматом. Саме ці властивості зумовлюють їх широке застосування у виробництві лагерних сортів пива, які займають провідне місце в асортименті більшості пивоварних підприємств *(1)*. Пивні дріжджі містять у середньому близько 75 %

води та 25 % сухих речовин. Їхній хімічний склад не є сталим і може змінюватися залежно від раси дріжджів, складу живильного середовища та фізіологічного стану культури. До складу сухої речовини входять мінеральні сполуки, білкові та інші азотовмісні речовини, безазотисті екстрактивні компоненти, а також невелика кількість ліпідів. Саме сукупність цих речовин забезпечує життєдіяльність клітин та їх участь у процесах бродіння. Морфологічні характеристики дріжджів є важливим показником їх якості. Для здорової культури характерні клітини типової для конкретної раси форми та розмірів, з тонкою клітинною оболонкою, однорідною або дрібнозернистою цитоплазмою та невеликими вакуолями. Значна кількість деформованих клітин, особливо за умови зниження бродильної активності, може свідчити про дегенерацію культури. Такі дріжджі не рекомендується використовувати у виробничому процесі. Ознаками старіння культури є поява великих вакуоль, зернистої цитоплазми та зменшення кількості клітин, що перебувають у стадії брунькування. Однією з головних умов ефективного перебігу процесу бродіння є мікробіологічна чистота засівних дріжджів. Наявність сторонніх мікроорганізмів може негативно впливати на швидкість бродіння, якість готового продукту та його стійкість під час зберігання. Для якісної дріжджової культури вміст нежиттєздатних клітин не повинен перевищувати встановлених нормативних значень. Надмірна кількість мертвих клітин сприяє уповільненню бродіння, розвитку сторонньої мікрофлори та посиленню процесів автолізу *(1)*. У ході бродіння відбувається активне розмноження дріжджових клітин, унаслідок чого їх чисельність може збільшуватися в декілька разів. Тому важливою характеристикою є репродуктивна здатність культури, яку оцінюють за кількістю клітин, що брунькуються. Висока інтенсивність розмноження свідчить про добрий фізіологічний стан дріжджів та їх готовність до ефективної роботи в технологічному процесі. Не менш важливою властивістю пивних дріжджів є їх здатність до осадження після завершення бродіння. Від цього показника залежать ступінь зброджування сусла, прозорість готового пива та ефективність подальших технологічних операцій. Значною мірою ця властивість визначається

флокуляційною здатністю дріжджів, тобто їх схильністю утворювати агрегати та осідати на дно бродильних ємностей.

1.4.2 Показники безпечності основної сировини

Для забезпечення безпечності пивоварної продукції до сировини, яка використовується у виробництві, висуваються вимоги щодо вмісту потенційно небезпечних речовин та біологічних агентів. Нормативними документами встановлюються гранично допустимі рівні токсичних елементів, мікотоксинів, радіонуклідів і мікробіологічних показників. Дотримання цих вимог є обов'язковою передумовою використання сировини у виробничому процесі та забезпечення безпечності готової продукції для споживачів.

Для ячменю, який використовується у виробництві пивоварного солоду, контролюються показники вмісту важких металів, залишкових кількостей пестицидів, мікотоксинів та радіоактивних речовин. Перелік контрольованих показників і допустимі рівні їх вмісту можуть коригуватися залежно від природно-кліматичних умов та особливостей регіону вирощування зернової сировини.

Особлива увага приділяється радіаційній безпеці сировини. Вміст радіонуклідів у ячмені та продуктах його переробки повинен відповідати вимогам чинних державних гігієнічних нормативів щодо допустимого вмісту ізотопів ^{137}Cs та ^{90}Sr у харчових продуктах і питній воді *(12)*. Контроль цих показників дозволяє мінімізувати ризики надходження радіоактивних речовин до організму людини через харчовий ланцюг.

Показники безпечності пивоварного ячмінного солоду, що регламентуються нормативною документацією, наведено в табл. 1.11 відповідно до вимог ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови» *(9)*.

У таблиці 1.12 наведені показники безпечності хмелю ароматичного *(11)*.

Таблиця 1.11 – Показники безпечності солоду ячмінного пивоварного

Показники	Допустимі рівні, мг/кг
Ртуть	≤ 0,03
Миш'як	≤ 0,2
Кадмій	≤ 0,1
N-нітрозаміни	≤ 0,015
Мікотоксини:	
Афлатоксин В1	≤ 0,005
Дезоксиніваленол	≤ 0,5
Зеараленон	≤ 1,0
Т-2 токсин	≤ 0,1

Таблиця 1.12 – Показники безпечності хмелю ароматичного

Показники	Норма мг/кг, не більше
Токсичні елементи	
Миш’як	0,5
Ртуть	0,1
Кадмій	0,5
Свинець	10,0
Мідь	25,0
Цинк	50,0
Пестициди	
Метафос	Не допускається
Гептахлор	
ГХЦГгамма ізомер	0,5
ДДТ	0,02
Вміст радіонуклідів, Бк/кг, не більше	
^{137}Цезій	150
^{90}Стронцій	50

За мікробіологічними, паразитологічними і вірусологічними і показниками питна вода, що використовується при виробництві пива, має відповідати вимогам, наведеним у таблицях 1.13 та 1.14, і нормам ДСанПіН 2.2.4–171–10 *(10).*

Таблиця 1.13 – Мікробіологічні показники питної води

№	Назва показника у воді, що досліджується	Одиниці вимірю-вання	Норматив, не більше ніж	
			вода систем централізовано го питного водопостачання	вода нецентралі-зованого питного водопостачання доочищена
1	2	3	4	5
1.	Число бактерій в 1 $см^3$ води, (ЗМЧ) при 22°С	КУО/$см^3$	100	20

Закінчення таблиці 1.13

1	2	3	4	5
2.	Число бактерій групи кишкових паличок в 1 $дм^3$ води (індекс БГКП)	КУО/$дм^3$	3	не допускається
3.	Число патогенних мікроорганізмів в 1 $дм^3$ води	КУО/$дм^3$	відсутність	відсутність
4.	Число термостабіль-них кишкових паличок (фекальних коліформ – індекс ФК) в 100 $см^3$ води	КУО/ 100$см^3$	не допускається	не допускається
5.	Спори сульфітредукувальних клостридій	КУО/ 20 $см^3$	не допускається	не допускається
6.	Число коліфагів в 1 $дм^3$ води	КУО/$дм^3$	не допускається	не допускається
7.	Синьогнійна паличка *(Pseudomonas aeruginosa)*	КУО/$дм^3$	не визначають	не допускається

Вірусологічні показники питної води: ентеровіруси, аденовіруси, ротавіруси, реовіруси та антиген вірусу гепатиту А у воді систем централізованого питного водопостачання та нецентралізованого питного

водопостачання не допускаються *(10)*. Показники радіаційної безпечності питної води визначають за допустимими рівнями, наведеними в таблиці 1.15 *(12)*.

Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води представлено у табл. 1.16 *(10)*.

Таблиця 1.14 – Паразитологічні показники питної води

№	Назва показника у 50 $дм^3$ води, що досліджується	Одиниці вимірювання	Норматив	
			вода систем централізованого питного водопостачання	вода нецентралізованого питного водопостачання
1.	Число патогенних кишкових найпростіших	(клітини, цисти)/ 50 $дм^3$	не допускається	
2.	Число кишкових гельмінтів	(клітини, яйця, личинки)/50 $дм^3$	не допускається	

Таблиця 1.15– Показники радіаційної безпеки питної води

№	Назви показників	Одиниці вимірю-вання	Нормативні показники	
			вода систем централізованого питного водопостачання	вода нецентралізованого питного водопостачання доочищена (нефасована, фасована)
1.	Сумарна об'ємна активність α–випромінювачів (Σα–активність)	Бк/$дм^3$	0,1	0,1
2.	Сумарна об'ємна активність β–випромінювачів (Σβ–активність)	Бк/$дм^3$	1,0	1,0

Таблиця 1.16 – Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води

№	Назва показника	Одиниці вимірю-вання	Нормативи	
			вода систем централізованого питного водопостачання	вода нецентралізованого питного водопостачання
1	2	3	4	5
Неорганічні компоненти				
1.	Алюміній (Al)	мг/дм^3	0,2	не допускається
2.	Аміак (за NH_4^+)	мг/дм^3	0,5	
3.	Бор (B)	мг/дм^3	0,5	
4.	Кадмій (Cd)	мг/дм^3	0,001	
5.	Барій (Ba)	мг/дм^3	0,1	0,1
6.	Берилій (Be)	мг/дм^3	0,0002	не допускається
7.	Миш'як (As)	мг/дм^3	0,01	
8.	Нікель (Ni)	мг/дм^3	0,02	
9.	Перхлорати (ClO_4^-)	мг/дм^3	0,01	
10.	Ртуть (Hg)	мг/дм^3	0,0005	
11.	Нітрати (за NO_3^-)	мг/дм^3	45	5
12.	Нітрити (за NO_2^-)	мг/дм^3	0,1	0,02
13.	Селен (Se)	мг/дм^3	0,01	не допускається
14.	Стронцій (Sr)	мг/дм^3	7	2
15.	Свинець (Pb)	мг/дм^3	0,01	не допускається
16.	Сурма (Sb)	мг/дм^3	0,005	
17.	Талій (TI)	мг/дм^3	0,0001	
18.	Хром загальний (Cr)	мг/дм^3	0,05	
Органічні компоненти				
19.	Ціаніди (CN^-), зокрема ціаноген хлорид	мг/дм^3	0,05	не допускається
22	Пестициди (сума)	мг/дм^3	0,0005	
23	Бенз(а)пірен	мг/дм^3	0,00001	
24	Трихлоретилен і тетрахлоретилен (сума)	мг/дм^3	0,01	

Закінчення таблиці 1.16

1	2	3	4	5
25	Синтетичні аніоноактивні поверхнево–активні речовини (АПАР)	мг/дм^3	0,01	
26	Чотирихлористий карбон	мг/дм^3	0,002	
Інтегральні показники				
27	Окиснюваність перманганатна	Мг О/дм^3	2	0,75
28	Загальний органічний карбон	Мг С/дм^3	4	1,5

1.5 Вимоги до якості та безпечності пива світлого Zibert

Якість і безпечність готового пива належать до найважливіших показників, які визначають його споживчу цінність та відповідність вимогам харчової безпеки. Формування цих характеристик залежить від багатьох чинників, серед яких особливе значення мають якість використаної сировини, дотримання встановлених технологічних режимів виробництва, санітарний стан обладнання та умови зберігання готової продукції.

Показники якості пива формуються на всіх етапах технологічного процесу - від підготовки сировини до фасування та реалізації готового продукту. Будь-які відхилення від встановлених параметрів можуть негативно впливати на фізико-хімічні властивості, органолептичні характеристики та мікробіологічну стабільність напою.

Готова продукція повинна відповідати вимогам чинної нормативної документації за комплексом показників. До них належать органолептичні характеристики, зокрема колір, прозорість, смак і аромат, фізико-хімічні показники, такі як вміст спирту, екстрактивність та кислотність, а також показники безпечності, що характеризують вміст потенційно небезпечних речовин і мікроорганізмів. Дотримання встановлених нормативів гарантує належну якість продукції та її безпечність для споживачів *(1)*.

1.5.1 Вимоги до показників якості пива світлого Zibert

До основних показників якості пива відносять органолептичні характеристики (зовнішній вигляд, смак, аромат), а також фізико-хімічні параметри, що визначають склад і стабільність продукту. Пиво світле Zibert має відповідати вимогам ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови» *(13)* і вариться відповідно до технологічної інструкції та рецептури.

Таблиця 1.17 – Органолептичні показники якості пива *(13)*

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без осаду, крім не фільтрованого
Колір	Від світло-золотистого до темно-коричневого
Смак	Чистий, гармонійний з характерною гіркотою
Аромат	Властивий пиву, без сторонніх запахів
Піноутворення	Стійка піна, висота не менше 30 мм

Фізико-хімічні показники якості пива зазначені у таблиці 1.18. *(13)*

Таблиця 1.18 – Фізико-хімічні показники пива

Показник	Норма
Об’ємна частка спирту, %	3,0-8,5
Масова частка сухих речовин у початковому суслі	8-20
Кислотність. к.од.	1,5-3,5
Вміст CO_2, %	0,3-0,6
Масова частка екстракту, %	Відповідно до сорту

Органолептичні показники формують сприйняття продукту споживачем, тоді як фізико-хімічні параметри відображають правильність ведення технологічного процесу. Відхилення від нормативних значень свідчить про порушення технології або умов зберігання *(13).*

1.5.2 Показники безпечності світлого пива *Zibert*

Безпечність пива визначається вмістом токсичних елементів, мікробіологічними показниками та відсутністю шкідливих домішок. Всі показники повинні відповідати гігієнічним нормативам *(12,13).*

Таблиця 1.19 – Мікробіологічні показники безпечності пива

Показник	Норма
Загальне мікробне число	В межах допустимих норм
Дріжджі та плісняві гриби	Обмежена кількість
Патогенні мікроорганізми	Не допускаються
Бактерії групи кишкової палички	Не допускається

Таблиця 1.20 – Вміст токсичних елементів у пиві

Показник	Граничне значення, мг/кг, не більше ніж
Свинець	0,3
Кадмій	0,3
Ртуть	0,005
Миш'як	0,2

Вміст радіонуклідів у пиві не повинен перевищувати допустимі рівні: Стронцій ^{90}Sr – 30 Бк/кг; Цезій ^{137}Cs – 50 Бк/кг *(12).*

Контроль показників безпеки здійснюється на всіх етапах виробництва, включаючи контроль сировини, технологічного процесу та готової продукції. Особливу увагу приділяють мікробіологічній чистоті, оскільки пиво є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів у разі порушення технології .

1.6 Опис технологічного процесу пива світлого Zibert

1.6.1 Принципова технологічна схема світлого пива Zibert

Технологічний процес виробництва пива включає низку послідовних стадій, кожна з яких відіграє важливу роль у формуванні якості готової продукції. До

основних етапів належать підготовка сировини, подрібнення солоду, затирання, варіння сусла з хмелем, бродіння та доброджування. Ефективність кожної технологічної операції безпосередньо впливає на органолептичні та фізико-хімічні характеристики пива *(1).*

На рисунку 1.1 наведена принципова технологічна схема виробництва пива світлого на ТОВ «Пивоварня Зіберта». Початковою стадією є приймання та підготовка сировини. На цьому етапі здійснюються розвантаження, зважування, контроль якості та розміщення сировинних матеріалів на зберігання. Важливе значення мають умови зберігання, оскільки порушення температурного режиму або вологості може негативно вплинути на якість сировини та перебіг подальших технологічних процесів. Наступною операцією є подрібнення солоду. Для цього використовують вальцьові дробарки, які забезпечують отримання помелу необхідної структури. Головним завданням є максимальне збереження оболонки зерна при достатньому подрібненні його внутрішньої частини. На підприємстві застосовується вологий спосіб подрібнення, що сприяє покращенню процесу фільтрації затору та підвищенню ефективності екстрагування розчинних речовин.

Після подрібнення солоду проводять затирання - один із найважливіших етапів виробництва пива. У процесі затирання подрібнений солод змішується з водою та піддається температурній обробці за визначеними режимами. Під впливом ферментів відбувається розщеплення крохмалю до цукрів, а білкових речовин - до амінокислот і пептидів. У результаті формується пивне сусло, яке містить речовини, необхідні для подальшого бродіння.

Затирання супроводжується одночасним перебігом фізичних, хімічних та біохімічних процесів. Особливу роль відіграє ферментативна активність солоду, яка забезпечує утворення зброджуваних цукрів та декстринів. Саме співвідношення цих компонентів значною мірою визначає майбутній смак, повноту та інші характеристики готового пива.

Отримане сусло піддають кип’ятінню з хмелем. Під час цієї операції відбувається стерилізація сусла, випаровування небажаних летких речовин, екстрагування гірких та ароматичних компонентів хмелю, а також коагуляція і

випадання частини білкових сполук в осад. Режими кип'ятіння мають суттєвий вплив на формування смаку, аромату та стабільності готового продукту *(1)*.

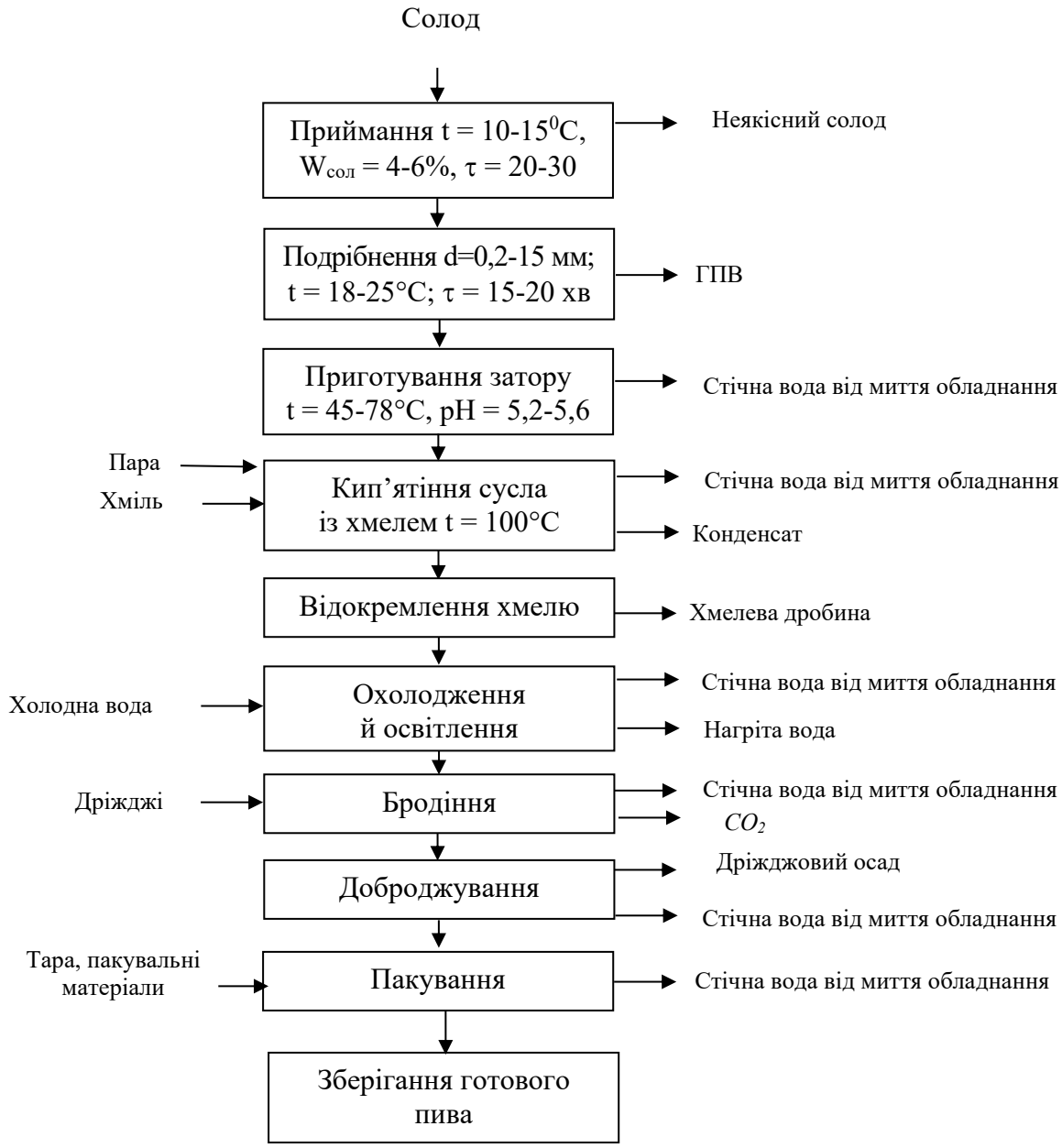

Рисунок 1.1 – Принципова технологічна схема виробництва пива

Після завершення варіння сусло освітлюють та охолоджують до температури, необхідної для внесення дріжджів. Для цього використовують спеціальне обладнання, зокрема гідроциклони та пластинчасті теплообмінники. На даному етапі важливо забезпечити ефективне видалення осаду та запобігти мікробіологічному забрудненню сусла.

Далі розпочинається процес головного бродіння, під час якого дріжджі перетворюють цукри сусла на етиловий спирт і діоксид вуглецю. Одночасно утворюється широкий спектр побічних продуктів бродіння, які беруть участь у формуванні смаку та аромату пива. Перебіг процесу супроводжується зміною фізико-хімічних показників середовища, що потребує постійного контролю технологічних параметрів.

Після завершення основного бродіння молоде пиво направляють на доброджування. Цей процес здійснюється за понижених температур і забезпечує дозрівання напою. Під час витримування відбувається природне насичення пива вуглекислим газом, покращується його прозорість, стабілізується смак та знижується вміст небажаних речовин, що залишилися після головного бродіння.

Таким чином, виробництво пива є складним багатостадійним процесом, у якому всі технологічні операції взаємопов’язані між собою. Дотримання встановлених режимів на кожному етапі є необхідною умовою отримання продукції високої якості, що відповідає вимогам нормативної документації та очікуванням споживачів *(1).*

1.6.2 Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва світлого пива Zibert

Для виробництва пива використовують сухий солод, попередньо очищений від паростків. Спочатку його подають у приймальний бункер 1, після чого норією 2 транспортують до автоматичних ваг 4. Після зважування солод за допомогою шнека 5 розподіляють по силосах 6, де він витримується протягом 4–5 тижнів. У процесі відлежування відбувається стабілізація властивостей солоду, а його вологість підвищується з 3–4 % до 5–6 %.

Після завершення витримування солод пневматичним транспортом подається на подальшу переробку. Рух матеріалу забезпечується вакуум-насосом 7, який створює розрідження у розвантажувачі 8 та транспортних комунікаціях. Атмосферне повітря, що надходить через воронки 3, захоплює зернову масу та транспортує її до розвантажувача 8.

Далі через шлюзовий затвор солод надходить до полірувальної машини 9, де звільняється від пилу та сторонніх домішок. Після очищення норією 2 його подають через магнітний сепаратор 10 на автоматичні ваги 4 для контрольного зважування.

Наступним етапом є подрібнення солоду у вальцьовій дробарці 11. Отриманий помел накопичується у бункері 12, звідки направляється на приготування затору. Подрібнення необхідне для збільшення площі контакту зернових компонентів із водою та підвищення ефективності вилучення екстрактивних речовин.

З бункера 12 солод надходить до заторного котла 13а, де змішується з гарячою водою температурою близько 54 °С. Після ретельного перемішування частину затору насосом 14 перекачують до заторного котла 13б. У цьому апараті затір нагрівають до температури 68–70 °С, створюючи умови для активної роботи ферментів. На цій стадії відбувається оцукрювання - процес гідролітичного розщеплення крохмалю з утворенням цукрів і декстринів, а також перетворення значної частини нерозчинних речовин у розчинний стан.

Після завершення ферментативних процесів частину затору в котлі 13б доводять до кипіння для розварювання крупних частинок зерна. Отриману першу відварку насосом 14 повертають до котла 13а. Внаслідок змішування температура всієї маси досягає приблизно 70 °С, що забезпечує завершення процесу оцукрювання.

Далі частину затору знову відбирають із котла 13а та насосом 14 подають до котла 13б для проведення другої відварки. Після нагрівання до кипіння та розварювання зернових частинок відварку повертають до основного затору. У результаті змішування температура заторної маси підвищується до 75–78 °С. Підготовлений затір насосом 14 подають до одного з фільтраційних апаратів 24, де здійснюється відокремлення рідкої фази від твердої. Отримане сусло являє собою водний розчин екстрактивних речовин, що перейшли із солоду в процесі затирання.

Перші порції сусла, які мають підвищену каламутність, насосом 21 повертають назад у фільтраційний апарат 24 для додаткового освітлення. Прозоре сусло через регулятор тиску 22 або фільтраційну батарею направляють до сусловарильного котла 19.

Після завершення вилучення екстрактивних речовин солодову дробину, що залишається у фільтраційному апараті 24, промивають гарячою водою. Відмиту дробину насосом 29 транспортують до роздавального бункера для подальшого використання як кормової сировини. Промивна вода, яка містить залишкові екстрактивні речовини, збирається у збірнику 23 та насосом 14 подається до котла 13а для приготування наступного затору.

Одержане сусло надходить до сусловарильного котла 19, де його кип'ятять із хмелем. Під час кип'ятіння відбувається екстрагування гірких та ароматичних речовин хмелю, часткове випаровування води, денатурація білкових сполук і знезараження сусла. Після завершення варіння гаряче сусло направляють до хмелевідділювача 16, де затримуються залишки хмелевих пелюсток. Очищене сусло насосом 15 перекачують до збірника гарячого сусла 17.

Із збірника 17 сусло надходить до відцентрового сепаратора 18, у якому видаляються завислі білкові частинки. Після цього його подають до пластинчастого теплообмінника 20, де температура знижується до 5–6 °С. Охолоджене сусло накопичується у збірнику 25, звідки направляється у бродильні апарати. Після варіння та охолодження сусло з нормативним вмістом екстрактивних речовин називають початковим суслом і використовують для подальшого проведення процесу бродіння.

Для підтримання стабільності технологічного процесу та забезпечення мікробіологічної чистоти бродіння виробничі дріжджі періодично оновлюють шляхом використання чистих культур, отриманих у лабораторних умовах із окремої клітини. Для нарощування біомаси дріжджів очищене в сепараторі 18 охмелене сусло піддають стерилізації в апараті 26, після чого подають до бродильних апаратів 27 і 28. У зазначені апарати вносять чисту культуру дріжджів, а подальше збільшення їх кількості здійснюється в танку 30.

Підготовлене та охолоджене початкове сусло надходить до закритих бродильних танків 31 і 32. Одночасно до них вносять дріжджову культуру з танка 30. У процесі головного бродіння, яке зазвичай триває від 6 до 8 діб, дріжджі перетворюють збродживані цукри сусла на етиловий спирт і діоксид вуглецю. Після завершення цього етапу молоде пиво насосом 33 транспортують до танків 34 і 35, призначених для доброджування.

Дріжджовий осад, що накопичується на дні бродильних ємностей, вилучають за допомогою вакууму, який створює вакуум-насос 36. Залежно від подальшого призначення дріжджі направляють до збірника 37 для повторного використання або до збірника 38 для реалізації. Із збірника 38 дріжджову масу під дією тиску діоксиду вуглецю подають до фільтр-преса 39. Відокремлене при цьому пиво збирається в танку 40 та повертається на подальшу переробку. Для очищення дріжджів від залишків пива та їх охолодження використовують воду, яку попередньо охолоджують у баку 41.

Процес доброджування здійснюється у спеціальних танках і може тривати від 21 до 90 діб залежно від сорту пива та особливостей технології. На цьому етапі відбувається дозрівання напою, стабілізація його смаку й аромату, природне насичення вуглекислим газом та освітлення. Після завершення доброджування пиво під тиском діоксиду вуглецю надходить із танків 42 і 43 до змішувача 44, звідки насосом 45 подається до сепараторів-освітлювачів 46.

У сепараторах-освітлювачах 46 з пива видаляються залишкові дріжджі, сторонні мікроорганізми та інші завислі частинки. Для досягнення максимальної прозорості продукт за необхідності додатково пропускають через фільтр-прес 47. Після освітлення пиво охолоджують у пластинчастому теплообміннику 48 за допомогою розсолу, а потім у карбонізаторі 49 доводять вміст діоксиду вуглецю до необхідного рівня. Підготовлене таким чином готове пиво надходить до збірників 50, звідки подається на подальший розлив.

Після завершення фільтрування готове пиво зі збірника 50 подається під тиском діоксиду вуглецю до відділення розливу. Підготовка склотари розпочинається з подачі ящиків із використаними пляшками зі складу до автомата 51, де здійснюється їх виймання з тари. Далі пляшки пластинчастим транспортером 52 направляються до пляшкомийної машини 53, у якій миття проводиться із застосуванням лужного розчину, що надходить із бака 54.

Порожні ящики після вилучення пляшок очищаються від сторонніх домішок в автоматі 55 і стрічковим транспортером 56 транспортуються до автомата 57, призначеного для подальшого укладання готової продукції. Вимиті пляшки з машини 53 за допомогою пластинчастого транспортера 58 подаються до світлового екрана 59, де здійснюється контроль їхньої чистоти та відбраковування непридатної тари.

Після контролю пляшки послідовно проходять через комплекс розливного обладнання. Спочатку вони надходять до розливних автоматів 60, де наповнюються пивом, потім до укупорювальних машин 61. Подальший контроль якості виконують на бракеражному напівавтоматі 62. Після цього пляшки спрямовують до етикетувальної машини 63 для нанесення маркування та далі до автомата 57, де вони вкладаються в підготовлені ящики. Упакована продукція транспортними системами подається до експедиційного складу для подальшого відвантаження споживачам.

Поряд із розливом у пляшки підприємство здійснює фасування продукції в металеві та дерев'яні бочки, а також у кеги. Перед заповненням тару промивають зсередини за допомогою спеціальних шприцювальних пристроїв, після чого її зовнішню поверхню очищують на напівавтоматі 64. Після повторного внутрішнього ополіскування бочки та кеги заповнюють пивом в ізобаричному апараті 65, що дозволяє уникнути втрат діоксиду вуглецю та зберегти якість продукції. Після закупорювання тара направляється до експедиції.

Усі стадії технологічного процесу взаємопов’язані системою трубопроводів, насосного обладнання та запірної арматури. Така організація виробництва забезпечує безперервність технологічного циклу, дотримання санітарно-гігієнічних вимог, мінімізацію втрат сировини та отримання готової продукції стабільної якості.

РОЗДІЛ 2
ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА» ТА ОЦІНКА ЙОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Пивоварне виробництво супроводжується утворенням твердих відходів у великих обсягах, а також – стічних вод і газопилових викидів. Основне екологічне навантаження формується на стадіях затирання, фільтрації, бродіння та розливу продукції.

Відходи виробництва є переважно органічними. Тож за відсутності належного їх утилізування можуть спричиняти значний негативний вплив на довкілля (*2*).

2.1 Джерела утворення та перелік відходів на пивзаводі

Тверді відходи утворюються на всіх основних стадіях технологічного процесу.

Пивна дробина – основний твердий відхід виробництва. Вона утворюється на стадії фільтрації затору. Під час кип'ятіння сусла формуються білково-хмельові осади. У процесі бродіння утворюється вуглекислий газ та надлишкові дріжджі. Фільтрація супроводжується утворенням відпрацьованого кізельгуру.

Певна кількість відходів формується у результаті псування пакувальної тари чи наявності неякісних її одиниць.

Наведені відходи (табл. 2.1) мають різний агрегатний стан, проте переважають органічні компоненти, що потребують належної переробки й утилізації *(1)*.

Відходи об'єктного підприємства, як зазначалося, досить різноманітні, проте переважають органічні компоненти, належна утилізація яких є важливим завданням (*1*).

Таблиця 2.1 – Основні види відходів пивоварного виробництва

Вид відходу	Джерело утворення	Характеристика
Пивна дробина	Фільтрація затору	Вологість 75-80%, органічний склад
Дріжджі	Бродіння	Біологічно активні
Більково-хмельові осади	Кип’ятіння сусла	Органічні відкладення
Кізельгур	Фільтрація	Мінерально-органічна суміш
Відходи пакувальної тари	Пакування продукції	Тверді відходи

2.2 Характеристика відходів на підприємстві

Відходи, що утворюються в процесі пивоварного виробництва, характеризуються значним вмістом органічної речовини, підвищеною вологістю та високою біологічною активністю. Такі властивості зумовлюють їх схильність до швидких мікробіологічних перетворень і можуть спричиняти негативний вплив на компоненти навколишнього природного середовища за відсутності належного поводження. Якщо в попередньому підрозділі основну увагу було приділено джерелам утворення відходів, то в даному розділі доцільно розглянути їх кількісні показники та фізико-хімічні характеристики.

Для підприємств пивоварної галузі характерним є переважання відходів органічного походження. Завдяки високому вмісту біорозкладних речовин вони швидко піддаються процесам розкладання, що супроводжується утворенням специфічних запахів, розвитком мікроорганізмів та виникненням ризику вторинного забруднення довкілля.

Найбільшу частку серед твердих відходів пивоварного виробництва становить пивна дробина. Її обсяги можуть досягати близько 85 % від загальної маси твердих побічних продуктів, що утворюються на підприємстві. Саме тому пивна дробина розглядається як основний вид відходів галузі та потребує особливої

уваги при виборі технологій утилізації або повторного використання. Кількісна структура твердих відходів пивоварного виробництва наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Кількісна структура відходів пивоварного виробництва

Вид відходу	Частка від загального обсягу, %
Пивна дробина	80-85
Пивні дріжджі	5-8
Білково-хмельові осади	3-5
Кізельгур	2-4
Інші відходи	1-3

Оскільки основну частку відходів об’єктного підприємства становить пивна дробина, як видно із наведених даних, то це визначає її як пріоритетний об’єкт для утилізації (*2, 3*).

Окрім кількісної оцінки, важливим є аналіз фізико-хімічних характеристик відходів (табл. 2.3), які визначають ускладнення, що можуть виникати при переробці таких відходів.

Таблиця 2.3 – Основні фізико-хімічні характеристики відходів

Вид відходу	Вологість, %	Вміст органічних речовин	Особливості
Пивна дробина	75-80	Високий	Швидке псування
Дріжджі	85-90	Дуже високий	Біологічна активність
Осади	70-80	Високий	Схильність до гниття
Кізельгур	40-60	Середній	Складна утилізація

Високий вміст органічних речовин у відходах обумовлює їх здатність до біохімічного розкладання, що супроводжується утворенням запахів і збільшенням навантаження на очисні споруди. Особливо це характерно для пивної дробини та дріжджів.

2.3 Аналіз існуючих способів утилізації відходів на підприємстві

На ТОВ «Пивоварня Зіберта» поводження з відходами здійснюється відповідно до вимог природоохоронного законодавства України. На підприємстві організовано систему обліку відходів, що передбачає їх ідентифікацію, класифікацію, тимчасове зберігання, нормування та паспортизацію. Для кожного виду відходів визначаються умови накопичення та подальші шляхи поводження залежно від фізико-хімічних властивостей і ступеня потенційної небезпеки для навколишнього середовища. З метою забезпечення екологічно безпечного управління відходами підприємство уклало договори зі спеціалізованими організаціями, які мають відповідні дозволи та ліцензії на здійснення операцій з відновлення, утилізації або видалення відходів.

Особливістю пивоварного виробництва є утворення значної кількості органічних побічних продуктів, які мають високу кормову цінність. На Пивоварні Зіберта значна частина таких матеріалів не розглядається як відхід у традиційному розумінні, а використовується як вторинний ресурс. До них належать зернові відходи, сплав зерна, пивна дробина та залишкові пивні дріжджі. Зазначені продукти реалізуються об’єктним підприємством фермерським господарствам регіону для використання у годівлі сільськогосподарських тварин. Найбільшу частку серед них становить пивна дробина, яка утворюється після фільтрування затору та містить значну кількість клітковини, білків, амінокислот і мінеральних речовин *(1)*.

Передача пивної дробини у вологому вигляді на корм худобі є поширеним способом використання цього побічного продукту пивоварного виробництва. Такий підхід дає можливість частково залучати вторинні матеріальні ресурси до господарського обігу та зменшувати обсяги відходів, що потребують утилізації. Водночас висока вологість пивної дробини (близько 75–80 %) обмежує термін її зберігання на підприємстві та ускладнює транспортування, оскільки за тривалого перебування без належних умов зберігання можуть активізуватися процеси мікробіологічного псування, бродіння та розкладання органічної речовини. Це

може супроводжуватися утворенням неприємних запахів і створювати додаткові екологічні та санітарні ризики.

У технологічному процесі виробництва пива на підприємстві використовується хміль молотий брикетований. Завдяки цьому не утворюється хмелева дробина у вигляді шламу, характерна для технологій із застосуванням шишкового хмелю. Використання гранульованих або брикетованих хмелепродуктів сприяє більш повному використанню сировини, зменшенню кількості твердих відходів та спрощенню процесів очищення технологічного обладнання.

Білковий відстій та відходи кізельгуру, що утворюються під час освітлення та фільтрування пива, видаляються разом зі стічними водами через систему виробничого водовідведення. Наявність таких компонентів у стічних водах зумовлює підвищений вміст завислих речовин та органічних сполук, тому їх надходження до каналізаційної мережі повинно відповідати встановленим нормативам приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення.

Значна увага на підприємстві приділяється поводженню з відходами упаковки. Відпрацьовані ПЕТ-пляшки збирають окремо від інших видів відходів та сортують за кольором, що підвищує якість вторинної сировини та ефективність її подальшої переробки. Після сортування пляшки пресують, формують у тюки та передають на спеціалізоване підприємство з перероблення полімерних матеріалів. Використання вторинного ПЕТ дає змогу скоротити споживання первинної нафтохімічної сировини, зменшити обсяги захоронення відходів та сприяти розвитку системи рециклінгу.

Інші нетехнологічні відходи, що утворюються в процесі господарської діяльності підприємства, передаються спеціалізованим організаціям відповідно до їх класу небезпеки та можливих способів подальшого поводження. Зокрема, відпрацьовані люмінесцентні лампи, акумулятори, склобій та інші відходи, що містять цінні матеріальні компоненти, направляються на перероблення або відновлення. Відходи деревини та промаслене ганчір'я передаються на термічне знешкодження або інші дозволені способи утилізації. Такий підхід забезпечує

мінімізацію негативного впливу відходів на навколишнє середовище та сприяє підвищенню рівня екологічної безпеки підприємства.

2.4 Характеристика інших екологічних проблем ТОВ «Пивоварня Зіберта»

2.4.1 Джерела утворення та характеристика стічних вод

Утворення виробничих стічних вод на пивоварних підприємствах відбувається протягом усього технологічного циклу - від підготовки сировини до фасування готової продукції. Для підприємств галузі характерне значне водоспоживання, унаслідок чого на виробництво 1 м³ пива припадає в середньому від 3 до 6 м³ стічних вод. Конкретні обсяги залежать від особливостей технології, рівня автоматизації виробництва та ефективності систем водокористування. Стічні води пивоварних підприємств характеризуються високим вмістом органічних речовин, завислих частинок, залишків сировини та мийних засобів.

Основна частина стоків утворюється під час санітарної обробки виробничого обладнання, резервуарів, трубопроводів, фільтраційних систем та тари. Значні обсяги забруднених вод формуються також у процесах затирання, фільтрування сусла, охолодження, бродіння та доброджування. У таких стоках можуть міститися залишки сусла, дріжджових клітин, білкових сполук, вуглеводів, мінеральних речовин та інших компонентів технологічного середовища (3).

Особливістю стічних вод пивоварного виробництва є їх неоднорідний склад. Концентрація забруднювальних речовин може суттєво змінюватися залежно від стадії технологічного процесу, режиму роботи обладнання, виду продукції та характеристик використовуваної сировини. Саме така мінливість складу стоків значно ускладнює вибір та експлуатацію систем очищення, оскільки потребує врахування широкого діапазону показників забруднення.

Для аналізу структури утворення виробничих стічних вод та визначення основних джерел їх формування доцільно узагальнити відповідні дані у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Джерела утворення стічних вод на пивоварному підприємстві

Джерело утворення	Етап виробництва	Характер забруднення
Миття обладнання	Всі стадії	Органічні залишки, мийні засоби
Фільтрація затору	Варильне відділення	Розчинені в стоках частинки дробини, сусла
Охолодження сусла	Після варіння	Теплі стоки з домішками органіки
Бродіння	Бродильне відділення	Розчинені в стоках дріжджі, спирти
Доброджування	Витримка	Розчинені в стоках залишкові органічні речовини
Миття тари	Розлив	Розчинені в стоках луги, ПАР, органічні домішки

Аналіз даних, наведених у табл. 2.4, свідчить про те, що переважна частина забруднювальних речовин у стічних водах пивоварного виробництва має органічне походження. Така особливість зумовлена використанням рослинної сировини та мікробіологічних культур, зокрема солоду, хмелю і дріжджів, які містять значну кількість органічних сполук. У процесі виробництва частина цих речовин потрапляє до стічних вод, формуючи високий рівень органічного навантаження.

Характерною ознакою стоків пивоварних підприємств є підвищені значення біохімічного споживання кисню (БСК) та хімічного споживання кисню (ХСК). Високі показники цих параметрів свідчать про значний вміст біологічно розкладних органічних речовин і вказують на здатність стічних вод до активних процесів мікробіологічного розкладання. За відсутності належного очищення такі стоки можуть спричиняти суттєве погіршення якості водних об’єктів та порушення природних процесів самоочищення водойм *(3)*.

Важливим фактором, що впливає на склад виробничих стічних вод, є використання мийних та дезінфекційних засобів під час санітарної обробки обладнання, трубопроводів і виробничих ємностей. У стоки можуть потрапляти залишки лужних розчинів, кислотних мийних засобів та поверхнево-активних

речовин. Наявність цих компонентів здатна змінювати фізико-хімічні властивості стічних вод і впливати на ефективність роботи біологічних очисних споруд, зокрема пригнічувати життєдіяльність окремих груп мікроорганізмів, що беруть участь у процесах очищення *(3)*. Узагальнені показники складу та основні характеристики стічних вод ТОВ «Пивоварня Зіберта» наведено в таблиці 2.5.

Узагальнені основні характеристик стічних вод Пивоварні Зіберта подано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні характеристики стічних вод пивоварного виробництва.

Показник	Значення
pH	6,2-10,5
$БСК_5$, мг/дм^3	3 900
ХСК, мг/дм^3	4 950
Завислі речовини, мг/дм^3	650
Вміст органічних речовин	високий
Температура, ^{0}C	28-35

Значна варіативність показників складу стічних вод є характерною особливістю підприємств харчової промисловості, зокрема пивоварних виробництв. Концентрація забруднювальних речовин може змінюватися залежно від технологічної стадії, режиму роботи обладнання, обсягів виробництва та характеристик використовуваної сировини. Така неоднорідність стоків ускладнює вибір і проєктування систем очищення, оскільки вони повинні забезпечувати ефективне видалення забруднень у широкому діапазоні їх концентрацій. Загалом стічні води пивоварних підприємств належать до категорії висококонцентрованих органічних стоків. Через значний вміст легкорозкладних органічних речовин вони швидко піддаються процесам біологічного розкладання.

Потрапляння таких неочищених стоків у водні об’єкти може призводити до інтенсивного споживання розчиненого кисню мікроорганізмами, погіршення кисневого режиму водойм та порушення функціонування водних екосистем *(1).*

У зв’язку з цим очищення виробничих стічних вод є обов’язковою умовою екологічно безпечної діяльності пивоварного підприємства. Перед скиданням до систем централізованого водовідведення або безпосередньо у природні водні об’єкти стоки повинні проходити відповідну підготовку та очищення до нормативних показників. Тому ефективне функціонування очисних споруд слід розглядати як один із найважливіших природоохоронних заходів і ключових елементів екологічного управління на підприємстві.

2.4.2 Рекомендовані способи очищення стічних вод

Аналіз складу стічних вод пивоварного виробництва свідчить про те, що застосування лише одного способу очищення не забезпечує досягнення необхідного рівня їх очищення. Високий вміст органічних речовин, значна кількість завислих частинок, а також наявність залишків мийних і дезінфекційних засобів обумовлюють необхідність використання багатоступеневих технологічних схем, у яких кожний етап спрямований на видалення певної групи забруднювачів *(14).*

На підприємствах пивоварної галузі найбільш поширеним є поєднання механічних, фізико-хімічних та біологічних методів очищення. Послідовне використання цих технологій дозволяє поступово знижувати концентрацію забруднювальних речовин до нормативних значень, необхідних для подальшого відведення очищених вод у систему каналізації або водні об’єкти *(14).*

Першим етапом зазвичай є механічне очищення, основним завданням якого є вилучення грубодисперсних домішок. На цій стадії зі стічних вод видаляють частинки пивної дробини, залишки сировини, завислі речовини та інші механічні включення. Для цього використовують решітки, сита, пісковловлювачі та первинні відстійники. Попереднє механічне очищення

дозволяє зменшити навантаження на наступні споруди та підвищити ефективність їх роботи.

Після механічної обробки стічні води направляють на фізико-хімічне очищення. Цей етап забезпечує видалення дрібнодисперсних і колоїдних частинок, частини розчинених органічних речовин, а також компонентів мийних засобів. Найчастіше застосовують процеси коагуляції та флокуляції, після яких утворені агрегати забруднень видаляються шляхом відстоювання або флотації. Завдяки цьому значна частина речовин, що перебувають у розчиненому або колоїдному стані, переводиться в осад і вилучається зі стічних вод *(3)*.

Основну роль у зниженні органічного навантаження виконує біологічне очищення. Його принцип базується на здатності мікроорганізмів використовувати органічні речовини стічних вод як джерело живлення та енергії. Для стоків пивоварних підприємств біологічні методи є особливо ефективними завдяки високому вмісту легкобіорозкладної органіки. Саме на цьому етапі досягається найбільше зниження показників біохімічного та хімічного споживання кисню *(3)*.

Для очищення пивоварних стоків найчастіше використовують аеробні біологічні процеси, які реалізуються в аеротенках, біофільтрах або інших спорудах із подачею кисню. Водночас для стічних вод із високими концентраціями органічних забруднень, зокрема при значеннях ХСК понад 2000 мг O_2/дм^3, доцільним є впровадження попереднього анаеробного етапу очищення. Такий підхід дозволяє суттєво знизити навантаження на аеробні споруди та одночасно отримувати біогаз, основною складовою якого є метан. Використання анаеробних технологій дає можливість частково компенсувати енергетичні витрати підприємства та підвищити загальну ресурсну ефективність системи очищення стічних вод *(4)*.

Для більш наочного відображення функцій окремих стадій очищення та їх внеску у зниження концентрації забруднювальних речовин доцільно узагальнити основні характеристики кожного етапу в таблиці 2.6. Наведені дані дозволяють оцінити призначення механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення, а

також визначити їх роль у забезпеченні нормативної якості очищених стічних вод.

Таблиця 2.6 – Основні методи очищення стічних вод пивоварного виробництва

Етап очищення	Метод	Призначення	Переваги	Недоліки
Механічне	Решітки, відстійники	Видалення грубих домішок	Простота	Не видаляє розчинені речовини
Фізико-хімічне	Коагуляція, флотація	Видалення колоїдів, ПАР	Підвищує ефективність очищення	Потребує реагентів
Біологічне	Аеротенки, біофільтри	Зниження БСК, ХСК	Висока ефективність	Чутливість до складу стоків
	Метантенки	Розклад органіки, біогаз	Енергетичний ефект	Складність експлуатації

Важливим елементом підготовки стічних вод до біологічного очищення є коригування їх фізико-хімічних параметрів, насамперед pH та температури. Унаслідок використання лужних і кислотних мийних засобів під час санітарної обробки обладнання реакція середовища може суттєво відхилятися від оптимальних значень. Такі зміни негативно впливають на активність мікроорганізмів, які забезпечують біологічне очищення. З цієї причини до складу очисних споруд часто включають стадію нейтралізації, що дозволяє стабілізувати показник pH перед подачею стоків на біологічну обробку *(3)*.

Не менш важливою особливістю пивоварного виробництва є нерівномірність утворення стічних вод протягом доби. Найбільші обсяги та концентрації забруднювальних речовин спостерігаються під час миття технологічного обладнання, резервуарів і трубопроводів. Такі коливання можуть призводити до перевантаження окремих споруд очищення та зниження ефективності їх роботи. Для запобігання цьому на підприємствах використовують усереднювачі, призначені для вирівнювання витрати, температури та складу стічних вод.

Завдяки цьому забезпечується більш стабільна робота очисних споруд і підвищується ефективність подальших технологічних процесів очищення *(3)*.

Таким чином, очищення стічних вод пивоварних підприємств базується на комплексному застосуванні механічних, фізико-хімічних і біологічних методів. Основною екологічною проблемою таких стоків є високий вміст органічних речовин, що обумовлює необхідність використання ефективних багатоступеневих систем очищення. Лише комплексний підхід дає змогу забезпечити досягнення нормативних показників якості очищених вод та мінімізувати негативний вплив виробництва на навколишнє природне середовище *(3)*.

2.4.3 Джерела утворення та характеристика викидів

У процесі виробничої діяльності ТОВ «Пивоварня Зіберта» в атмосферне повітря надходять різні види газоподібних викидів, які є одним із чинників екологічного впливу підприємства на навколишнє середовище. Їх утворення пов’язане як з основними технологічними операціями пивоварного виробництва, так і з роботою допоміжного та енергетичного обладнання *(1)*.

Одним із характерних джерел викидів є процес бродіння пивного сусла. У результаті життєдіяльності дріжджів відбувається перетворення цукрів на етиловий спирт і діоксид вуглецю. Виділення CO_2 триває протягом усього періоду бродіння, а за відсутності спеціальних систем збору та утилізації він виводиться в атмосферне повітря. Хоча діоксид вуглецю не належить до токсичних забруднювачів локальної дії, його враховують під час оцінювання внеску підприємства у формування парникового ефекту та зміну клімату *(3)*.

Окрему групу викидів становлять пилові забруднення органічного походження, що утворюються під час механічної обробки сировини та побічних продуктів виробництва. Основними джерелами таких викидів є дільниці дроблення солоду, а також процеси сушіння та подрібнення пивної дробини. Дрібнодисперсні частинки легко переходять у повітряне середовище, можуть тривалий час перебувати в завислому стані та негативно впливати як на стан атмосферного повітря, так і на умови праці виробничого персоналу. Саме тому

для їх уловлювання передбачають застосування спеціальних систем газоочищення, зокрема циклонів і рукавних фільтрів.

Під час проведення теплових технологічних операцій також утворюються газопарові викиди. Зокрема, у процесі кип'ятіння сусла в атмосферу виділяється значна кількість водяної пари, яка може містити леткі органічні речовини. Хоча концентрації таких сполук зазвичай невисокі, вони можуть впливати на запахові характеристики повітря в зоні розташування підприємства *(3)*.

Додатковим джерелом атмосферних викидів є енергетичне господарство підприємства. Під час спалювання природного газу в котельних установках утворюються оксиди азоту, оксид вуглецю та інші продукти згоряння палива. Ці речовини належать до найбільш поширених атмосферних забруднювачів і підлягають контролю відповідно до чинного природоохоронного законодавства *(3)*.

Таким чином, газоподібні викиди пивоварного підприємства характеризуються різноманітним складом і утворюються на різних стадіях виробничого процесу. Найбільше екологічне значення мають пилові викиди, що супроводжують механічну обробку сировини та відходів, а також продукти згоряння палива від енергетичних установок. Саме ці джерела формують основне навантаження на атмосферне повітря та потребують впровадження ефективних природоохоронних заходів.

2.4.4 Рекомендовані способи очищення викидів

Забезпечення ефективного очищення газопилових викидів є важливою складовою природоохоронної діяльності пивоварного підприємства та необхідною умовою дотримання вимог екологічного законодавства і санітарно-гігієнічних нормативів. Враховуючи різноманітність складу викидів, що утворюються в процесі виробництва пива, найбільш доцільним є застосування комплексних систем очищення, здатних ефективно видаляти як тверді частинки, так і газоподібні забруднювачі *(15)*.

Особливу увагу на пивоварних підприємствах приділяють очищенню пилових викидів, які утворюються під час дроблення солоду, транспортування сипкої сировини, сушіння та подрібнення пивної дробини. Такі викиди містять значну кількість органічного пилу різної дисперсності, який за відсутності належного очищення може надходити в атмосферне повітря та погіршувати умови праці у виробничих приміщеннях.

Для очищення пилогазових потоків найбільш ефективною вважається двоступенева схема газоочищення. На першому етапі використовують циклони, робота яких ґрунтується на дії відцентрових сил. У процесі руху газового потоку всередині апарата більші пилові частинки відкидаються до стінок циклону та осідають у пилозбірнику. До переваг циклонів належать простота конструкції, надійність експлуатації та порівняно невеликі експлуатаційні витрати. Водночас ефективність цих апаратів суттєво знижується при вилученні дрібнодисперсного пилу *(15)*.

Для досягнення високого ступеня очищення після циклону доцільно встановлювати рукавні фільтри. Їх робота базується на проходженні газового потоку через спеціальний фільтрувальний матеріал, на поверхні якого затримуються тверді частинки. Рукавні фільтри забезпечують ефективне уловлювання навіть дрібнодисперсного пилу та дозволяють досягати нормативних показників якості очищених викидів. Саме така комбінована схема, що включає циклон і рукавний фільтр, використана при розробленні заходів з очищення пилогазових викидів, які утворюються під час переробки та утилізації пивної дробини.

Окрім пилу, у складі викидів пивоварного виробництва можуть бути присутні газоподібні забруднювачі. До них належать продукти спалювання природного газу в котельних установках, а також леткі органічні сполуки, що утворюються під час окремих технологічних операцій. Для зменшення викидів від енергетичного обладнання важливе значення мають технологічні заходи, спрямовані на оптимізацію процесів горіння, використання сучасних

пальникових пристроїв та енергоефективних котлів із високим коефіцієнтом корисної дії *(15)*.

Для зниження концентрації летких органічних сполук доцільно застосовувати організовані системи вентиляції та відведення парогазових потоків. За необхідності такі системи можуть доповнюватися адсорбційними, абсорбційними або конденсаційними установками, які забезпечують додаткове вилучення забруднювальних речовин із газової фази *(15)*.

Важливу роль у зменшенні викидів відіграють також організаційно-технічні заходи. До них належать герметизація технологічного обладнання, локалізація місць утворення пилу, застосування аспіраційних систем, своєчасне технічне обслуговування газоочисних установок та постійний контроль параметрів повітряного середовища. Реалізація таких заходів дозволяє суттєво скоротити надходження забруднювальних речовин в атмосферу безпосередньо в місцях їх утворення.

Отже, використання багатоступеневих систем очищення у поєднанні з сучасними технічними та організаційними рішеннями забезпечує ефективне зниження концентрації пилу і газоподібних забруднювачів у викидах пивоварного підприємства, що сприяє дотриманню екологічних нормативів та мінімізації негативного впливу виробництва на атмосферне повітря *(3, 15)*.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ НА ТОВ «ПИВОВАРНЯ ЗІБЕРТА»

3.1 Обґрунтування технології утилізації відходів пивоварного заводу

Пивна дробина є основним побічним продуктом пивоварного виробництва та займає найбільшу частку в загальному обсязі відходів, що утворюються на підприємстві. Значні обсяги її утворення в поєднанні з високою вологістю, підвищеною температурою після відокремлення від сусла та значним вмістом органічних речовин створюють сприятливі умови для інтенсивного розвитку мікроорганізмів. Унаслідок цього процеси псування розпочинаються вже через короткий проміжок часу після утворення дробини, що суттєво ускладнює її зберігання та подальше використання.

Одним із найпоширеніших напрямів утилізації пивної дробини є її використання як кормової сировини. Проте застосування дробини у свіжому вигляді не завжди дозволяє ефективно вирішити проблему поводження з цим видом відходів. Такий підхід потребує оперативної реалізації продукції, залежить від наявності споживачів у безпосередній близькості до підприємства та супроводжується додатковими витратами на транспортування. Крім того, через швидке мікробіологічне псування дробина може частково втрачати свої корисні властивості ще до моменту використання.

Ефективним способом підвищення стабільності даного виду відходів є їх сушіння. Зниження вологості до нормативного рівня дозволяє суттєво сповільнити або повністю припинити процеси мікробіологічного розкладання, збільшити термін зберігання матеріалу та розширити можливості його подальшого використання. У результаті сушіння пивна дробина переходить у більш стабільний фізичний стан, що значно полегшує її транспортування та

зберігання. Для отримання продукту з однорідними фізичними характеристиками після сушіння доцільним є проведення додаткового подрібнення. Така обробка сприяє вирівнюванню гранулометричного складу матеріалу, покращує його технологічні властивості та розширює сфери можливого використання як вторинної сировини.

Разом із тим процеси сушіння та подрібнення супроводжуються утворенням пилогазових викидів, що містять дрібнодисперсні частинки органічного походження. Для запобігання їх надходженню в атмосферне повітря необхідним є застосування ефективних систем газоочищення. Найбільш поширеним рішенням є використання двоступеневих схем сухого очищення, які поєднують циклони та рукавні фільтри. Такі установки забезпечують ефективне вилучення пилу з газового потоку та дозволяють досягти нормативних показників якості очищених викидів. Це дає можливість не лише зменшити негативний вплив виробництва на атмосферне повітря, а й забезпечити дотримання вимог екологічної безпеки під час утилізації пивної дробини.

Запропонована технологічна схема утилізації пивної дробини передбачає послідовне виконання кількох взаємопов’язаних операцій, а саме транспортування свіжоутвореної дробини, її сушіння, подрібнення та очищення газопилових потоків, що утворюються під час обробки матеріалу. Кожен із зазначених етапів виконує окрему функцію та забезпечує досягнення необхідних технологічних і екологічних показників процесу.

Реалізація такої схеми дозволяє перевести нестабільний органічний відхід із високим вмістом вологи у більш стійкий продукт із покращеними фізико-хімічними характеристиками. У результаті зниження вологості значно сповільнюються процеси мікробіологічного псування, збільшується термін зберігання матеріалу та спрощуються умови його транспортування. Подальше подрібнення забезпечує однорідність продукту та розширює можливості його використання як кормової або технологічної сировини.

Одночасне впровадження систем очищення повітря від пилу дозволяє мінімізувати негативний вплив процесу утилізації на атмосферне повітря та

забезпечити дотримання екологічних нормативів. Таким чином, запропонована технологічна схема сприяє не лише ефективному поводженню з відходами виробництва, а й підвищенню рівня ресурсоефективності та екологічної безпеки підприємства.

3.2 Принципова технологічна схема утилізації пивної дробини пивоварного заводу

Для реалізації обґрунтованої технології утилізації пивної дробини прийнято схему, що забезпечує її безперервну переробку з отриманням сухого стабільного продукту. Основна увага приділяється зниженню вологості, подрібненню матеріалу та очищенню газопилових викидів.

Нижче наведено принципову технологічну схему процесу утилізації пивної дробини.

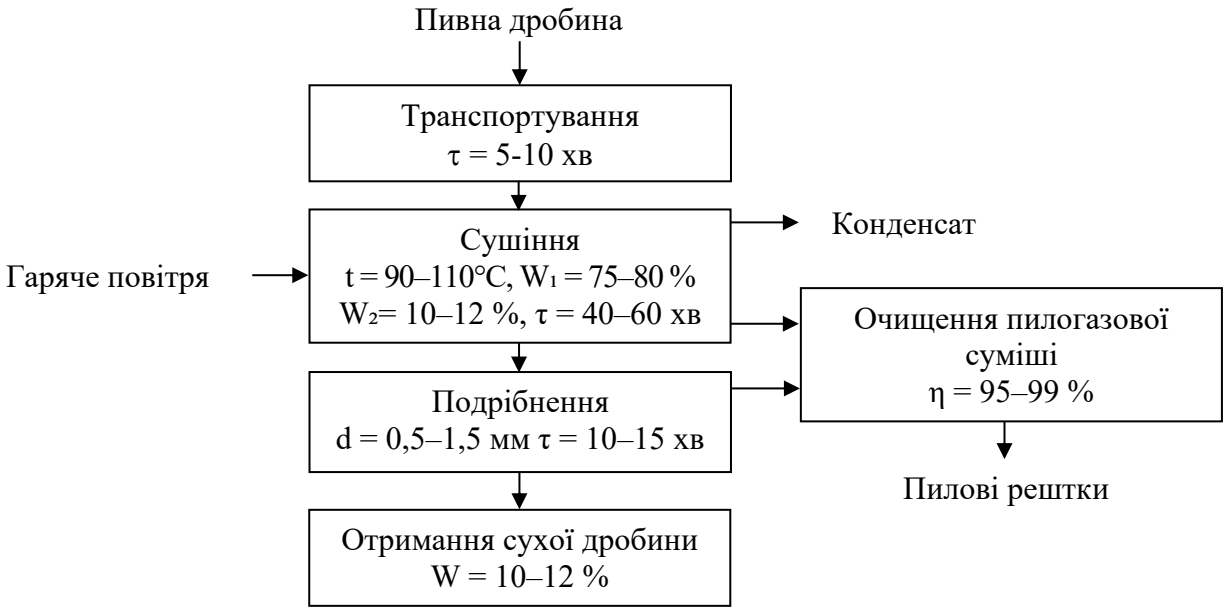

Рисунок 3.1 – Принципова технологічна схема утилізації пивної дробини

Першим етапом технологічної схеми є транспортування свіжої пивної дробини від місця її утворення до дільниці подальшої переробки. З огляду на високий вміст вологи та значну біологічну активність матеріалу, важливим

завданням на цій стадії є забезпечення безперервного переміщення дробини та недопущення її тривалого зберігання без обробки. Це дозволяє мінімізувати ризик розвитку мікроорганізмів і втрати цінних властивостей відходу.

Наступною технологічною операцією є сушіння пивної дробини. Саме цей етап має вирішальне значення для стабілізації матеріалу, оскільки забезпечує видалення надлишкової вологи та створює умови для тривалого зберігання продукту. У результаті зниження вологості суттєво сповільнюються процеси мікробіологічного розкладання, зменшується ризик самозігрівання та покращуються умови транспортування і використання отриманого матеріалу.

Після завершення сушіння дробина надходить на стадію подрібнення. Метою цієї операції є формування однорідного гранулометричного складу продукту, що підвищує його технологічну цінність та полегшує виконання подальших операцій, пов’язаних із транспортуванням, фасуванням, зберіганням або використанням у виробничих процесах.

Під час сушіння та механічного подрібнення утворюються пилогазові потоки, які містять дрібнодисперсні частинки органічного походження. Для запобігання їх надходженню в атмосферне повітря передбачають стадію очищення викидів. Застосування газоочисного обладнання дозволяє ефективно вилучати пил із повітряних потоків, знижувати концентрацію забруднювальних речовин у викидах та забезпечувати дотримання вимог природоохоронного законодавства.

Кінцевим результатом реалізації технологічної схеми є отримання сухої пивної дробини зі зниженою вологістю та покращеними технологічними властивостями. Такий продукт може використовуватися як кормова добавка у тваринництві, а також як вторинна сировина для різних напрямів промислової переробки, що сприяє більш раціональному використанню ресурсів і зменшенню обсягів відходів пивоварного виробництва.

3.3 Опис апаратурно-технологічної схеми утилізації пивної дробини пивоварного заводу

Пивна дробина, що утворюється у відділенні фільтрації, надходить на шнековий транспортер 1, призначений для безперервного переміщення матеріалу до наступної стадії технологічного процесу. Використання транспортера дозволяє забезпечити рівномірну подачу дробини та мінімізувати час її перебування без обробки.

Із транспортера 1 матеріал подається до барабанної сушарки 2, у якій здійснюється видалення надлишкової вологи. У процесі сушіння дробина контактує з нагрітим теплоносієм, що забезпечує інтенсивне випаровування вологи та зниження її вмісту до рівня, необхідного для подальшого зберігання й використання продукту. Саме на цій стадії відбувається основна стабілізація відходу та припинення активних мікробіологічних процесів.

Після завершення сушіння матеріал направляється до барабанного млина 3, де піддається механічному подрібненню. У результаті обробки формується продукт з більш однорідним гранулометричним складом, покращеними сипкими властивостями та підвищеною зручністю для транспортування, фасування і подальшого використання.

Процеси сушіння та подрібнення супроводжуються утворенням пилогазових викидів, які потребують очищення перед відведенням у навколишнє середовище. Для цього пилогазова суміш спочатку надходить до циклону 4, де під дією відцентрових сил із потоку видаляється основна маса пилових частинок. Циклон забезпечує ефективне уловлювання частинок середнього та великого розміру, зменшуючи навантаження на наступний ступінь очищення. Після циклону газовий потік спрямовується до рукавного фільтра 5, який забезпечує тонке очищення викидів. У рукавному фільтрі дрібнодисперсні частинки затримуються на поверхні фільтрувального матеріалу, що дозволяє досягти високого ступеня очищення повітря.

Після проходження фільтра очищений газовий потік відводиться в атмосферу, тоді як уловлений пил може повертатися до технологічного процесу або використовуватися разом із готовим продуктом.

Кінцевим продуктом запропонованої технологічної схеми є суха подрібнена пивна дробина, яка характеризується зниженою вологістю, стабільними фізичними властивостями та придатністю до тривалого зберігання. Отриманий продукт може використовуватися як кормова добавка, компонент комбікормів або вторинна сировина для інших виробничих потреб.

3.4 Матеріальний баланс пиловловлювальних апаратів

Матеріальний баланс побудовано для системи очищення пилогазової суміші, що утворюється під час сушіння та подрібнення пивної дробини. Після барабанного млина концентрація пилу зростає до 1200 мг/м³. У циклоні відокремлюється основна частина пилу – 960 мг/м³, після чого газовий потік із концентрацією 240 мг/м³ надходить у рукавний фільтр. На цій стадії додатково уловлюється 239,5 мг/м³ пилу, а в атмосферу викидається очищене повітря з концентрацією 0,5 мг/м³.

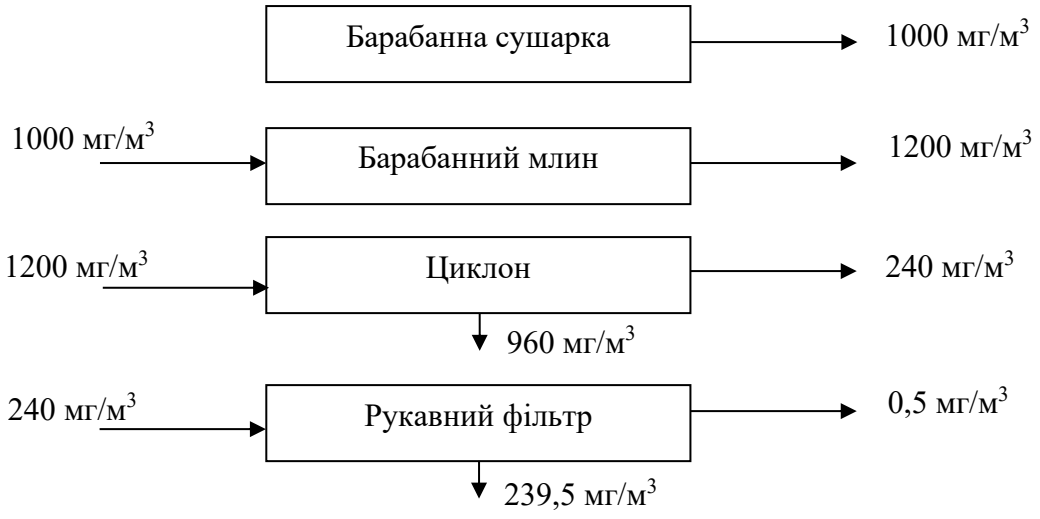

Рисунок 3.2 – Матеріальний баланс очищення пило газової суміші при утилізації пивної дробини

3.5 Обґрунтування вибору і розрахунок обладнання

3.5.1 Розрахунок шнекового транспортеру

Шнековий транспортер у прийнятій технологічній схемі призначений для безперервного переміщення свіжої пивної дробини від місця її утворення до барабанної сушарки. Оскільки дробина характеризується підвищеною вологістю та схильністю до злежування, для її транспортування доцільно застосувати горизонтальний шнековий транспортер закритого типу, який забезпечує рівномірну подачу матеріалу та зменшує втрати сировини під час переміщення.

Для розрахунку приймаємо продуктивність транспортера за сирою пивною дробиною.

$$G = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 1 \text{ т/год}$$

Насипна густина свіжої пивної дробини приймається: ρ = 650 кг/м^3

Коефіцієнт заповнення жолоба шнека для вологих сипких матеріалів приймаємо φ = 0,25

З урахуванням запасу продуктивності 15 % розрахункова продуктивність становить:

$$G_\text{р} = 1{,}15 \cdot G = 1{,}15 \cdot 1000 = 1150 \text{ кг/год}$$

Тоді необхідна об’ємна продуктивність шнека дорівнює:

$$Q_v = \frac{G_\text{р}}{\rho} \qquad (3.1)$$

$$Q_v = \frac{1150}{650} = 1{,}77 \text{ м}^3\text{/год}$$

Об’ємна продуктивність шнекового транспортера визначається по формулі:

$$Q_v = 47{,}1 \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \varphi \qquad (3.2)$$

де D – зовнішній діаметр шнека, м;

d – діаметр вала, м;

S – крок шнека, м;

n – частота обертання, хв$^{-1}$

φ – коефіцієнт заповнення.

Для стандартного шнека приймаємо співвідношення S = D; d = 0,3D.

Частоту обертання для вологого матеріалу попередньо приймаємо n = 50 об/хв

Тоді:

$$1{,}77 = 47{,}1 \cdot (D^2 - 0{,}09D^2)D \cdot 50 \cdot 0{,}25$$

Звідси:

$$D = \sqrt[3]{\frac{1{,}77}{535{,}76}} = 0{,}149 \text{ м}$$

Отримане значення округлюємо до стандартного: D = 0,16 м.

Тоді діаметр вала становитиме:

$$d = 0{,}3 \cdot 0{,}16 = 0{,}048 \text{ м}$$

Приймаємо d = 0,05 м.

Крок шнека

$$S = D = 0{,}16 \text{ м}$$

Перераховуємо фактичну продуктивність:

$$Q_v = 47{,}1 \cdot (0{,}16^2 - 0{,}05^2) \cdot 0{,}16 \cdot 45 \cdot 0{,}25 = 1{,}96 \text{ м}^3/\text{год}$$

Масова продуктивність транспортера

$$G_\text{ф} = Q_v \cdot \rho \qquad (3.3)$$

$$G_\text{ф} = 1{,}96 \cdot 650 = 1274 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 1{,}27 \text{ т/год}$$

що перевищує розрахункову потребу 1,15 т/год, а тому вибраний шнековий транспортер забезпечує надійну подачу свіжої пивної дробини до барабанної сушарки.

Лінійну швидкість переміщення матеріалу визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{60} \qquad (3.4)$$

$$v = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}16 \cdot 45}{60} = 0{,}38 \text{ м/с}$$

Одержане значення відповідає допустимим режимам роботи шнекових транспортерів для вологих і важких матеріалів, тому обрані параметри можна вважати прийнятними.

Таким чином, для транспортування свіжої пивної дробини до барабанної сушарки доцільно прийняти шнековий транспортер із діаметром шнека 160 мм, діаметром вала 50 мм, кроком шнека 160 мм і частотою обертання 45 $хв^{-1}$. Обране обладнання забезпечує потрібну продуктивність процесу та може бути використане в складі природоохоронної технології утилізації пивної дробини.

3.5.2 Розрахунок барабанної сушарки

Барабанна сушарка в запропонованій технологічній схемі виконує функцію термічного зневоднення пивної дробини та є одним із ключових елементів процесу її утилізації. Основним завданням сушарки є зниження вологості матеріалу до рівня, який забезпечує стабільність продукту під час зберігання, транспортування та подальшої переробки.

Необхідність проведення сушіння зумовлена фізико-хімічними властивостями свіжої пивної дробини. Безпосередньо після відокремлення від сусла вона характеризується високим вмістом вологи та значною біологічною активністю. За таких умов у матеріалі інтенсивно розвиваються мікроорганізми, відбуваються процеси бродіння і розкладання органічних речовин, що призводить до швидкої втрати його споживчих та технологічних властивостей.

Проведення сушіння дозволяє істотно зменшити вміст вологи, пригальмувати або повністю припинити небажані мікробіологічні процеси та перевести відхід у більш стабільний стан. Крім того, зниження вологості сприяє зменшенню маси матеріалу, покращує умови його транспортування та створює необхідні передумови для ефективного подальшого подрібнення.

Таким чином, барабанна сушарка є основним технологічним апаратом у системі утилізації пивної дробини, оскільки саме на стадії сушіння

забезпечується стабілізація відходу та підготовка його до подальшого використання як вторинної сировини.

Для розрахунку приймаємо продуктивність за сирою пивною дробиною: G_1 = 1000 кг/год

Початкова вологість свіжої пивної дробини: W_1 = 78%

Кінцева вологість висушеного продукту: W_2 = 10%

Спочатку визначаємо масу абсолютно сухої речовини у висушеному матеріалі за формулою:

$$G_{\text{с.р.}} = G_1 \cdot \left(1 - \frac{W_1}{100}\right) \quad (3.5)$$

$$G_{\text{с.р.}} = 1000 \cdot \left(1 - \frac{78}{100}\right) = 220 \text{ кг/год}$$

Масу висушеної дробини визначаємо за умови сталості сухої речовини:

$$G_2 = \frac{G_{\text{с.р.}}}{1 - \frac{W_2}{100}} \quad (3.6)$$

$$G_2 = \frac{220}{1 - \frac{10}{100}} = 244{,}4 \text{ кг/год}$$

Тоді, кількість вологи, яку необхідно видалити в сушарці становить:

$$W = G_1 - G_2 \quad (3.7)$$

$$W = 1000 - 244{,}4 = 755{,}6 \text{ кг/год}$$

Для підбору сушарки використовують питоме випаровування вологи з 1 м^3 об’єму барабана. Для вологих органічних матеріалів приймаємо:

$$q_v = 25 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{год)}$$

Необхідний об’єм барабана:

$$V = \frac{W}{q_v} \quad (3.8)$$

$$V = \frac{755{,}6}{25} = 30{,}22 \text{ м}^3$$

Для барабанних сушарок приймаємо співвідношення:

$$L = (4 \div 6)D \quad (3.9)$$

Приймаємо L = 5D, Тоді

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot 5D = 1{,}25\pi D^3 \quad (3.10)$$

$$30{,}22 = 1{,}25\pi D^3$$

Звідси

$$D = 1{,}97 \text{ м}$$

Приймаємо стандартне значення D = 2 м, тоді довжина барабана:

$$L = 5D = 10 \text{ м}$$

Перевірка об’єму:

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 2^2}{4} \cdot 10 = 31{,}4 \text{ м}^3$$

Отриманий об’єм перевищує розрахунковий, що забезпечує необхідну продуктивність.

Частота обертання барабана n = 4÷8 хв$^{-1}$, приймаємо n = 6 хв$^{-1}$.

Кут нахилу барабана α = 3°

Для контролю режиму руху матеріалу визначаємо периферійну швидкість:

$$v = \frac{\pi D n}{60} \qquad (3.11)$$

$$v = \frac{3{,}14 \cdot 2 \cdot 6}{60} = 0{,}63 \text{ м/с}$$

Отримані параметри відповідають допустимим режимам роботи барабанних сушарок для вологих матеріалів.

Для реалізації процесу приймається барабанна сушарка діаметром 2,0 м, довжиною 10 м, з частотою обертання 6 хв$^{-1}$, що забезпечує необхідну продуктивність та ефективне зниження вологості пивної дробини.

3.5.3 Розрахунок барабанного млина

Барабанний млин, передбачений у технологічній схемі утилізації пивної дробини, використовується для механічного подрібнення матеріалу після завершення процесу сушіння. Основним призначенням обладнання є зменшення розмірів частинок та отримання продукту з однорідним гранулометричним складом, що покращує його сипкість, полегшує транспортування та забезпечує зручність подальшого використання або зберігання.

Вибір барабанного млина здійснюється з урахуванням необхідної продуктивності установки, фізичних властивостей матеріалу, а також основних геометричних і конструктивних параметрів обладнання. До найважливіших характеристик належать продуктивність, діаметр і довжина барабана, частота його обертання, ступінь заповнення робочого об’єму та енергоспоживання.

Розрахункова продуктивність млина визначається кількістю висушеної пивної дробини, яка надходить із сушильної установки на стадію подрібнення. Оскільки барабанний млин працює з уже висушеним матеріалом, вихідною величиною для подальших розрахунків є маса сухого продукту, отримана на попередньому етапі технологічного процесу. Згідно з результатами розрахунків сушильної установки, маса висушеної пивної дробини становить:

$$G = 244{,}4 \text{ кг/год}$$

Для барабанних млинів, що працюють з легкими органічними матеріалами, орієнтовну продуктивність можна визначити за формулою:

$$Q = q_0 \cdot V \qquad (3.12)$$

де

Q – продуктивність млина, кг/год;

q_v – питома продуктивність на 1 м^3 робочого об’єму барабана, кг/(м^3·год);

V – робочий об’єм барабана, м^3

Для подрібнення сухої пивної дробини приймаємо питому продуктивність

$$q_v = 150 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{год)}$$

Тоді необхідний робочий об’єм барабана становить:

$$V = \frac{Q}{q_v} \qquad (3.13)$$

Для барабанних млинів зазвичай приймають співвідношення довжини до діаметра L = (1,5÷2,5)D, приймаємо L = 2D. Тоді:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot 2D = \frac{\pi}{2} D^3 \qquad (3.14)$$

Підставляємо знайдене значення об’єму та отримуємо:

$$1{,}63 = \frac{3{,}14}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{1{,}63}{1{,}57}} = 1{,}01 \text{ м}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра барабана D = 1,0 м, тоді

$$L = 2D = 2{,}0 \text{ м}$$

Перевіряємо фактичний об'єм прийнятого барабана:

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 1^2}{4} \cdot 2 = 1{,}57 \text{ м}^3$$

Отриманий об'єм дуже близький до розрахункового, тому прийняті розміри млина можна вважати достатніми.

Наступним етапом є визначення частоти обертання барабана. Критичну частоту обертання визначають за формулою:

$$n_{\text{кр}} = \frac{42{,}3}{\sqrt{D}} \qquad (3.15)$$

де D – діаметр барабана

$$n_{\text{кр}} = \frac{42{,}3}{\sqrt{1}} = 42{,}3 \text{ об/хв}$$

Робоча частота обертання барабанного млина становить 65-75 % від критичної. Приймаємо

$$n = 0{,}7 \cdot n_{\text{кр}} = 0{,}7 \cdot \ 42{,}3 = 29{,}6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо n = 30 об/хв

Для перевірки визначаємо периферійну швидкість барабана:

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 1 \cdot 30}{60} = 1{,}57 \text{ м/с}$$

Одержане значення відповідає нормальному режиму роботи млина без надмірного ударного навантаження.

3.5.4. Показники, які характеризують роботу очисного устаткування

Глибина очищення газопилового викиду від виробництва борошна із пивної дробини, частки одиниці: *(15)*

$$\eta = \frac{C_{вхід} - C_{вихід}}{C_{вхід}}, \qquad (3.16)$$

де $C_{вхід}$ і $C_{вихід}$ – концентрації пилу у початковому і очищеному газопиловому викиді, мг/м^3.

Глибина очищення газопилового викиду ТОВ «Пивоварня Зіберта» у циклоні, частка одиниці:

$$\eta = \frac{1200 - 240}{1200} = 0{,}80.$$

Глибина очищення газопилового викиду ТОВ «Пивоварня Зіберта» у рукавному фільтрі, частка одиниці:

$$\eta = \frac{240 - 0{,}5}{240} = 0{,}998.$$

Коефіцієнт проскакування К:

$$К = 1 - \eta . \qquad (3.17)$$

Коефіцієнт проскакування пилових частинок в циклоні:

$$К_{цикл} = 1 - 0{,}8 = 0{,}2.$$

Коефіцієнт проскакування пилових частинок у рукавному фільтрі:

$$К_{цикл} = 1 - 0{,}998 = 0{,}002.$$

3.5.5 Розрахунок циклона

Діаметр пропонованого циклона D, м:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot \omega_{опт}}}, \qquad (3.18)$$

де Q – об'єм газопилового викиду зі стадії сушіння пивної дробини, м^3/с;

$w_{опт}$ – оптимальна швидкість газопилового викиду у циклоні СК –ЦН –34, м/с.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{0{,}24}{3{,}14 \cdot 2{,}0}} = 0{,}39098м.$$

Розраховане значення діаметру циклона СК –ЦН –34 округлюємо до стандартного. Тому діаметр циклона СК– ЦН– 34 вибираємо рівним 0,400 м або 400 мм.

Тепер вираховуємо дійсну швидкість руху запиленого потоку у циклоні w, м/с:

$$\omega = \frac{4 \cdot Q}{3{,}14 \cdot n \cdot D^2}, \tag{3.19}$$

де n – кількість вибраних циклонів.

$$\omega = \frac{4 \cdot 0{,}24}{3{,}14 \cdot 1 \cdot 0{,}4^2}. = 1{,}9108 м/с.$$

Дійсна швидкість відрізняється від оптимальної швидкості на 4,46 %, що не є більшим за допустимі у розрахунку 15 %.

Коефіцієнт гідравлічного опору ξ:

$$\xi = k_1 \cdot k_2 \cdot \xi_{500} + k_3, \tag{3.20}$$

де k_1 – поправочний коефіцієнт на діаметр обраного циклона;

k_2 – поправочний коефіцієнт на запиленість викиду;

ξ_{500} –коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона з діаметром 500 мм;

k_3 – поправочний коефіцієнт впливу групової компоновки циклонів (обраний 1 циклон, тому k_3 рівне 0).

$$\xi = 1 \cdot 0{,}99 \cdot 1050 + 0 = 1039{,}50.$$

Гідравлічний опір Δр, Па:

$$\Delta P = \frac{\zeta \cdot \rho_{газ} \cdot \omega^2}{2}, \tag{3.21}$$

де $\rho_{газ}$ – густина пилового викиду, кг/м^3.

$$\Delta P = \frac{1039{,}50 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}9108^2}{2} = 2277{,}23 Па.$$

Густина газопилового викиду при робочих умовах $\rho_п$, кг/м^3:

$$\rho_п = \frac{\rho_о \cdot 273 \cdot (P_б + P_{цикл})}{(273 + T) \cdot P_б}, \quad (3.22)$$

де $\rho_о$ – густина повітря при температурі 0 °С й тиску 101,10 кПа, кг/м^3;

$Р_б$ – барометричний тиск, Па;

$Р_{цикл}$ – тиск у циклоні, Па;

Т – температура газопилового викиду, °С.

$$\rho_п = \frac{1{,}2930 \cdot 273 \cdot (101{,}10 \cdot 10^3 + 60)}{(273 + 30) \cdot 101{,}10 \cdot 10^3} = 1{,}1660 кг/м^3.$$

Розмір частинок, які вловлені обраним циклоном при робочих умовах із ефективністю 50 %, мкм, рахують за формулою:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D \cdot \rho_{п.тип} \cdot \mu \cdot \varpi_{тип}}{D_{тип} \cdot \rho \cdot \mu_{тип} \cdot \omega}}, \quad (3.23)$$

де $D_{тип}$, $\rho_{п.тип}$, $\mu_{тип}$, $w_{тип}$ – величини, відповідні умовам роботи типового циклона;

D, ρ, μ, w – величини, відповідні фактичним умовам роботи обраного циклона;

μ – динамічна в’язкість ГПВ, Па·с;

ρ – густина пилу борошна із пивної дробини, кг/м^3.

$$d_{50} = 1{,}950 \cdot \sqrt{\frac{0{,}40 \cdot 1930 \cdot 29{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}50}{0{,}60 \cdot 1100 \cdot 22{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}90108}} = 3{,}680 мкм.$$

Розраховуємо середньоквадратичне відхилення функції розподілу частинок пилу відповідно розмірів:

$$\lg \sigma_{пил} = \lg \frac{d_m}{d_{50}}, \quad (3.24)$$

де d_m –середньомедіанний розмір пилових частинок.

$$lg\,\sigma_{пил} = lg\frac{3{,}680}{3{,}680} = 0{,}00387.$$

Параметр *x* для функції Ф(*x*):

$$x = \frac{\lg\frac{d_{50}}{d_{50}^{T}}}{\sqrt{\lg^2\sigma_\eta + \lg^2\sigma_{пил}}}, \qquad (3.25)$$

де d_{50} – розмір частинок пилу, вловлених циклоном за робочих умов із ефективністю 50 %, мкм;

d^T_{50} – розмір частинок пилу, вловлюваних типовим циклоном із ефективністю 50 %, мкм;

$\lg\sigma_\eta$ – середньоквадратичне відхилення функції розподілу уловлення пилових частинок;

$\lg\sigma_{пил}$ – середньоквадратичне відхилення функції розподілу пилових частинок за розмірами.

$$x = \frac{lg\frac{3{,}620}{1{,}950}}{\sqrt{0{,}308^2 + 0{,}003871^2}} = 0{,}8658.$$

Ефективність очищення газопилового викиду зі стадії сушіння пивної дробини у циклоні СК– ЦН– 34, %:

$$\eta = 50\cdot(1+\Phi(x)), \qquad (3.26)$$

де Ф(х) – таблична функція, залежна від параметру *x*.

Ф(*x*) для отриманого значення параметра *x* рівна 0,8106. Тоді:

$$\eta = 50\cdot(1+0{,}8658) = 85{,}5\%.$$

Обраний циклон СК– ЦН– 34– 400 забезпечує глибину очищення газопилового викиду зі стадії сушіння пивної дробини 85,5 %, що вище необхідної ефективності очищення (80 %), тому циклон розраховано правильно.

3.5.6. Розрахунок рукавного фільтра

Після циклону газопиловий потік надходить до рукавного фільтра, який забезпечує доведення концентрації пилу до нормативної величини:

$$C_{вих} = 0{,}5 \text{ мг/м}^3$$

Ефективність очищення визначається за формулою:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \quad (3.27)$$

$$\eta_п = \frac{240 - 0{,}5}{240} = 0{,}998$$

$$К = 1 - \eta_б = 1 - 0{,}998 = 0{,}002$$

Питоме газове навантаження:

$$W_ф = 3{,}5 \cdot 0{,}935 \cdot 0{,}83 = 2{,}176 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$$

Для рукавів зі скловолокна, що генерують зі зворотнім продуванням

$$W'_ф = 0{,}65 \cdot 2{,}176 = 1{,}414 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$$

Площа секції, що вимикається на регенерацію:

$$S_р = 10 \text{ м}^2$$

Витрата повітря на продування:

$$q_{пр} = 15{,}6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Загальна площа фільтрації:

$$S_ф = \frac{q_{оч} + q_{пр}}{60 \cdot W'_ф} + S_р \quad (3.28)$$

$$S_ф = \frac{3258 + 15{,}6}{60 \cdot 1{,}766} + 10 = 40{,}9 \text{ м}^2$$

Приймаємо 36 рукавів діаметром d = 0,16 м та довжиною l = 2,35 м. Площа одного рукава:

$$S_1 = \pi dl \quad (3.29)$$

$$S_1 = 3{,}14 \cdot 0{,}16 \cdot 2{,}35 = 1{,}18 \text{ м}^2$$

Загальна площа 36 рукавів

$$S = 36 \cdot 1{,}18 = 42{,}48 \text{ м}^2$$

Отримане значення практично дорівнює розрахунковому, тому прийнятий рукавний фільтр підходить.

Основні розміри рукавного фільтра

Приймаємо:

кількість рукавів –36 шт.

діаметр рукава – 0,16 м

довжина рукава – 2,35 м

загальна площа фільтрації – 42,48 м²

Орієнтовні габарити корпусу фільтра:

довжина – 1,25 м

ширина – 1,15 м

висота – 2,95 м

3.5.7 Розрахунок ГДВ

Розраховують фактор f, м / (с^2· °С):

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0{}^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \qquad (3.30)$$

де w_0 –швидкість виходу ГПВ із гирла викиду, м/с;

D – діаметр гирла газопилового викиду, м;

H – висота джерела ГПВ над землею, м;

ΔT – різниця температур ГПВ і навколишнього середовища, °С.

$$f = \frac{10^3 \cdot 6^2 \cdot 0{,}820}{12 \cdot 12 \cdot 6} = 33{,}780 \frac{м}{с^2 \cdot \ ^\circ C}.$$

Розрахований фактор f менше за 100, тому ГПВ є нагрітим.

Коефіцієнт m визначають за формулою:

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1 \cdot \sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}}, \qquad (3.31)$$

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1 \cdot \sqrt{33{,}780} + 0{,}34\sqrt[3]{33{,}780}} = 0{,}435.$$

Параметр $V_м$ визначають за формулою:

$$V_м = 0{,}65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V_1}{H}}. \qquad (3.32)$$

$$V_м = 0{,}65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0{,}428}{12}} = 0{,}383.$$

Параметр $V_м$ рівний 0,383 ($0{,}3 < V_м \leq 2$), тому коефіцієнт n визначають за формулою:

$$n = 3 - \sqrt{(V_м + 0{,}3)(4{,}36 - V_м)}. \qquad (3.33)$$

$$n = 3 - \sqrt{(0{,}383 + 0{,}3)(4{,}36 - 0{,}383)} = 1{,}352.$$

Для ГПВ із одиночного джерела викиду з круглим отвором визначаємо норматив ГДВ, г/с:

$$ГДВ = \frac{(ГДК_{м.р.} - C_ф) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{\Delta T \cdot V_1}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \qquad (3.34)$$

де ГДК $_{м.р.}$ – максимальна разова гранично допустима концентрація для пилу, мг/м^3;

$C_ф$ – фонова концентрація пилу, мг/м^3;

V_1 – витрати ГПВ, м^3/с;

A – коефіцієнт температурної стратифікації;

F – коефіцієнт, який враховує швидкість осідання пилу;

m і n – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виходу ГПВ із гирла джерела;

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу.

$$ГДВ = \frac{(0{,}5 - 0{,}15) \cdot 12 \cdot 12 \cdot \sqrt[3]{6 \cdot 0{,}428}}{180 \cdot 2 \cdot 0{,}435 \cdot 1{,}352 \cdot 1} = 0{,}3443 г/с.$$

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок капітальних витрат для реалізації природоохоронного проєкту

Запропонована технологія утилізації пивної дробини та очищення пилогазових викидів, що утворюються під час її переробки, сприятиме зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє природне середовище. Реалізація проєкту дозволить скоротити обсяги відходів, які потребують утилізації або видалення, знизити рівень забруднення атмосферного повітря пиловими викидами та забезпечити більш раціональне використання вторинних матеріальних ресурсів. Крім екологічного ефекту, впровадження запропонованих заходів матиме й соціальне значення, оскільки сприятиме покращенню умов праці персоналу, підвищенню рівня екологічної безпеки виробництва та зменшенню ризиків негативного впливу на населення прилеглих територій.

Водночас оцінка ефективності природоохоронних заходів не може обмежуватися лише екологічними показниками. Важливим етапом обґрунтування проєкту є визначення його економічної доцільності та розрахунок основних техніко-економічних показників. Такий аналіз дозволяє оцінити обсяги необхідних капіталовкладень, експлуатаційні витрати, можливі доходи від реалізації отриманої продукції, а також визначити економічний ефект від впровадження запропонованої технології.

До основних економічних показників природоохоронного проєкту належать капітальні витрати на придбання та монтаж обладнання, річні експлуатаційні витрати, витрати на енергоресурси, обслуговування та ремонт устаткування, а

також можливий прибуток від реалізації висушеної пивної дробини як вторинної сировини. На підставі цих даних можуть бути визначені показники економічної ефективності проєкту, зокрема річний економічний ефект, термін окупності капітальних вкладень та рівень рентабельності впроваджених природоохоронних заходів.

Отже, для комплексної оцінки запропонованої технології необхідно виконати розрахунок її основних економічних показників, що дозволить обґрунтувати доцільність впровадження природоохоронного проєкту як з екологічної, так і з економічної точки зору.

До капітальних витрат К для реалізації цього природоохоронного проєкту входять такі складові, гривні:

$$K = У + Т + М + І \qquad (4.1)$$

де *У* – це вартість нового обладнання для утилізації пивної дробини та очищення викидів, грн.;

М – витрати для монтажу нового устаткування, грн.;

Т – витрати для транспортування природоохоронного обладнання, грн.;

І – вартість інших неврахованих витрат, а саме, для проведення комунікацій, трубопроводів, благоустрій території підприємства «Пивоварня Зіберта» та інше, грн.

Вихідні дані для визначення капітальних витрат для реалізації цього природоохоронного проєкту наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість обладнання для реалізації пропонованого природоохоронного проєкту

Обладнання	Кількість, штуки	Вартість, гривні	
		одного апарату	усього обладнання
1	2	3	4
Шнековий транспортер	1	23 000	23 000

Закінчення таблиці 4.1

1	2	3	4
Барабанна сушарка	1	50 000	50 000
Барабанний млин	1	45 000	45 000
Циклон	1	28 000	28 000
Рукавний фільтр	1	40 000	40 000
Насос	2	8 500	17 000
Установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини	1	30 000	30 000
Всього:	8		233 000

Витрати для транспортування обраного обладнання складатимуть 1 % від вартості:

$$Т = У \times 0,01. \quad (4.2)$$

Шнековий транспортер:

Т = 23000·0,01 = 230 грн.

Барабанна сушарка:

Т = 50000·0,01 = 500 грн.

Барабанний млин:

Т = 45000·0,01 = 450 грн.

Циклон:

Т = 28000·0,01 = 280 грн.

Рукавний фільтр:

Т = 40000·0,01 = 400 грн.

Насоси:

Т = 17000·0,01 = 170 грн.

Установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини:

Т = 30000·0,01 = 300 грн.

Витрати для монтажу нового устаткування рахують як 8 % від вартості:

$$М = У \times 0,08. \quad (4.3)$$

Шнековий транспортер:

Т = 23000·0,08 = 1840 грн.

Барабанна сушарка:

Т = 50000·0,08 = 4000 грн.

Барабанний млин:

Т = 45000·0,08 = 3600 грн.

Циклон:

Т = 28000·0,08 = 2240 грн.

Рукавний фільтр:

Т = 40000·0,08 = 3200 грн.

Насоси:

Т = 17000·0,08 = 1360 грн.

Установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини:

Т = 30000·0,08 = 2400 грн.

Вартість інших неврахованих витрат рахують як 15 % від вартості апаратів:

$$І = У \times 0,15. \quad (4.4)$$

Шнековий транспортер:

Т = 23000·0,15 = 3450 грн.

Барабанна сушарка:

Т = 50000·0,15 = 7500 грн.

Барабанний млин:

Т = 45000·0,15 = 6750 грн.

Циклон:

Т = 28000·0,15 = 4200 грн.

Рукавний фільтр:

Т = 40000·0,15 = 6000 грн.

Насоси:

Т = 17000·0,15 = 2550 грн.

Установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини:

Т = 30000·0,15 = 4500 грн.

Капітальні витрати для шнекового транспортера:

К=23000+230+1840+3450=28520 грн.

Капітальні витрати для барабанної сушарки:

К=50000+500+4000+7500=62000 грн.

Капітальні витрати для барабанного млина:

К=45000+450+3600+6750=55800 грн.

Капітальні витрати для циклону:

К = 28000 + 280 + 2240 + 4200 = 34720 грн.

Капітальні витрати для рукавного фільтра:

К = 40000 + 400 + 3200 + 6000 = 49600 грн.

Капітальні витрати для насосів:

К = 17000 + 170 + 1360 + 2550 = 21080 грн.

Капітальні витрати для установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини:

К = 30000 + 300 + 2400 + 4500 = 37200 грн.

Загальні капітальні витрати на природоохоронні заходи на ТОВ «Пивоварня Зіберта» становитимуть:

$К_{загал}$ = 28520 + 62000 + 55800 + 34720 + 49600 + 21080 + 37200 = 288920 грн.

4.2 Розрахунок зміни поточних витрат

Під час оцінювання економічної ефективності запропонованої технології утилізації пивної дробини та очищення пилогазових викидів необхідно

враховувати зміну поточних експлуатаційних витрат, пов’язаних із функціонуванням нового природоохоронного обладнання. До складу таких витрат належать витрати на споживання електричної енергії, технічне обслуговування та експлуатацію сушильно-подрібнювального обладнання, циклону і рукавного фільтра, а також інші витрати, безпосередньо пов’язані з роботою технологічної системи.

Особливістю запропонованого проєкту є те, що на підприємстві вже функціонує структурний підрозділ, відповідальний за охорону праці та експлуатацію природоохоронного обладнання. Працівники цього підрозділу мають необхідну кваліфікацію для обслуговування додаткових природоохоронних установок, тому впровадження нової технології не потребує створення додаткових робочих місць або збільшення чисельності персоналу. Відсутність додаткових витрат на оплату праці позитивно впливає на загальні економічні показники проєкту та сприяє скороченню терміну його окупності.

Витрати на утримання та експлуатацію природоохоронного обладнання приймаються у відсотковому співвідношенні до величини капітальних вкладень. Відповідно до прийнятих розрахункових умов, їх величина становить 15 % від загального обсягу капітальних витрат на придбання та монтаж обладнання:

$$У_о = 288920 \cdot 0,15 = 43338 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію рахують за формулою:

$$В_н = V \cdot Ц_н, \qquad (4.5)$$

де V – витрати електроенергії для забезпечення роботи пропонованих природоохоронних апаратів на рік, кВт·год/рік;

$Ц_н$ – ціна 1 кВт ·год електричної енергії, грн /кВт·год.*(16)*

Шнековий транспортер:

$В_ц = 80300 \cdot 7,42 = 595824$ грн.

Барабанна сушарка:

$В_ц = 99500 \cdot 7,42 = 738290$ грн.

Барабанний млин:

$В_ц = 17500 \cdot 7,42 = 129850$ грн.

Циклон:

$В_ц = 82800 \cdot 7,42 = 614376$ грн.

Рукавний фільтр:

$В_{рф} = 89400 \cdot 7,42 = 663348$ грн.

Насоси:

$В_н = 15000 \cdot 7,42 = 111300$ грн.

Установка для фасування та пакування борошна із пивної дробини:

$В_{пак} = 7300 \cdot 7,42 = 54166$ грн.

Загальна сума річних витрат на електричну енергію:

$$В_{е/е} = 595824 + 738290 + 129850 + 614376 + 663348 + 111300 + 54166 = 2907154 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат для утримання та експлуатації апаратів для утилізації пивної дробини і пиловловлювального обладнання (поточні витрати) показні у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Зміна поточних витрат від впровадження природоохоронного проєкту на ТОВ «Пивоварня Зіберта»

Поточні витрати	Сума поточних витрат, гривні
Витрати на електроенергію	2 907 154
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання для утилізації пивної дробини і пиловловлювального устаткування	43 338
Усього	2 950 492

4.3 Розрахунок екологічного податку за розміщення відходів та викиди полютантів в атмосферне повітря

Суму податку $П_{рв}$, який сплачують за розміщення відходів, визначаємо за формулою *(17):*

$$П_{рв} = \sum_{i=0}^{n}(M_i \times H_{пі} \times К_Т \times К_0) \qquad (4.6)$$

де $М_i$ – обсяги і-тої кількості відходів, тонни;

$Н_{пі}$ – ставки податку у поточному році за 1 тонну і-того типу відходів, грн (5,5 гривень за тонну відходів IV класу небезпеки); *(17)*

$К_Т$ – коригувальний коефіцієнт, що враховує місце розміщення даних відходів. Коефіцієнт вибираємо рівним 3, тоді, коли місце розміщення відходів – у межах населеного пункту чи на відстані, не менше 3 км, коефіцієнт рівний 1 – в усіх інших випадках.

$К_о$ – коригувальний коефіцієнт, що дорівнює 3, його використовують при розміщенні відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів. На підприємстві за рік утворюється 2400 тон мокрої дробини.

$$П_{рв} = 2400 \cdot 5{,}5 \cdot 3 \cdot 3 = 118800 \text{ гривень.}$$

Суми податку $П_{вс}$, що справляють за викиди полютантів в атмосферне повітря, визначаємо за формулою:

$$П_{вс} = \sum_{i=0}^{n}(M_{лі} \times H_{пі}), \qquad (4.7)$$

де $Н_{пі}$ – ставки екологічного податку у поточному році за 1 тонну і-того виду полютанта, гривні;

$М_і$ – обсяги викиду і-того типу полютанта, тонни.

Кількість пилу, який утворюється при реалізації технології отримання борошна із пивної дробини, становить 1,4 т/рік.

Ставка податку за викиди твердих речовин становить 96,99 гривень за 1 тонну.

$$П_{вс} = 1,4 \cdot 96,99 = 135,786 \text{ гривень}$$

4.4 Розрахунок річного прибутку від реалізації борошна із пивної дробини та уловленого пилу

У межах природоохоронного проєкту запропоновано технологію комплексної переробки пивної дробини з одержанням борошна, яке може використовуватися як добавка при виробництві хлібобулочних виробів дієтичного та функціонального призначення. Використання борошна з пивної дробини дозволяє підвищити харчову цінність готової продукції, збагатити її харчовими волокнами, білковими речовинами та біологічно активними компонентами, а також покращити окремі технологічні показники процесу хлібопечення.

Запропонована технологія не лише вирішує проблему утилізації одного з основних відходів пивоварного виробництва, а й забезпечує отримання товарної продукції, що має ринкову вартість. За розрахунковими даними, річний обсяг виробництва борошна з пивної дробини може становити близько 530 т, яке можна реалізувати за 6000 грн/т.

У процесі сушіння, подрібнення та фасування борошна утворюються пилогазові потоки, які містять дрібнодисперсні частинки органічного походження. Для запобігання забрудненню атмосферного повітря та забезпечення відповідності природоохоронним вимогам у проєкті передбачено застосування двоступеневої системи сухого очищення викидів, що включає циклон і рукавний фільтр.

На першій стадії очищення використовується циклон, призначений для вилучення основної маси пилу, який утворюється під час сушіння пивної дробини. Вловлені частинки не видаляються як відходи, а повертаються до технологічного

процесу та спрямовуються на стадію подрібнення, що дозволяє зменшити втрати цінної сировини.

Додаткове очищення пилогазового потоку здійснюється у рукавному фільтрі, який забезпечує ефективне уловлювання дрібнодисперсного пилу, що утворюється під час подрібнення дробини та фасування готового борошна. Пил, затриманий фільтрувальними елементами, також повертається у виробництво та додається до готової продукції. Такий підхід дозволяє практично повністю використовувати вихідну сировину, мінімізувати утворення вторинних відходів і одночасно забезпечити високий ступінь очищення газових викидів.

Кількість пилу, який утворюється при реалізації технології отримання борошна із пивної дробини, становить 1,4 т/рік.

Від реалізації борошна із пивної дробини річний прибуток визначаємо так:

$$РП_{борош} = 531{,}14 \times 6000 = 3\ 188\ 400 \text{ гривень}$$

4.5 Розрахунок показників економічної ефективності природоохоронної технології

Річний приріст прибутку визначаємо так:

$$\Delta П = Е_{шт} + РП_{борош} - В, \qquad (4.8)$$

де $РП_{борош}$ – виручка від реалізації борошна, виготовленого із пивної дробини, грн.;

В – поточні витрати на природоохоронний проєкт, грн;

$Е_{шт}$ – економія на податку, грн.

$$\Delta П = 118800 + 135{,}786 + 3180840 - 2950492 = 349283{,}786 \text{ гривень}$$

Величина чистого прибутку:

$$\Delta ЧП = \Delta П - \Delta П \cdot 0{,}18, \qquad (4.9)$$

$$\Delta ЧП = 349283{,}786 - 349283{,}786 \cdot 0{,}18 = 286412{,}706 \text{ гривень.}$$

Термін окупності капітальних витрат визначаємо так:

$$T = \frac{К}{\Delta ЧП} \quad (4.10)$$

$$T = 288920/286412{,}706 = 1{,}01 \text{ року}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат:

$$E = \frac{\Delta ЧП}{К} \quad (4.11)$$

$$E = 286412{,}706 / 288920 = 0{,}99 \text{ грн./грн.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності запропонованого екологічного проєкту наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Показники економічної ефективності екологічного проекту

Показники	Одиниці виміру	Значення показника
Кількість відходів за рік -мокрої дробини -сухої дробини	т	 2400 530
Кількість утвореного пилу за рік	т	1,4
Капітальні витрати	грн.	288 920
Річні поточні витрати	грн.	2 950 492
Економія на виплаті податку	грн.	118 935,786
Виручка від реалізації борошна із пивної дробини	грн.	3 180 840
Річний приріст чистого прибутку	грн.	349 283,786
Термін окупності капітальних витрат	роки	1,01
Коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат	грн. / грн.	0,99

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Організація служби охорони праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта»

На ТОВ «Пивоварня Зіберта» загальну відповідальність за організацію та функціонування системи охорони праці несе керівник підприємства, а безпосереднє керівництво відповідною службою здійснює інженер з охорони праці. Підприємство забезпечене необхідною матеріально-технічною базою для створення безпечних умов праці, а його діяльність у сфері охорони праці здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України та підтверджується наявністю необхідної дозвільної документації *(18)*.

Організація роботи з охорони праці на підприємстві базується на положеннях Закону України «Про охорону праці» *(19),* який визначає правові, організаційні та соціально-економічні засади забезпечення безпеки працівників у процесі трудової діяльності. Законодавством встановлено права громадян на належні, безпечні та здорові умови праці, регламентовано взаємовідносини між роботодавцем і працівниками у сфері виробничої безпеки, а також визначено порядок функціонування системи управління охороною праці в державі.

Відповідно до вимог законодавства основними принципами державної політики у сфері охорони праці є пріоритет збереження життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності, створення ефективної системи державного нагляду та управління охороною праці, розвиток соціальних гарантій працюючих і впровадження заходів, спрямованих на профілактику виробничого травматизму та професійних захворювань. Особлива увага приділяється створенню безпечних умов праці на кожному робочому місці та забезпеченню належного рівня виробничої безпеки в усіх структурних підрозділах підприємства *(19)*.

На підприємстві постійно здійснюється модернізація виробничого та природоохоронного обладнання, що сприяє підтриманню належного рівня безпеки праці та зменшенню ризику виникнення аварійних ситуацій. Для працівників регулярно організовуються навчання, інструктажі та тренінги з питань охорони праці, особливо для персоналу, зайнятого на роботах підвищеної небезпеки. Для кожної професії та виду робіт розроблено відповідні інструкції з охорони праці, які регламентують порядок безпечного виконання виробничих операцій.

Усі працівники ТОВ «Пивоварня Зіберта» проходять вступний, первинний, повторний та інші види інструктажів відповідно до встановлених вимог, а також періодичні перевірки знань з питань охорони праці. Крім того, персонал підприємства регулярно проходить обов'язкові медичні огляди, що дозволяє контролювати стан здоров'я працівників та своєчасно виявляти можливі протипоказання до виконання певних видів робіт.

Важливим елементом системи виробничої безпеки є дотримання працівниками встановлених вимог охорони праці. Для попередження аварійних ситуацій та нещасних випадків персонал зобов'язаний виконувати вимоги технологічних регламентів, правильно використовувати засоби індивідуального та колективного захисту, а також не допускати дій, які можуть створити загрозу для власної безпеки, безпеки інших працівників або навколишнього середовища.

Усі вантажопідіймальні механізми та обладнання підвищеної небезпеки на підприємстві проходять своєчасне технічне опосвідчення та контроль технічного стану. Працівник має право відмовитися від виконання дорученої роботи у разі виникнення виробничої ситуації, яка становить загрозу його життю чи здоров'ю, безпеці інших осіб або довкіллю. У такому випадку він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника робіт та спеціаліста служби охорони праці.

Для виконання виробничих обов'язків працівники забезпечуються необхідним спецодягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. У разі

працевлаштування осіб з інвалідністю підприємство створює умови праці з урахуванням рекомендацій медико-соціальної експертної комісії та впроваджує додаткові заходи безпеки, необхідні для забезпечення належного рівня захисту цієї категорії працівників.

5.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на ТОВ «Пивоварня Зіберта»

У процесі виробничої діяльності працівники можуть зазнавати впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів різної природи. До небезпечних належать фактори, дія яких здатна викликати травми, гострі отруєння або раптове погіршення стану здоров’я, тоді як шкідливі фактори негативно впливають на організм людини протягом тривалого часу та можуть спричиняти розвиток професійних захворювань або зниження працездатності *(20).*

Для умов пивоварного виробництва характерна наявність комплексу фізичних, хімічних і біологічних виробничих факторів. До основних фізичних факторів, які можуть впливати на працівників ТОВ «Пивоварня Зіберта», належать підвищена температура поверхонь технологічного обладнання, трубопроводів і продуктів виробництва, рухомі частини машин та механізмів, підвищені рівні шуму і вібрації, недостатня освітленість окремих робочих зон, а також запиленість і загазованість повітря виробничих приміщень.

Хімічні виробничі фактори пов’язані з використанням мийних і дезінфекційних засобів, допоміжних технологічних речовин, а також із можливим утворенням парів та аерозолів окремих хімічних сполук. До біологічних факторів належать мікроорганізми, які використовуються в технологічному процесі або можуть утворюватися в умовах підвищеної вологості виробничого середовища.

Оцінювання умов праці на підприємстві здійснюється відповідно до вимог Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» *(21).* Шкідливими вважаються

умови праці, за яких значення виробничих факторів перевищують установлені гігієнічні нормативи та можуть негативно впливати на стан здоров'я працівників.

Організація робочих місць на ТОВ «Пивоварня Зіберта» відповідає вимогам виробничої ергономіки та безпеки праці. Робочі місця розташовані поза зонами руху транспортних засобів і механізмів, забезпечують зручність контролю технологічних процесів та управління обладнанням. Планування виробничих дільниць враховує фізіологічні та психологічні особливості працівників, а також характер виконуваних робіт.

Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях функціонують системи загальнообмінної та місцевої вентиляції. Їх продуктивність визначається з урахуванням кількості тепла, вологи, пилу, пари та інших виділень, що утворюються під час технологічних процесів. Ефективна робота вентиляційних систем забезпечує підтримання допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони та створює комфортні умови праці.

Особлива увага приділяється безпеці під час виконання ремонтних робіт. Перед їх початком обов'язково проводиться контроль повітряного середовища щодо наявності вибухонебезпечних або пожежонебезпечних парів, газів і пилу. У разі перевищення допустимих концентрацій проведення робіт забороняється до усунення небезпечної ситуації. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризик виникнення аварій та виробничих інцидентів.

У випадку виникнення аварійних ситуацій працівники зобов'язані негайно припинити виконання робіт і діяти відповідно до затверджених інструкцій та планів локалізації аварійних ситуацій. Це забезпечує оперативне реагування на небезпеку та сприяє мінімізації можливих наслідків для персоналу і підприємства.

Санітарна обробка обладнання проводиться лише після його повної зупинки, відключення електроживлення та перекриття трубопровідних комунікацій. Для миття технологічних ємностей і обладнання передбачені системи подачі гарячої та холодної води, а також мийних розчинів. Під час прибирання виробничих приміщень використовуються спеціальні промислові

пилососи у вибухобезпечному виконанні, що дозволяє безпечно видаляти пилові відкладення.

На підприємстві функціонують системи природного та штучного освітлення, які забезпечують нормативні умови виконання виробничих операцій у всіх виробничих, складських і допоміжних приміщеннях. Крім робочого освітлення, передбачено аварійне освітлення, яке забезпечує можливість безпечного продовження технологічних процесів або евакуації персоналу у випадку аварійного відключення електроенергії. Система освітлення ТОВ «Пивоварня Зіберта» відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» та забезпечує належний рівень безпеки виробничого середовища *(22).*

5.3 Пожежна безпека на ТОВ «Пивоварня Зіберта»

Пожежна безпека на ТОВ «Пивоварня Зіберта» є невід’ємною складовою системи охорони праці та спрямована на запобігання виникненню пожеж, захист життя і здоров’я працівників, збереження матеріальних цінностей та забезпечення безперервності виробничих процесів. Комплекс заходів пожежної безпеки на підприємстві охоплює організаційні, технічні та профілактичні рішення, що відповідають вимогам чинного законодавства України.

Основними завданнями системи пожежної безпеки є створення безпечних умов праці, зниження ймовірності виникнення пожежонебезпечних ситуацій, забезпечення працівників необхідними засобами пожежогасіння та своєчасне реагування на можливі надзвичайні події. Значна увага приділяється контролю за дотриманням протипожежних вимог, розробленню інструкцій щодо дій персоналу у разі пожежі, а також організації безпечної евакуації людей та матеріальних цінностей із небезпечних зон.

У кожному структурному підрозділі підприємства діють затверджені керівництвом інструкції з пожежної безпеки, які регламентують порядок дій працівників у разі виникнення загоряння. Для своєчасного виявлення пожежонебезпечних ситуацій виробничі, складські та адміністративні

приміщення обладнані системами пожежної сигналізації та оповіщення. Наявність таких систем дозволяє оперативно інформувати персонал про виникнення небезпеки та забезпечувати своєчасну евакуацію людей.

Планування території підприємства здійснено з дотриманням протипожежних вимог. Зокрема, протипожежні розриви між будівлями не використовуються для складування матеріалів або стоянки транспортних засобів, що забезпечує вільний доступ пожежно-рятувальної техніки у випадку надзвичайної ситуації.

Відповідальність за організацію пожежної безпеки покладається на керівника підприємства, а окремі функції розподіляються між посадовими особами відповідно до їх службових обов'язків. У посадових інструкціях визначаються конкретні об'єкти, приміщення або виробничі дільниці, за пожежний стан яких відповідають призначені працівники. Вони зобов'язані забезпечувати дотримання встановленого протипожежного режиму, контролювати виконання вимог нормативних документів та підтримувати в належному стані засоби пожежного захисту *(23).*

На території підприємства забороняється виконання робіт і дій, що можуть підвищувати пожежну небезпеку. Зокрема, не допускається використання горючих оздоблювальних матеріалів без відповідної вогнезахисної обробки, проведення перепланування приміщень без погодження з відповідними органами, відігрівання замерзлих трубопроводів відкритим полум'ям, а також розміщення пожежонебезпечного технологічного обладнання над або під допоміжними приміщеннями.

Усі засоби пожежогасіння, пожежна техніка та спеціалізоване обладнання, що використовуються на підприємстві, мають відповідні сертифікати якості та відповідають вимогам чинних нормативних документів. Технічне обслуговування, ремонт і контроль справності пожежних засобів здійснюються у встановленому порядку під контролем відповідальних осіб. Вогнегасники, розташовані у виробничих, складських та адміністративних приміщеннях,

закріплені за працівниками, визначеними відповідними наказами керівництва підприємства *(23)*.

Особливе значення для забезпечення пожежної безпеки має система протипожежного водопостачання. Водопровідна мережа підприємства забезпечує необхідний тиск та витрату води для ефективного пожежогасіння. За пожежними резервуарами, насосними станціями, гідрантами та іншими елементами системи здійснюється постійний технічний контроль з метою підтримання їх у працездатному стані. Відповідно до вимог ДБН В.2.5-64:2012 на підприємстві функціонує об’єднаний господарсько-питний та протипожежний водопровід, що забезпечує надійне водопостачання у разі виникнення пожежі *(24)*.

Важливим напрямом профілактики пожеж є підготовка персоналу. На ТОВ «Пивоварня Зіберта» затверджено графіки проведення інструктажів з пожежної безпеки, визначено порядок перевірки знань працівників та проходження пожежно-технічного мінімуму. Працівники регулярно беруть участь у лекціях, семінарах, практичних тренуваннях та навчаннях, спрямованих на відпрацювання навичок дій у разі виникнення пожежі. Крім внутрішнього навчання, окремі категорії працівників проходять підготовку у спеціалізованих навчальних центрах з охорони праці та пожежної безпеки.

Таким чином, система пожежної безпеки ТОВ «Пивоварня Зіберта» охоплює комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на попередження пожеж, мінімізацію можливих наслідків аварійних ситуацій та забезпечення належного рівня захисту працівників і виробничих об’єктів підприємства.

5.4 Нормативно-правова база з охорони праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта»

На ТОВ «Пивоварня Зіберта» система управління охороною праці формується та функціонує відповідно до вимог чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці» *(19)*. Для організації безпечних умов праці на підприємстві використовується комплекс нормативно-правових

документів, які регламентують вимоги до виробничого середовища, технологічних процесів, обладнання та організації робіт.

Залежно від органу, що здійснює розроблення та затвердження нормативних документів, їх можна поділити на декілька основних груп. Важливе місце займають нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), які розробляються та впроваджуються Державною службою України з питань праці. Саме ці документи визначають обов'язкові вимоги безпеки під час виконання робіт, експлуатації обладнання та організації виробничих процесів.

Технічні вимоги до продукції, обладнання та окремих виробничих процесів регламентуються державними стандартами України та технічними регламентами, розроблення яких здійснюється уповноваженими органами у сфері технічного регулювання. Під час проєктування, будівництва та реконструкції виробничих об'єктів застосовуються державні будівельні норми, які встановлюють вимоги до безпеки будівель і споруд.

Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці визначаються державними санітарними нормами, правилами та регламентами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України. Вони регламентують допустимі параметри мікроклімату, рівні шуму, вібрації, освітлення, концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони та інші показники виробничого середовища. Окрему групу складають нормативні документи у сфері пожежної безпеки, що встановлюють порядок забезпечення протипожежного захисту виробничих об'єктів і розробляються відповідними державними органами *(25).*

На підприємстві здійснюється контроль виробничого шуму відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» *(26).* Дотримання нормативних рівнів шумового навантаження є важливим заходом профілактики професійних захворювань та забезпечення комфортних умов праці персоналу.

Рівні загальної та локальної вібрації контролюються згідно з вимогами ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» *(27).* Виконання цих вимог спрямоване на запобігання негативному

впливу вібрації на організм працівників та підтримання безпечних умов експлуатації технологічного обладнання.

Важливим інструментом у діяльності служби охорони праці підприємства є Покажчик нормативно-правових актів з охорони праці, який використовується під час формування та актуалізації внутрішньої нормативної бази. Цей документ містить перелік чинних нормативних актів та дозволяє своєчасно відстежувати зміни у законодавстві з питань безпеки праці. Використання актуальної нормативної документації забезпечує відповідність діяльності підприємства вимогам державного нагляду та сприяє ефективному функціонуванню системи управління охороною праці *(28)*.

Таким чином, нормативно-правове забезпечення охорони праці на ТОВ «Пивоварня Зіберта» охоплює широкий комплекс документів різного рівня, які регламентують вимоги до безпеки виробничих процесів, виробничого середовища, пожежного захисту та санітарно-гігієнічних умов праці, забезпечуючи належний рівень захисту працівників підприємства.

ВИСНОВКИ

1. Об’єктне підприємство ТОВ «Пивоварня Зіберта» – одне з найбільших підприємств харчової галузі України, що займається виробництвом і реалізацією пива та безалкогольних напоїв. Тому розробка шляхів зменшення негативного впливу такої компанії на довкілля є актуальним завданням.

2. ТОВ «Пивоварня Зіберт» характеризується значними обсягами утворення відходів, стічних вод і газопилових викидів, що формуються на різних стадіях виробництва пива. Найбільшу частку серед відходів становить пивна дробина з високою вологістю та значним вмістом органічних речовин. Її утворюється 2400 *т*. Тому саме пивна дробина є пріоритетним об’єктом для впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення екологічного навантаження підприємства на довкілля.

3. Існуючі способи утилізації пивної дробини не забезпечують повною мірою її ефективного використання через швидке псування, значну вологість і складність транспортування. Попереднє сушіння та подрібнення дробини є доцільним рішенням. Маса пивної дробини у результаті зменшиться до 530 *т*. Сушіння також підвищить стабільність властивостей, спростить його зберігання і розширить можливості подальшого використання як вторинної сировини.

4. Запропонована технологічна схема передбачає сушіння пивної дробини, подрібнення та очищення пилогазових викидів за допомогою циклона і рукавного фільтра. Реалізація запропонованих технічних рішень забезпечить скорочення викидів забруднювальних речовин з 1200 мг/м^3 до 240 мг/м^3 після циклону і до 0,5 мг/м^3 після рукавного фільтра, що призведе до зниження негативного впливу підприємства на довкілля.

5. Пивоварня Зіберта використовує воду у значних обсягах – на технологічні й господарсько-побутові потреби. Виробничі стічні води пивоварні локально очищаються лише механічним способом за допомогою ґраток, пісковловлювача

та відстійника. Далі виробничі стічні води розбавляють господарсько-побутовими водами підприємства і скидають в каналізаційну мережу м. Фастів. Тож для об'єктного підприємства рекомендовано використовувати анаеробно-аеробну схему біологічного очищення стічних вод.

6. ТОВ «Пивоварня Зіберта» забруднює атмосферне повітря викидами – зерновим пилом, що утворюється при прийманні, транспортуванні й очищенні зерна і солоду, при подрібненні солоду і зерна. Тому для очищення означених ГПВ рекомендується використовувати сухе пиловловлювання. Вловлений під час бродіння CO_2 можна використовувати для виробництва сухого льоду чи вуглекислоти.

7. Розрахунки економічної ефективності запропонованої природоохоронної технології засвідчили, що капітальні витрати становлять 288920 грн., річні поточні витрати 2950492 гривень, термін окупності капітальних витрат 1,01 року, коефіцієнт економічної ефективності 0,99 грн./ грн.

8. На ТОВ «Пивоварня Зіберта» функціонує служба охорони праці, діяльність якої спрямована на забезпечення виконання вимог чинного законодавства України у сфері безпеки та гігієни праці. Основними завданнями служби є організація та контроль заходів щодо створення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, а також забезпечення дотримання працівниками вимог охорони праці під час виконання виробничих обов'язків.

9. Служба охорони праці здійснює постійний контроль за станом виробничого середовища, дотриманням санітарно-гігієнічних нормативів, безпечною експлуатацією технологічного обладнання та виконанням вимог техніки безпеки в усіх структурних підрозділах підприємства. Важливим напрямом її діяльності є організація навчання працівників, проведення інструктажів, перевірок знань з питань охорони праці та контроль виконання заходів, спрямованих на підтримання належного рівня виробничої безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Домарецький, В. А. *Технологія солоду та пива*. Інкос. Київ, 2004; с 426.

2. Чепурна, О. Л., Штонда, О. А. Раціональне використання відходів пивоварного виробництва в харчовій промисловості. *Продовольчі ресурси.* 2024, *12*(23), 207–213. https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-24

3. Запольський, А. К. *Екологізація харчових виробництв*. Вища школа. Київ, 2005; с 432.

4. ТОВ «Пивоварня Зіберта». (n.d.). *Офіційний сайт*. http://www.zibert.ua/ (дата звернення Бер 12, 2026)

5. Каталог провідних підприємств України. (n.d.). *Товариство з обмеженою відповідальністю «Пивоварня Зіберта»*. http://www.rada.com.ua/ukr/catalog/17354/ (дата звернення Бер 12, 2026)

6. YouControl. (n.d.). *ТОВ «Пивоварня Зіберта»: інформація про юридичну особу*. https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/00382533/ (дата звернення Бер 15, 2026)

7. Гаврищук, С. Р. Енергоефективні технології та енергозбереження на підприємствах харчової промисловості. У *Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету* (22–24 березня 2017 р.). Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2017; https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/16979 (дата звернення Бер 15, 2026)

8. *ДСТУ 3769:1998. Ячмінь. Технічні умови*. [Чинний від 1998 – 06 – 26]. – К.: Національний стандарт України. 1998; с 21.

9. *ДСТУ 4282:2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови*. [Чинний від 2004 – 03 – 30]. – К.: Національний стандарт України. 2004; с 34.

10. *ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною*. Затверджено наказом МОЗ України від 12.05.2010

№ 400, зареєстровано в Мін'юсті України наказом від 01.07.2010 за № 452/17747

11. *ДСТУ 4097.2:2002. Хміль гіркий спресований. Технічні умови*. – [Чинний від 2003 – 01 – 01]. – К.: Національний стандарт України. 2006; с 20.

12. Державний гігієнічний норматив *Допустимі рівні вмісту радіонуклідів 137Cs і 90Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006)*. Отримано 20 березня 2026 р. з https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06 (дата звернення Бер 17, 2026)

13. *ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови*. [Чинний від 2015 – 05 – 28]. – К.: Національний стандарт України. 2015; с 27.

14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Food safety and quality systems in brewing industry*. https://www.fao.org (Retrieved April 5, 2026)

15. Левандовський, Л. В.; Бублієнко, Н. О.; Семенова, О. І. *Природоохоронні технології та обладнання*. НУХТ, Київ, 2013; с 243.

16. Тариф на передачу електроенергії для бізнесу у 2026 р. https://sun-energy.com.ua/news/taryf-na-peredachu-elektroenergii-dla-biznesu-2026 (дата звернення Трав 27, 2026).

17. Ставки, об'єкти оподаткування і платники екологічного податку у відповідності до Податкового кодексу України (ПКУ). https://zir.tax.gov.ua/docs/stavki/ekologichniy_podatok.pdf (дата звернення Трав 27, 2026).

18. Декларація відповідності матеріально-технічної бази ТОВ «Пивоварня Зіберта» вимогам законодавства щодо охорони праці. https://kiev.dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2018/05/184-18-32-K.04.05.2018.00382533.pdf (дата звернення Трав 26, 2026).

19. Закон України «Про охорону праці». *Документ 2694-XII, Редакція від 31.03.2023*. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text (дата звернення Трав 26, 2026).

20. Основи охорони праці : підручник / О. І. Запорожець, О. С.

Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. 2-ге вид. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 264 с

21. Державні санітарні норми та правила «*Гігієнічна Класифікація Праці За Показниками Шкідливості Та Небезпечності Факторів Виробничого Середовища, Важкості Та Напруженості Трудового Процесу*». Наказ МОЗ України z0472-14 від 08.04.2014. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text (дата звернення 27 Трав, 2026).

22. ДБН В.2.5-28:2018 *Природне І Штучне Освітлення.* Наказ № 266, 2018. https://ledeffect.com.ua/images/__branding/dbn2018.pdf (дата звернення Трав 27, 2026).

23. Пожежна безпека на підприємстві: правила та організація. https://profiteh.ua/pozhezhna-bezpeka-na-pidpryiemstvi-pravyla-ta-orhanizatsiia/ (дата звернення Трав 26, 2026).

24. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». 31.10.2012. https://opalennya.in.ua/wp-content/uploads/2020/05/vodoprovid-dbn-v-2-5-64-2012.pdf (дата звернення Трав 26, 2026).

25. Служба охорони праці. Знайомимося з нормативною базою з охорони праці. https://pro-op.com.ua/article/638-normativna-baza-z-bezpeki-prats (дата звернення Трав 26, 2026).

26. ДСН 3.3.6.037-99 *Санітарні Норми Виробничого Шуму, Ультразвуку Та Інфразвуку.* Постанова №37 01.12.1999. https://zakon.rada.gov.ua/rada/-show/va037282-99#Text (дата звернення Трав 27, 2026).

27. ДСН 3.3.6.039-99 *Державні Санітарні Норми Виробничої Загальної Та Локальної Вібрації.* Постанова №38, 01.12.1999. https://zakon.rada.gov.ua/rada/-show/va039282-99#Text (дата звернення Трав 27, 2026).

28. Про затвердження Покажчика нормативно-правових актів з охорони праці. Наказ Державної служби Україниз питань праці від 15.05.2024 № 74 https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0074880-24#Text (дата звернення Трав 29, 2026).